

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

І. Я. КОЦАН, С. Є. ШВАЙКО, О. Р. ДМИТРОЦА

ВІКОВА ФІЗІОЛОГІЯ

Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Луцьк
2013

УДК 612.66 (042.3)
ББК 28.903, 7я 73-2
К 75

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
(лист № 1/11-6811 від 15.05.12 року)*

Рецензенти:

Манько В. В. – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин Львівського національного університету імені Івана Франка;

Макарчук М. Ю. – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин, директор НДІ фізіології імені Петра Богача Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Волгін С. О. – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри ботаніки Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

Коцан І. Я.

К 75 Вікова фізіологія [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / І. Я. Коцан, С. Є. Швайко, О. Р. Дмитроца. – Луцьк : Вежа-Друк, 2013. – 376 с.

ISBN 978-966-2750-36-2

Посібник побудовано як курс лекцій з урахуванням завдань навчальної дисципліни «Вікова фізіологія», передбачених програмою вищих навчальних закладів. У цьому виданні на основі сучасних досягнень науки висвітлено основні закономірності індивідуального розвитку людського організму. Показано вплив спадковості та факторів зовнішнього середовища на ріст і розвиток людини. Крім того, до кожної теми подано запитання для самоконтролю та словник термінів.

Видання рекомендовано для студентів природничих спеціальностей вищих навчальних закладів.

УДК 612.66 (042.3)
ББК 28.903, 7я 73-2

© Коцан І. Я., Швайко С. Є.,
Дмитроца О. Р., 2013
© Гончарова В. О. (обкладинка), 2013

ISBN 978-966-2750-36-2

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА КУРСУ «ВІКОВА ФІЗІОЛОГІЯ»	6
ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. ФАКТОРИ Й ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ОРГАНІЗМУ	19
РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ ЕТАПИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЛЮДИНИ	31
РОЗДІЛ 3. МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ В РІЗНІ ПЕРІОДИ ОНТОГЕНЕЗУ	94
РОЗДІЛ 4. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ Й ФУНКЦІЙ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ.....	151
РОЗДІЛ 5. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ	200
РОЗДІЛ 6. ФІЗІОЛОГІЯ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДІТЕЙ ТА ПІДЛІТКІВ.....	234
РОЗДІЛ 7. ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНИХ ФУНКЦІЙ В ОНТОГЕНЕЗІ	265
РОЗДІЛ 8. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЕНДОКРИННОЇ СИСТЕМИ	337
СЛОВНИК ТЕРМІНІВ.....	355
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	369

ПЕРЕДМОВА

Вікова фізіологія вивчає особливості життєдіяльності організму в різні періоди онтогенезу, функції органів, систем органів й організму в цілому в міру його росту та розвитку, своєрідність цих функцій на кожному віковому етапі.

У курсі «Вікова фізіологія» розглядаються предмет, значення, основні методичні підходи до вивчення вікової фізіології, а також особливості опорно-рухового апарату, серцево-судинної, дихальної, травної, видільної, нервової, ендокринної, статевої систем організму дитини на різних етапах онтогенезу.

У процесі вивчення курсу студенти повинні навчитися самостійно проводити вимірювання основних антропометричних показників людини, визначати основні фізіологічні показники роботи таких систем органів, як серцево-судинна, дихальна, рухова, нервова тощо.

Мета курсу – сформувати в студентів уявлення про організм як єдину саморегульовальну систему, чий функціональні особливості змінюються в процесі онтогенезу функціонування організму як єдиної цілісної системи.

Завдання курсу – дати студентам базові знання про вікові особливості будови, розвитку та функціонування органів і систем організму людини, щоб допомогти цілісно уявити організм як єдину саморегульовальну систему, функціональні особливості якої змінюються в процесі онтогенезу. Значну увагу приділено особливостям формування людської особистості, ролі в цьому процесі генетичних факторів та впливу середовища на формування фізичного й психічного здоров'я людини.

Студент повинен:

- розуміти фізіологічні явища як причинно-обумовлені процеси, які змінюються у філогенезі й онтогенезі;
- сприймати організацію фізіологічних явищ з урахуванням основних принципів біологічної кібернетики (інформаційні процеси, саморегуляція, системність);

– уміти використати отримані знання для аналізу й розв’язання проблемних ситуаційних завдань у майбутній професійній діяльності, навчитися самостійно робити висновки та розробляти систему рекомендацій із гігієни опорно-рухового апарату, сенсорних систем, кровообігу й дихання, харчування задля вдосконалення організації режиму відпочинку, навчання, праці, збереження та зміцнення здоров’я.

НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА КУРСУ «ВІКОВА ФІЗІОЛОГІЯ»

Змістовий модуль 1. Фактори й основні закономірності росту та розвитку організму.

Загальні закономірності росту та розвитку дітей і підлітків. Предмет вікової фізіології, зв'язок з іншими біологічними дисциплінами. Методи вивчення вікової фізіології. Значення вікової фізіології для педагогіки, психології. Історичний нарис розвитку зв'язку фізіології з проблемами навчання й виховання дітей та підлітків. Організм людини – єдине ціле. Організм як саморегульована система. Поняття росту й розвитку. Гетерохронність та гармонійність розвитку. Принцип системогенезу й випереджаючого розвитку органів та функціональних систем у дітей і підлітків. Біологічна особливість репродукції людини. Вікова періодизація. Поняття про онтогенез. Найхарактерніші риси різних періодів розвитку людини. Тривалість життя людини. Старіння організму. Критичні періоди онтогенезу. Фізичний та психічний розвиток дітей і підлітків. Реактивність та резистентність організму дітей і підлітків. Акселерація та ретардація розвитку. Вікові особливості процесів адаптації організму дітей і підлітків до дії факторів навколишнього середовища. Шкільна зрілість. Порівняння онтогенезу людини й приматів.

Морфофункціональні особливості опорно-рухового апарату в різні періоди онтогенезу. Роль руху у фізичному й психічному розвитку дітей. Вікові особливості росту кісток. Вікові та функціональні зміни з'єднань кісток. Вікові особливості хребта. Вікові особливості грудної клітки. Вікові й статеві особливості черепа. Розвиток та вікові особливості скелета кінцівок. Розвиток і вікові особливості м'язів. Розвиток трудової активності й координація рухів. Вікові зміни рухової діяльності та координації рухів. Фізіологія трудових процесів і

фізичних вправ. Підтримання здорового стану хребта й нормальної постави тіла.

Змістовий модуль 2. Особливості нервової системи та органів чуття. Вища нервова діяльність.

Фізіологія нервової системи. Значення нервової системи. Основні етапи розвитку нервової системи. Онтогенез й анатомо-фізіологічні особливості найважливіших відділів центральної нервової системи. Вікові особливості умовно-рефлекторної діяльності. Координація нервових процесів у дітей і підлітків та її вдосконалення в процесі онтогенезу. Закономірності розвитку психіки й мозку. Функціональне дозрівання кори та підкіркових структур мозку в різні вікові періоди за даними електрофізіологічних досліджень.

Онтогенез сенсорних систем. Роль сенсорної інформації в розвитку дітей і підлітків. Морфофункціональні особливості органів чуття в різні періоди онтогенезу: а) зорового аналізатора; б) слухового аналізатора; в) смакового аналізатора; г) нюхового аналізатора; г) вестибулярного аналізатора; д) сомато-сенсорної системи. Набуті та вроджені вади сенсорних систем і їх профілактика.

Фізіологія вищої нервової діяльності дітей та підлітків. Специфічні особливості вищої нервової діяльності людини. Вікові особливості вироблення умовних рефлексів. Зовнішнє гальмування в корі в дітей. Внутрішнє гальмування в дітей. Динамічний стереотип як фізіологічна основа режиму дня. Формування другої сигнальної системи діяльності й розвиток спільної діяльності сигнальних систем в онтогенезі. Фізіологічні механізми емоцій. Розвиток емоцій у постнатальному онтогенезі. Фізіологічні основи мови. Розвиток свідомості. Формування поведінки в онтогенезі. Розвиток механізмів уваги. Розвиток механізмів пам'яті в онтогенезі. Особливості розумової працездатності. Розумова й фізична працездатність дитини. Утома, її фізіологічна сутність і діагностика. Перевтома як патологічний стан. Вікові особливості циклу «сон–неспанья». Характеристика основних вікових етапів розвитку вищої нервової діяльності. Характеристика ВНД дітей та підлітків.

Поняття про патологічні зміни вищої нервової діяльності в дітей. Зміни вищої нервової діяльності при дії фармакологічних препаратів і хімічних речовин.

Змістовий модуль 3. Вікові особливості вегетативних функцій.

Фізіологічні особливості вегетативних функцій. Морфофізіологічні особливості системи крові. Морфофізіологічні особливості системи кровообігу. Морфологічні зміни серцево-судинної системи на ранніх етапах онтогенезу. Анатомофізіологічні особливості органів дихання в онтогенезі. Механізм першого вдиху новонародженого. Вікові особливості системи травлення. Вікові особливості обміну речовин та енергії. Особливості організації харчування дітей. Вікові особливості терморегуляції. Вікові особливості органів виділення.

Вікові особливості ендокринної системи. Розвиток ендокринних залоз. Фізіологічне значення залоз внутрішньої секреції та їх розвиток у процесі онтогенезу: а) гіпофіз; б) щитоподібна залоза; в) паращитоподібні залози; г) наднирники; г) епіфіз; д) підшлункова залоза; е) статеві залози. Вікові особливості ендокринної регуляції в організмі. Співвідношення нервової й гуморальної регуляції клітин і тканин на різних етапах онтогенезу. Роль процесів регуляції в пристосуванні організму в різні вікові періоди.

№ з/п	Назва теми	Кількість годин, відведених на:			
		лекції	лабораторні роботи	самостійну роботу	індивідуальну роботу
Змістовий модуль 1. Фактори й основні закономірності росту та розвитку організму					
1	Тема 1. Вступ. Значення вікової фізіології. Організм як саморегульована система	2	–	2	2
2	Тема 2. Загальні	4	4	4	2

	закономірності росту й розвитку дітей і підлітків				
3	Тема 3. Морфофункціональні та вікові особливості опорно-рухового апарату людини	2	2	4	2
Змістовий модуль 2. Особливості нервової системи та органів чуття. Вища нервова діяльність					
4	Тема 4. Фізіологія нервової системи	4	2	2	3
5	Тема 5. Онтогенез сенсорних систем	2	2	4	3
6	Тема 6. Фізіологія вищої нервової діяльності дітей та підлітків	4	2	4	6
Змістовий модуль 3. Вікові особливості вегетативних функцій					
7	Тема 7. Фізіологічні особливості вегетативних функцій в онтогенезі.	8	8	6	4
8	Тема 8. Вікові особливості ендокринної системи	2	2	4	4
Усього годин		28	24	30	26

ВСТУП

Предмет вікової фізіології. Фізіологія – наука про функції або процеси життєдіяльності, які відбуваються в живому організмі та мають пристосувальне значення.

Сучасна фізіологія внаслідок наукового прогресу й постійної диференціації представлена складним комплексом загальних і спеціальних наукових дисциплін: загальна фізіологія, порівняльна та еволюційна фізіологія, фізіологія людини, фізіологія тварин, вікова фізіологія й т. ін.

Вікова фізіологія – це самостійна наука, завданням якої є вивчення закономірностей становлення та розвитку фізіологічних функцій організму в процесі онтогенезу.

Онтогенез – це індивідуальний розвиток організму з моменту запліднення до смерті. В онтогенезі людини виділяють два відносно самостійні етапи розвитку: *пренатальний* і *постнатальний* (схема 1). Перший розпочинається з моменту запліднення й триває до народження дитини; другий – від моменту народження до завершення індивідуального життя (смерті).

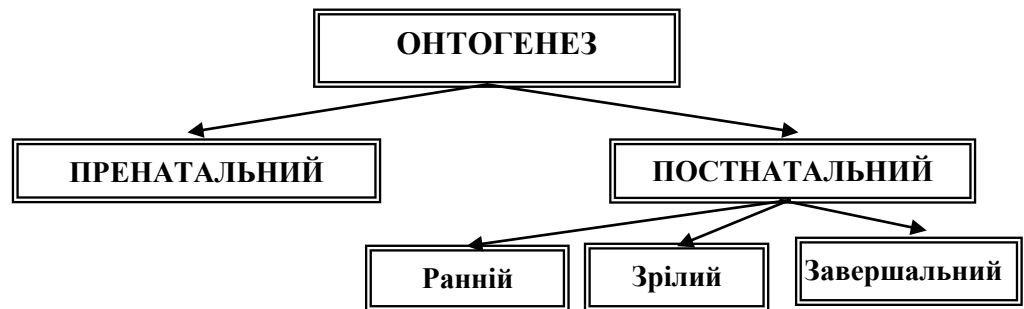


Схема 1. Періоди онтогенезу

Зв'язок вікової фізіології з іншими науками. Вікова фізіологія безпосередньо пов'язана з багатьма розділами фізіологічної науки й широко використовує дані багатьох

біологічних дисциплін: ембріології, генетики, анатомії, цитології, гістології, біофізики, біохімії та ін. Так, для розуміння закономірностей формування функцій у процесі індивідуального розвитку людини необхідні дані таких фізіологічних наук, як фізіологія клітини, фізіологія окремих органів і систем: серця, печінки, нирок, крові, дихання, нервової системи й т. ін.

Дані вікової фізіології, зі свого боку, можуть бути використані для розвитку різних наукових дисциплін. Наприклад, важливе значення має вікова фізіологія для розвитку педіатрії, дитячої травматології та хірургії, антропології й геронтології, гігієни, вікової психології та педагогіки.

Методи вивчення вікової фізіології. Вікова фізіологія – наука експериментальна. Учені, котрі займаються проблемами вікової фізіології, користуються трьома основними методами наукового дослідження: *спостереженням, природи й лабораторними експериментами.*

Метод спостереження є основним у пізнанні навколишньої дійсності та широко використовується в будь-якому науковому дослідженні. Проте, узятий ізольовано від методів лабораторного й природного експериментів, він не дає змоги розкрити істотність фізіологічних явищ і процесів в організмі дитини, який росте. Перевагою експерименту перед пасивним спостереженням є те, що експериментатор для вивчення фізіологічного явища або процесу підбирає або штучно створює спеціальні умови, у яких найбільш повно проявляються кількісні та якісні характеристики цих явищ і процесів.

Природний експеримент – проміжна форма між спостереженням та лабораторним експериментом. Він проводиться у звичайних (природних) умовах життєдіяльності організму відповідно до поставлених мети й завдань дослідження. Наприклад, для встановлення змін зору в учнів упродовж навчальної діяльності визначають їхні функціональні особливості зору до початку шкільних занять та в кінці навчального дня, тобто в природних умовах їхньої навчальної діяльності.

Метод *лабораторного експерименту* відрізняється від природного тим, що експериментатор здійснює вивчення будь-якої функції організму в спеціально організованих умовах. Активно змінюючи ці умови, можливо цілеспрямовано викликати те чи інше фізіологічне явище або процес і визначати його кількісні та якісні характеристики.

У віковій фізіології широко використовують також метод *функціональних навантажень або проб*, що є різновидом лабораторного експерименту. Вивчення функцій у цьому випадку здійснюють, застосовуючи дозовані функціональні навантаження, за допомогою зміни інтенсивності або тривалості певного подразника. При цьому як фізіологічний показник залежно від завдання та мети дослідження можуть вивчатися будь-які функції організму.

У фізіологічному експерименті використовують найрізноманітніші функціональні проби: проби із затримкою дихання, температурні подразнення, зміни положення тіла в просторі (так звані ортостатичні проби) тощо. Досить поширеними є дозовані фізичні та розумові навантаження. Наприклад, реєструють частоту серцевих скорочувань (ЧСС) підлітка в спокої, потім після пробігу 100 м визначають цей показник з оцінкою пристосувальних (адаптивних) можливостей серцево-судинної системи обстежуваного до цього фізичного навантаження. Як дозовані розумові навантаження використовують розв'язання впродовж певного часу арифметичних задач або прикладів. У таких випадках в обстежуваних також визначають фізіологічні показники до й після навантаження. У результаті можна визначити в школярів рівень розумової працездатності та стійкості до розумової втоми.

Усі методи вікової фізіології використовуються в тісному взаємозв'язку з так званими методами *«поперечних»* і *«поздовжніх»* зрізів.

Метод *«поперечних зрізів»* потрібний ученим для створення «вікових норм» для тих чи інших функцій дітей та підлітків, що пов'язано з досліджуванням великих груп обстежуваних різного віку й статі та встановленням для кожної групи найбільш типових, тобто середніх, рівнів функціональ-

ного розвитку (наприклад визначення частоти серцевих скорочень у хлопців і дівчат різних вікових груп).

Метод *«поперечних зрізів»* дає змогу здійснити порівняння індивідуальних особливостей розвитку функції дітей та підлітків з усередненими даними, що характерні для цієї підгрупи. Однак при такому підході виникають труднощі для діагностики й прогнозу індивідуального розвитку функцій.

Недоліки методу «поперечних зрізів» дає змогу подолати метод *«поздовжніх досліджень» (метод довжинника)*. Його суть полягає в проведенні обстежень одних і тих самих осіб у процесі їхнього індивідуального розвитку. Використовуючи цей метод, можна прослідкувати розвиток функцій зору одного й того ж обстежуваного від народження до зрілості.

У віковій фізіології важливим є *метод телеметрії*, який дає змогу з допомогою радіотехнічних приладів реєструвати деякі функції дитячого організму на віддалі. Метод телеметрії допоміг отримати цінну фізіологічну інформацію про функції організму дітей і підлітків у природних умовах: у грі, навчанні, трудовій та спортивній діяльності. Це дає змогу більш ефективно використовувати дані вікової фізіології для оптимізації процесів навчання й виховання дітей.

При експериментальних дослідженнях у віковій фізіології широко застосовують *хронічні* та *гострі дослідження на тваринах*.

У гострих дослідках, які проводять тільки на тваринах, фізіологічні процеси вивчають під час хірургічних операцій. У хронічних – спочатку за допомогою хірургічних утручань роблять доступ до того органа чи тканини, що цікавить експериментатора, установлюють датчики, які дають змогу вимірювати різні фізіологічні процеси, і тільки після видужання тварини проводять дослідження. Крім того, існує багато хронічних дослідів, що не потребують хірургічних утручань. Зміни фізіологічних процесів у цих дослідках вивчають за допомогою датчиків, установлених на поверхні тіла людини або тварини. Хронічні методи дослідження мають переваги над гострими, адже при цьому фізіологічний процес вивчають у природних умовах і протягом тривалого часу.

Гострі та хронічні дослідні необхідні як для більш глибокого вивчення фізіологічних явищ та процесів, так і у випадках, коли застосоване подразнення може мати шкідливий вплив на організм. При цьому дані експериментів використовують під час вивчення функцій людини з великою обережністю. Особливо це стосується тих функціональних особливостей, еволюція яких у людини здійснювалася якісно іншим шляхом. Насамперед ідеться про вищу нервову діяльність та функціональні особливості опорно-рухової системи.

Проведення експериментальних досліджень у віковій фізіології здійснюється з допомогою найскладнішої оптичної, радіотехнічної, електронної апаратури, комп'ютерної томографії, що дає змогу одночасно вивчати десятки різноманітних функцій. Такий методичний підхід можна назвати комплексним. У зв'язку з цим виникла необхідність у своєчасній фіксації й математичній обробці результатів дослідження, що стало можливим із застосуванням сучасних комп'ютерних засобів та математичної статистики.

Розвиток вікової фізіології. Розвиток наук анатомії й фізіології бере початок з античного світу. Славнозвісний лікар античної медицини Гіппократ (V ст. до н. е.) зберігає віками почесне ім'я «батька медицини», висвітливши своїми працями шляхи вивчення людини, план її дослідження, завдання діагнозу, припущення, терапії.

Починаючи з X–XII ст., монахи-цілителі лікарського монастиря, який існував при Києво-Печерській лаврі, передавали медичні знання, зокрема анатомічні та фізіологічні, від покоління до покоління. Після організації Києво-Могилянської академії (1694 р.) в Україні розпочалася підготовка кадрів, які багато зробили для розвитку анатомії на науковій основі.

Засновником наукової анатомії був професор Падуанського університету Андреас Везалій (1514–1564 рр.), котрий на підставі численних розтинів трупів у 1543 р. видав книжку «Про будову людського тіла» із систематизованим описом органів тіла людини.

Виникнення функціонального напрямку в анатомії пов'яза-

но з ім'ям Уільяма Гарвея (1578–1657 рр.), який на підставі проведених спостережень та експериментів у 1628 р. видав свою знамениту працю «Анатомічне дослідження про рух серця і крові у тварин», у якій описав схему кровообігу від серця через артерії й до серця через вени. Це відкриття стало початком розвитку фізіології як науки. Згодом (1661 р.) Марчело Мальпігі (1628–1694 рр.) на підставі мікроскопічних досліджень дійшов висновку, що артерії та вени з'єднуються між собою капілярами, довівши цим правильність уявлень про існування замкнутої системи кровообігу.

Розвитку анатомії й фізіології в XVII–XVIII ст. сприяли легалізований у низці країн розтин трупів, поширення досконалих методів дослідження, відкриття університетів у країнах Європи, уведення анатомічної термінології. Серед учених-анатомів цього періоду слід відзначити Ф. Рюйша (1638–1731 рр.), який першим організував постійний музей анатомічних препаратів, удосконалив бальзамування трупів тощо.

У Росії анатомія починає свій розвиток за Петра I. Поштовх до розвитку вчення про здоров'я дітей дав геніальний російський учений-енциклопедист М. В. Ломоносов (1711–1765 рр.), який першим звернув увагу на надзвичайно високу смертність серед дітей.

У 1834 р. у Петербурзі відкрито перший шпиталь для дітей. Це сприяло глибокому вивченню патології дитячого віку й виділенню серед лікарів спеціалістів-педіатрів.

Основоположником вітчизняної педіатрії як науки вважають Степана Хомича Хотовицького (1796–1885 рр.). Ґрунтуючись на великому власному досвіді й обізнаності у світовій літературі, він написав перший посібник «Педіатрика» (1847), який побудував на глибокому знанні анатомії та фізіології дитячого організму. С. Хотовицький доводив, що в процесі розвитку в організмі дитини відбуваються зміни не лише кількісного, але і якісного характеру. Учений подав чіткий опис різних форм патології дитини, детально обґрунтував засоби запобігання їм, способи догляду, дієту дітей раннього віку.

У розвитку педіатрії велика роль належить професору Московського університету М. Ф. Філатову (1817–1902 рр.), авторові багатьох визначних праць із педіатрії, зокрема посібника «Семіотика і діагностика дитячих хвороб» (1890 р.).

На початку ХХ ст. сформувалася нова самостійна фізіологічна дисципліна – вікова фізіологія. Одночасно виділився її спеціальний розділ – фізіологія дітей та підлітків. Важлива роль у формуванні цього розділу належить російському педіатру й фізіологу М. П. Гундобіну (1860–1908 рр.), який узагальнив численні дослідження в галузі анатомії та фізіології дитячого організму в монографії «Особливості дитячого організму» (1906 р.).

У кінці ХІХ – на початку ХХ ст. інтенсивно досліджували питання статевого розвитку дітей і підлітків (Н. В. В'яземський, В. М. Бехтерев, В. Я. Канель та ін.), медико-біологічні проблеми втоми й розумової працездатності школярів (А. С. Віреніус, А. В. Владимирський та ін.); детально розробляли проблему фізичного виховання дітей (П. Ф. Лестгафт). У подальші роки одержали розвиток наукові дослідження в галузі медико-біологічних проблем шкільної педагогіки; створено науководослідні інститути й лабораторії, які займаються питаннями фізіології дитячого організму; з'явилися фізіологічні школи з онтогенетичною спрямованістю (А. Г. Іванов-Смоленський, М. І. Красногорський, А. В. Нагорний, І. А. Аршавський, А. А. Маркосян та ін.).

Особливе значення для вивчення фізіологічної основи процесів навчання й виховання мало вивчення закономірностей не тільки фізичного, але й психологічного розвитку дитини. Починаючи з робіт М. І. Красногорського (1907 р.), увага багатьох фізіологів була спрямована на вивчення функціональних особливостей мозку та вищої нервової діяльності дітей і підлітків (В. М. Бехтерев, Н. А. Щелованов, А. Г. Іванов-Смоленський, Н. І. Касаткін, Л. А. Орбелі, А. Р. Лурія, Н. А. Кабанов, А. А. Волохов, М. М. Кольцова й ін.), на розвиток механізмів відчуття та сприйняття, процесів уваги й пам'яті, мови та мислення (В. М. Бехтерев, А. Г. Іванов-Смоленський, Е. Л. Голубева, Н. І. Касаткін, І. А. Аршавський, К. В. Шулейкіна,

Г. М. Нікітіна, А. А. Маркосян, Д. А. Фарбер, Н. В. Дубровинська).

Особливо слід відзначити діяльність видатного анатома, фізіолога, клініциста та педагога В. М. Бехтерева (1857–1927 рр.). Значну кількість його робіт присвячено вивченню матеріальних основ психічної діяльності людини та закономірностей її розвитку в дітей і підлітків. Багато уваги вчений надавав медико-біологічним питанням оптимізації навчання та виховання дітей, особливо раннього віку. У 1908 р. уперше в історії педагогічної освіти В. М. Бехтерев ознайомив майбутніх педагогів з анатомо-фізіологічними особливостями дітей і підлітків.

Петербурзькому лікареві К. А. Раухфусу (1835–1915 рр.) належить розробка основ санітарної статистики захворювання дітей, побудови дитячих лікарень. Він перший застосував систему боксів-ізоляторів.

Велику боротьбу з дитячою смертністю й роботу з підготовки лікарів-педіатрів провів в Україні професор І. В. Троїцький (1856–1923 рр.). Він опублікував 101 працю з профілактики дитячих захворювань, дозування лікувальних засобів для дітей, зі шкільної гігієни.

В Україні при Харківському університеті розробку проблеми вікової фізіології розпочав О. В. Нагорний (1887–1953). У 1923 р. виходить його перша теоретична робота, присвячена проблемам онтогенезу. До 1940 р. нагромаджується колосальний фактичний матеріал, який викладено в монографіях О. В. Нагорного «Проблеми старіння та довголіття» (1940 р.), О. В. Нагорного, В. В. Нікітіна, І. Н. Буланкіна «Проблеми старіння та довголіття» (1963 р.), які стали класичними роботами й здійснювали великий вплив на всіх, хто займався проблемами геронтології в нашій країні.

У 90-х роках ХХ ст. проблеми вікової нейро- та психофізіології вивчались у Волинському державному університеті імені Лесі Українки під керівництвом доктора медичних наук, професора Леоніда Самійловича Гіткіка (1926–2004 рр.). Досліджувалися мозкові механізми прогностичної (С. Є. Швайко), математичної (Н. О. Козачук), орієнтувально-дослідницької

(Л. О. Шварц) діяльності, вікові та статеві аспекти сприйняття й обробки інформації (А. Г. Моренко, А. І. Поручинський), які лежать в основі активної творчої діяльності школярів. Проводилися дослідження нейрофізіологічних механізмів довільної та мимовільної уваги (О. Р. Дмитроца) у дітей середнього шкільного віку.

На сьогодні на кафедрі фізіології людини і тварин біологічного факультету Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки продовжуються наукові дослідження з вікової нейро- та психофізіології під керівництвом доктора біологічних наук, професора Ігоря Ярославовича Коцана. Колектив фізіологів працює над держбюджетною темою «Регуляторні механізми і системна організація психофізіологічної активності людини (віковий аспект)» (2010 р.).

РОЗДІЛ 1

ФАКТОРИ Й ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ РОСТУ ТА РОЗВИТКУ ОРГАНІЗМУ

Організм людини – єдине ціле. Організм людини складається з клітин, що утворюють тканини, із яких побудовані органи. Злагоджену роботу організму забезпечує тісний взаємозв'язок його органів. Органи, що виконують пов'язані між собою функції, складають фізіологічну систему органів. **Система органів** – це анатомічні та функціональні об'єднання кількох органів, які беруть участь у виконанні якого-небудь складного акту діяльності. Наприклад, ротова порожнина, глотка, стравохід, шлунок, кишечник, печінка, підшлункова залоза входять до складу травної системи. За своїм функціональним призначенням в організмі людини розрізняють дихальну, кровоносну, травну, опорно-рухову, статеву, нервову, видільну, ендокринну та сенсорну системи.

Найбільше значення має нервова система, яка об'єднує й регулює діяльність усього організму та визначає його поведінку в зовнішньому середовищі.

Нерідко дві або кілька систем органів називають апаратом. Наприклад, скелетна та м'язова система становлять опорно-руховий апарат.

В організмі людини є й так звані *функціональні системи* – сталі або тимчасові об'єднання систем органів для виконання певної функції. Наприклад, дихальна та кровоносна системи об'єднуються в єдину функціональну, щоб забезпечити весь організм киснем. Так само функціонально об'єднуються між собою травна й кровоносна системи: із травних шляхів поживні речовини разносяться кров'ю по організму та живлять усі клітини й тканини.

Постійні анатомічний і функціональний взаємозв'язки та «співпраця» різних клітин, тканин, органів і систем органів

створюють надзвичайно складну, унікальну систему – організм людини.

Організм – це самостійно існуюча одиниця органічного світу, що є саморегулюючою системою й реагує як єдине ціле на різноманітні зміни зовнішнього середовища.

Організм як саморегулювальна система. Організм людини побудований із клітин, із яких складаються тканини й органи. Діяльність кожного органа та організму в цілому залежить від діяльності органів дихання, травлення, кровообігу виділення які забезпечують нормальний перебіг процесів обміну речовин. Взаємний зв'язок між органами й системами органів здійснюється в організмі через нервову та гуморальну системи.

Основна функція живого організму – це обмін речовин й енергії, що є єдністю двох протилежних процесів: асиміляції та дисиміляції.

Асиміляція – це зміни й засвоєння речовин, які надходять в організм із зовнішнього середовища, утворення складних хімічних сполук із простіших, творення, синтез речовин, потрібних для живого організму. **Дисиміляція** – це розпад, розщеплення складних органічних сполук на простіші речовини із вивільненням енергії. Частина більш простих речовин, які утворюються в процесі дисиміляції, використовується в процесах синтезу, кінцеві продукти обміну речовин виводяться з організму.

Будь-якому організмові потрібні певні умови існування, до яких у нього виробляється пристосування в процесі розвитку. Місцем існування для клітин організму є внутрішнє середовище (кров, лімфа, тканинна рідина).

Склад і властивості внутрішнього середовища підтримуються на відносно постійному рівні, що створює умови для життєдіяльності всього організму. *Сталість хімічного складу й фізико-хімічних властивостей внутрішнього середовища організму називають гомеостазом* (У. Кеннон, 1932 р.). Він підтримується безперервною роботою систем органів кровообігу, дихання, травлення, виділення тощо, надходженням у кров біологічно активних хімічних речовин, які забезпечують

взаємодію клітин та органів. Забезпечують гомеостаз переважно дві системи – нервова й ендокринна, які разом складають нейрогуморальну систему регуляції функцій організму.

Завдяки цьому в організмі відбувається саморегуляція фізіологічних функцій, що підтримує необхідні для організму умови існування.

Саморегуляція – універсальна властивість організму, яка включається тоді, коли виникає відхилення від певного постійного рівня будь-якого життєво важливого фактора зовнішнього чи внутрішнього середовища. Наприклад, рівень глюкози в крові може зменшуватися через недостатнє її надходження з їжею або внаслідок витрат при інтенсивній роботі. Зниження кількості глюкози в крові, незалежно від того, зовнішньою чи внутрішньою причиною воно викликане, запускає фізіологічні механізми, що підвищують її рівень. Отже, зміни стану системи спричиняють реакції, які відновлюють норму. Відхилення регульованого параметра в інший бік – збільшення кількості глюкози – призводить до включення механізмів, що зменшать її рівень.

Звичайно, саморегуляція можлива лише за певних зовнішніх умов. Так, при недостатньому надходженні їжі в організмі розщеплюються запасні поживні речовини, наприклад глікоген. Якщо ж усі внутрішні джерела глюкози будуть вичерпані, а їжа ззовні не надходитиме, організм може загинути.

Регуляція функцій в організмі. В організмі людини (як у будь-якій складній системі) всі органи, тканини та клітини пов'язані в єдине ціле.

Філогенетично більш давньою формою зв'язку є гуморальний. У різних клітинах організму в процесі обміну речовин утворюються хімічні сполуки. Деякі з них мають високу біологічну активність, наприклад гормони. Потрапляючи в кров, вони розносяться нею по всьому організму та впливають на діяльність інших клітин, тканин, органів. Так здійснюється взаємодія між клітинами й окремими органами, забезпечується діяльність організму як єдиного цілого.

Із розвитком та ускладненням організму в здійсненні взаємозв'язку між окремими його частинами й у забезпеченні всієї його діяльності першорядну роль починає відігравати нервова система, яка формується.

Нервова система об'єднує та зв'язує всі клітини й органи в єдине ціле, змінює та регулює їхню діяльність, здійснює зв'язок організму з навколишнім середовищем. Центральна нервова система та її провідний відділ – кора великого мозку – досить тонко й точно, сприймаючи зміни довкілля та внутрішнього стану організму, своєю діяльністю забезпечують розвиток і пристосування організму до мінливих умов існування.

Нервовий та гуморальний механізми регуляції взаємопов'язані. Активні хімічні речовини, які утворюються в організмі, здатні впливати на нервові клітини, змінюючи їхній функціональний стан. Утворення й надходження в кров багатьох активних хімічних речовин перебуває, зі свого боку, під регулюючим впливом нервової системи. Нервова система впливає на функції низки органів не тільки через нервові імпульси, які надходять до органів по нервових провідних шляхах, а й за допомогою хімічних речовин, що утворюються в клітинах організму, надходять у кров під впливом нервової системи. У зв'язку з цим доцільніше говорити про єдину нервово-гуморальну систему регуляції функцій організму.

Поняття про ріст і розвиток дитячого організму. Упродовж життя в організмі людини безперервно відбуваються процеси росту й розвитку.

Ріст – збільшення розмірів організму людини або окремих його частин та органів унаслідок збільшення кількості клітин за допомогою поділу, їх лінійного розтягування й внутрішньої диференціації. Під час росту збільшується кількість клітин, маса тіла та антропометричні показники. Ріст відбувається на рівні клітин, тканин, органів і цілого організму, що й віддзеркалюється збільшенням маси індивідуума. Іншими словами, ріст – це збільшення загальної маси в процесі розвитку, яка призводить до постійного збільшення розмірів організму.

Ріст забезпечується такими механізмами: 1) збільшенням розмірів клітини; 2) збільшенням кількості клітин; 3) накопиченням неклітинної речовини, продуктів життєдіяльності клітин.

Розрізняють два типи росту: *обмежений* (буває лише в певні періоди онтогенезу, а згодом уповільнюється та гальмується) і *необмежений* (триває впродовж усього періоду онтогенезу аж до смерті, наприклад у риб).

Паралельно з ростом відбувається розвиток організму, тобто морфологічна диференціація та функціональна спеціалізація певних тканин і частин тіла. Цей якісний фактор визначається змінами структури, складу й функцій організму, змінюється нерівномірно до формування дитини як дорослого індивіда.

Розвиток – якісні зміни, що приводять до формування людського організму або його різних частин та органів. У широкому розумінні розвиток – це процес кількісних і якісних змін, що відбуваються в організмі людини та призводять до підвищення рівнів складності організації й взаємодії всіх його систем. Розвиток уключає три основних фактори: *ріст, диференціювання органів і тканин, формування*, які перебувають між собою в тісному взаємозв'язку та взаємозалежності.

Однією з важливих характеристик росту є диференційованість, тобто швидкість росту неоднакова в різних ділянках організму й на різних стадіях розвитку. Швидкість загального росту людського організму також залежить від стадії розвитку, що призводить до певної диспропорційності на ранніх етапах онтогенезу. Максимальна швидкість характерна для перших чотирьох місяців ембріонального розвитку, що пояснюється інтенсивним поділом клітин.

Регуляція росту складна: важливе значення мають генетична конструкція та фактори зовнішнього середовища. Індивідуальні відмінності в процесі росту й розвитку можуть варіювати в широких межах. Існування індивідуальних коливань процесів росту та розвитку стало основою для введення такого поняття, як *біологічний вік*, або *вік розвитку*.

Фактори, що впливають на індивідуальний розвиток (онтогенез), розділяють на спадкові (ендогенні) й фактори зовнішнього середовища (екзогенні, здебільшого, соціально-економічні). Розмежувати їх досить важко, тому що вони взаємодіють у єдиному комплексі.

Серед розмірів тіла виділяють *тотальні* та *парціальні*. **Тотальні (загальні)** розміри – основні показники фізичного розвитку людини. До них належать довжина й маса тіла, окружність грудей. **Парціальні (часткові)** розміри тіла є складовими частинами тотального розміру та характеризують величину окремих частин тіла. Під дією зазначених факторів упродовж періоду дозрівання відбувається формування визначеної конституції людини. **Конституція** – комплексна біологічна характеристика людини, варіант адаптивної норми, що відображає резистентність організму до факторів середовища. Конституцію складають найважливіші параметри статури, фізіологічні та психофізіологічні показники.

Одним із критеріїв при оцінці стану здоров'я людини є гармонійність пропорції тіла. Пропорції тіла людини вираховують у відсотках за вимірами поздовжніх та поперечних розмірів між крайніми точками, що встановлені на різних виступах скелета. Під час диспропорції в будові тіла можна припускати порушення ростових процесів та його причини (ендокринні, хромосомні). На основі вираховування пропорцій тіла виділяють основні **типи тілобудови людини: мезоморфний, брахіморфний, доліхоморфний**.

До **мезоморфного типу (нормостеніки)** належать люди, анатомічні особливості яких наближаються до усереднених параметрів норми (з урахуванням віку, статі й т. ін.). У людей **брахіморфного типу** тілобудови (**гіперстеніки**) переважають поперечні розміри, добре розвинута мускулатура, не дуже високий зріст. Серце розташоване впоперек завдяки високорозміщеній діафрагмі. У гіперстеніків легені більш короткі й ширші, петлі тонкої кишки розташовані переважно горизонтально. Особи **доліхоморфного типу (астеніки)** відрізняються перевагою повздовжніх розмірів, мають відносно довші кінцівки, слабкорозвинуті м'язи та тонкий

прошарок жиру, вузькі кістки. Діафрагма розташована нижче, тому легені довші, а серце розташоване майже вертикально.

Гетерохронність та гармонійність розвитку. Ріст і розвиток організму включають процеси, протягом яких із заплідненої яйцеклітини розвивається індивідум. У цей час значна частина фізіологічних показників наближається до рівня, характерного для дорослої людини. Так, наприклад, підвищується активність травних ферментів, удосконалюються органи чуття та нервова система, розвиваються захисні механізми проти інфекції й ін.

Важливою ознакою перетворювальних процесів є виникнення високої чутливості до певних умов середовища – **сенситивний період**. Це пов'язано з тим, що для швидкого розвитку функції їй необхідний притік адекватної сенсорної інформації. Відсутність або її дефіцит може виявитися фатальним для становлення функції.

Вивчення вікової динаміки розвитку окремих органів і тканин до народження лягло в основу уявлень про **органогенез та гістогенез** – учення про послідовний розвиток органів і тканин (серця, судин, скелетної й гладенької мускулатури та ін.). На певному історичному етапі такий підхід до вивчення людини зіграв свою позитивну роль і дав змогу встановити закономірності розвитку органів та тканин у процесі онтогенезу. Проте вивчення формування функцій у цілому організмі з урахуванням рівня дозрівання органів і систем, а також їх взаємного впливу й взаємодії для досягнення загального позитивного для організму результату стало можливим лише при створенні П. К. Анохіним теорії системогенезу (1968 р.). *Згідно з концепцією системогенезу, в основі індивідуального розвитку організму лежать декілька визначальних принципів:*

- 1) гетерохронії (Аршавський, 1968 р.);
- 2) гармонійності (Анохін, 1968 р.);
- 3) переходу локальної реакції плода людини в більш загальні в процесі онтогенезу (Волохов, 1968 р.);
- 4) концепція про загальний енергетичний баланс орга-

нізму та його стан, рівноважний із середовищем (Аршавський, 1982 р.);

5) концепція надійності біологічної системи (Маркосян, 1974 р.);

б) управління структур і функцій (Бадалян, 1981 р.).

Основним у класичному системогенезі є ***принцип гетерохронії, або неодночасного дозрівання не тільки органів, а й різних фрагментів одного й того самого органа.***

Розвиток організму, його органів і систем із моменту народження до настання зрілості протікає гетерохронно, тобто нерівномірно: періоди прискорення росту та розвитку чергуються з їх сповільненням. Швидше ростуть і розвиваються ті органи або системи органів, функціонування яких життєво необхідні для існування організму на цьому етапі розвитку. Так, у новонародженого до моменту народження сформована система живлення рідкою їжею (молоком). Показано, що першими дозрівають м'язи обличчя, які забезпечують акт смоктання, і відповідні їм ділянки ядер черепно-мозкових нервів. Коловий м'яз рота іннервується прискорено й задовго до того, як будуть іннервовані інші м'язи обличчя. Прискореного розвитку зазнає не тільки коловий м'яз рота, а й інші м'язи та ті структури центральної нервової системи, які забезпечують акт смоктання. Водночас розвиток функціональних систем, у яких на цей момент життя немає необхідності, затримується (наприклад розвиток функціональної системи живлення твердою їжею). Отже, у процесі росту й розвитку фізіологічні функції адаптуються до особливостей існування організму, тобто відбувається його індивідуальна адаптація до умов навколишнього середовища.

Найдетальніше за показниками гетерохронії вивчені структури центральної нервової системи. Так, показано, що першими в ембріогенезі дозрівають нервові клітини стовбурової частини мозку, що забезпечують формування самостійної функціональної системи живлення й дихання плода.

Функціональні системи дозрівають нерівномірно, включаються поетапно, змінюються, забезпечуючи організму пристосування в різні періоди онтогенетичного розвитку.

Структури, які в сукупності повинні становити до моменту народження функціональну систему, закладаються й дозрівають вибірково та прискорено. З усіх нервів руки на-самперед і найповніше розвиваються ті, що забезпечують скорочення м'язів – згиначів пальців, які беруть участь у виконанні хватального рефлексу. Такий *вибірковий та прискорений розвиток морфологічних утворень, які становлять повноцінну функціональну систему, що забезпечує новонародженому виживання, називається **системогенезом***.

Онтогенетична гетерохронія закладки й розвитку окремих елементів однієї системи або різних функціональних систем є результат філогенетичної гетерохронії. Під впливом природного добору еволюційно молодша функція, що краще забезпечує пристосованість організму до умов середовища та його виживання від покоління до покоління, починає розвиватися швидше. *Загальна закономірність гетерохронії розвитку і в онтогенезі, і у філогенезі полягає в тому, що в коротші терміни дозрівають функціональні системи, які найбільш значимі для виживання організму на певній стадії його розвитку*.

Гетерохронність розвитку не заперечує його гармонійності, оскільки неоднчасне дозрівання морфофункціональних систем організму дитини забезпечує їй необхідну їхню рухливість, надійність функціонування цілісного організму й оптимальної (гармонійної) взаємодії з ускладненими в процесі розвитку умов зовнішнього середовища.

Отже, *гармонійність розвитку характеризується тим, що на кожному віковому етапі онтогенезу функціональні можливості організму дітей та підлітків відповідають тим вимогам, які ставляться до них із боку довкілля*.

При використованні закономірностей системогенезу у віковій фізіології важливе значення має *концепція переходу локальної реакції плода людини в більш загальні* в процесі онтогенезу, що запропонована А. А. Волоховим (1968 р.). Так, локальні реакції, які спостерігались у пренатальний період, є «вправами» елементів майбутньої функції. Прикладом можуть

бути ранні локальні скорочення м'язів плода до того, як вони почнуть підтримувати позу й забезпечувати рухи. Такі скорочення покращують кровообіг, сприяють надходженню кисню в тканини та видаленню продуктів метаболізму й водночас стимулюють розвиток м'язового апарату.

В основу вікової концепції І. А. Аршавського (1982 р.) закладено уявлення про *загальний енергетичний баланс* організму та його стан, рівноважний із середовищем. Основною функцією організму є накопичення та утримання енергії, протистояння «витоку» енергетичних ресурсів організму при м'язовій активності. Це явище має місце не лише в період раннього онтогенезу, а й під час старіння. Чим досконаліший енергетичний баланс, тим краще врівноважені анаболічні та катаболічні процеси, тим менше організм піддається надлишковому катаболізму (і як його результат – окиснення) і тим триваліше його існування. Особливості енергетичних процесів у різні вікові періоди, а також зміна й перетворення діяльності дихальної та серцево-судинної системи в процесі онтогенезу перебувають у залежності від відповідного розвитку скелетної мускулатури.

Відхилення в розвитку певної функціональної системи, що призводять до патології, можуть бути компенсовані при її *вправлянні* (А. О. Бадалян, 1981 р.). Об'єктивною закономірністю розвитку дитячого організму є відносна незрілість деяких функціональних систем, які можуть піддаватися перенапруженню у зв'язку з їх формуванням за принципом мінімального забезпечення. Корекція вад розвитку виявляється найуспішнішою, якщо вона проводиться максимально рано, з урахуванням терміну включення органа в системну організацію функцій.

Великий внесок у розуміння можливостей організму, що росте, зробила концепція *надійності біологічної системи*, висунута А. А. Маркосяном (1974). Під *надійністю біологічної системи* розуміють такий рівень регулювання процесів в організмі, коли забезпечується оптимальний перебіг із його екстреною мобілізацією резервних можливостей і взаємо-

замінності, яка гарантує пристосування до нових умов, та зі швидким поверненням до початкового стану.

Надійність біологічних систем пов'язана з розвитком регулювання й залученням тих елементів фізіологічного процесу, які здатні забезпечити оптимальну діяльність організму та його систем. Одним із механізмів створення надійності вважають надмірність структур і функцій. Наведемо декілька прикладів. У період внутріутробного розвитку в яєчниках закладається від 4000 до 200 000 первинних фолікулів, а за весь репродуктивний період у жінки дозріває всього 500–600 фолікулів. Інший приклад: частота серцевих скорочень під час крику дитини рівна 200 уд. / хв, це відповідає роботі серця дорослого спортсмена при максимальних м'язових навантаженнях. У крові людини міститься стільки тромбіну (ферменту, що бере участь у зсіданні крові), що його досить для зсідання крові в 500 людей. Стегнова кістка витримує розтягнення в 1500 кг, а велика гомілкорова кістка не ламається під масою 1650 кг, що в 30 разів перевищує звичайне навантаження. Велику кількість нервових клітин розглядають як один із можливих факторів надійності нервової системи та ін.

Надмірність структури й функції можна бачити на всіх рівнях організації – від молекулярного до системного, що свідчить про великі резервні можливості організму.

Отже, живий організм – це найбільш складне явище природи. Як біологічна система він відображає в собі діалектичну й біологічну двоїстість: граничну цілісність, автономію в довкіллі та водночас нерозривний, постійний зв'язок із ним, без якого неможливе самооновлення всього живого. Регулюють життєві функції організму людини в цілому, а також окремих його органів і систем, узгоджують їхню діяльність, підтримують сталість внутрішнього середовища нервова та імунна системи, а також система залоз внутрішньої секреції (ендокринна). Ці системи тісно взаємопов'язані між собою й впливають на діяльність одна одної. Завдяки цьому в організмі відбувається саморегуляція фізіологічних функцій, що

підтримує необхідні для нього умови існування. У процесі росту та розвитку фізіологічні функції адаптуються до особливостей існування організму, тобто відбувається його індивідуальна адаптація до умов навколишнього середовища.

Питання для самоконтролю:

1. Предмет вікової фізіології, зв'язок з іншими біологічними дисциплінами.
2. Методи вивчення вікової фізіології.
3. Історія розвитку вікової фізіології.
4. Поняття про організм; регуляція функцій в організмі.
5. Поняття про ріст і розвиток.
6. Принципи системогенезу та випереджального розвитку органів і функціональних систем у дітей та підлітків.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ЕТАПИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО РОЗВИТКУ ЛЮДИНИ

Основи вікової періодизації. У процесі росту та розвитку організму виникають специфічні анатомічні й функціональні особливості, які дістали назву вікових. Відповідно до цього життєвий цикл людини розділений на періоди, або етапи, між якими немає чітко окреслених меж, вони певною мірою умовні. Проте вичленення таких періодів необхідне, оскільки діти одного календарного віку по-різному реагують на розумові й трудові навантаження. При цьому їхня працездатність може бути більшою чи меншою, що важливо для розв'язання низки практичних завдань організації навчально-виховного процесу в школі та при проведенні вільного часу.

Вік людини відраховують із моменту народження й до смерті організму. Його умовно поділяють на певні періоди, між якими немає чітких меж. Розрізняють вік *хронологічний (паспортний)* та *біологічний*.

Хронологічний вік – це період (у роках, місяцях, днях), прожитий від дня народження до певного моменту. Біологічний вік (або анатомо-фізіологічний) визначається сукупністю анатомічних і фізіологічних особливостей організму, що відповідають віковим нормам для цієї популяції. Не завжди біологічний вік збігається з хронологічним. Наприклад, у людей, котрі ведуть здоровий спосіб життя, мають оптимістичні погляди, біологічний «годинник» відстає від хронологічного: вони виглядають молодшими за своїх ровесників, мають більшу м'язову силу, активнішу психічну діяльність. Навпаки, у наркоманів та алкоголіків біологічний «годинник» набагато випереджає хронологічний: зовні вони виглядають на 10 років старшими за свій вік, мають мляву мускулатуру, опущені плечі, ледве пересуваються; пам'ять й інші розумові процеси сповільнені, емоції знебарвлені.

Біологічний вік – це міра старіння організму, його здоров'я, тривалість життя, що передує. Визначення біологічного віку дає змогу розмежувати фізіологічне та передчасне старіння. Чим більше календарний вік людини випереджає біологічний, тим повільніші темпи її старіння й тривалішим буде життя. У довгожителів біологічний вік менший від календарного.

На відміну від паспортного віку, де міжвіковий інтервал дорівнює одному рокові, біологічний уключає низку років життя людини, протягом яких відбуваються певні біологічні зміни.

Біологічний вік визначають за певними ознаками морфологічної зрілості: 1) ступенем розвитку вторинних статевих ознак; 2) скелетною зрілістю – почерговістю й термінами окостеніння скелета (рентгенологічно в скелеті визначають час появи точок окостеніння та появи нерухомого з'єднання кісток); 3) зубною зрілістю (терміни прорізування молочних і постійних зубів).

При оцінці біологічного віку враховують також фізіологічні та біохімічні показники (рівні основного й інших видів обміну речовин, особливості серцево-судинної, дихальної, нейроендокринної та інших систем) і рівень психічного розвитку індивіда.

Визначаючи біологічний вік, показники розвитку дитини зіставляються зі стандартними показниками, характерними для цієї вікової, статевої й етнічної групи. При цьому важливо враховувати найбільш інформативні показники, характерні для кожного вікового періоду: наприклад у пубертатному періоді таким показником стає розвиток вторинних статевих ознак і відповідні цьому нейроендокринні зміни.

На сьогодні немає єдиної схеми періодизації постнатального онтогенезу, тому що вона повинна відображати біологічні (морфологічні, фізіологічні, біохімічні та ін.), психологічні й соціальні аспекти розвитку та старіння організму, котрі в різні періоди життя мають різну інформативність. Потрібно зауважити, що періодизація – це умовний поділ єдиного процесу для

зручності його вивчення, насправді індивідуальний розвиток – це неперервний процес, одна його стадія непомітно й плавно переходить у наступну.

У нашій країні під час медико-біологічних досліджень використовують схему періодизації онтогенезу, прийняту на VII конференції з проблем вікової морфології, фізіології та біохімії (1965 р.) (табл. 1). Існує періодизація й за соціальними принципами (табл. 2).

Поняття про онтогенез. Онтогенез – це індивідуальний розвиток особини від її зародження до смерті (Геккель, 1866). Сьогодні цим терміном позначають весь період індивідуального розвитку живої істоти від моменту запліднення яйцеклітини до природного закінчення індивідуального життя.

Таблиця 1

Вікова періодизація за біологічними ознаками

Назва вікового періоду	Тривалість (роки)	
	хлопчики / чоловіки	дівчата / жінки
<i>Період новонародженості</i>	Перших 4 тижні	
<i>Грудний період</i>	4 тижні–1 рік	
<i>Раннє дитинство</i>	1–3 роки	
<i>Перше дитинство</i>	4–7	
<i>Друге дитинство</i>	8–12	8–11
<i>Підлітковий період</i>	13–16	12–15
<i>Юнацький період</i>	17–21	16–20
<i>Зрілий вік, 1-й період</i>	22–35	21–35
<i>Зрілий вік, 2-й період</i>	36–60	36–55
<i>Похилий вік</i>	61–74	56–74
<i>Старечий вік</i>	75–90	
<i>Довгожителі</i>	90 і більше	

Таблиця 2

**Вікова періодизація за періодами навчання
(соціальний принцип)**

Назва вікового періоду	Тривалість (роки)
<i>Перед дошкільний (ясельний)</i>	до 3-х
<i>Дошкільний вік (молодший, середній, старший)</i>	3–7
<i>Шкільний вік</i>	
• <i>молодший</i>	7–10
• <i>середній</i>	11–14
• <i>старший</i>	15–17

Онтогенез людини поділяють на два етапи – *до народження* (ембріональний, внутріутробний, пренатальний) і *після народження* (позаутробний, постембріональний, постнатальний).

Пренатальний (антенатальний) онтогенез. Внутріутробний період розвитку людини (пренатальний онтогенез) починається з утворення зиготи й закінчується народженням дитини. Перші три місяці складають *зародковий* (ембріональний) *період* (відповідно, організм, що розвивається, на цьому етапі називається *зародком*), а з кінця третього місяця до народження – *плодовий період* (організм, що розвивається, на цьому етапі називається *плодом*). У процесі розвитку в зародку відбувається розмноження клітин, їх спеціалізація (диференціювання) та ріст, переміщення або міграція окремих клітин і клітинних мас, утворення органів.

Загалом, виділяють такі *етапи ембріонального розвитку*: а) запліднення – утворення зиготи; б) дроблення – утворення бластули; в) гастрюляція – утворення зародкових листків;

г) гісто- й органогенез – утворення тканин та органів зародка.

Внутріутробний розвиток уключає п'ять послідовних періодів:

1. *Гермінальний період*, або *власне зародковий*, триває один тиждень – від утворення зиготи до імплантації бластоцита в слизову оболонку матки. Поживні речовини зі слизової оболонки труби надходять у зиготу в процесі її дробіння в невеликих кількостях або зовсім не надходять, оскільки живлення здійснюється за рахунок енергетичних запасів протоплазми самої зиготи.

2. *Період імплантації* продовжується дві доби. Під впливом тератогенних факторів зародок може загинути й запліднена яйцеклітина не розвиватиметься; у разі хромосомних аберацій і мутантних генів можуть формуватися важкі вади розвитку.

3. *Ембріональний період* триває 5–6 тижнів. Відбувається процес органогенезу майбутньої дитини, зародок харчується завдяки жовточному мішку. Негативний вплив тератогенних факторів призводить до виникнення вад розвитку (ембріонпатій). Термін вагітності від трьох до семи тижнів уважається критичним періодом розвитку ембріона.

4. *Ембріофетальний період* триває два тижні. Формується плацента, що збігається із закінченням закладки внутрішніх органів; від правильного формування плаценти залежить подальший розвиток плода.

5. *Фетальний (плодовий) період* починається від дев'ятого тижня ембріогенезу. Він характеризується бурхливим ростом плода (особливо впродовж 9–20 тижнів). У цьому періоді виділяють підперіоди:

А. Ранній фетальний підперіод – триває від дев'ятого до 28 тижня ембріогенезу. Характеризується інтенсивним ростом і диференціюванням клітин в органах плода. Вплив негативних чинників призводить до порушення росту, гіпоплазії органів, дисплазії тканин. Можливе переривання вагітності, народження незрілої або недоношеної дитини. Патологічні зміни плода в цей період об'єднуються під терміном «ранні

фетопатії».

Б. Пізній фетальний підперіод – починається після 28 тижня вагітності й триває до початку пологів. Негативні фактори в цей період не викликають порушень формування внутрішніх органів, але можуть викликати передчасні пологи.

В. Інтернатальний підперіод – починається від моменту регулярних пологових переймів до перев'язування й пере-різування пуповини; у цей період можливі пологові травми.

Умови дозрівання та розвитку плода мають велике значення, оскільки живлення організму, який інтенсивно розвивається і ріст якого збільшується в 5000 разів, відбувається за рахунок материнського організму.

Розвиток нового організму починається з процесу запліднення (злиття сперматозоїда та яйцеклітини), яке, зазвичай, проходить у матковій трубці. Статеві клітини при злитті утворюють якісно новий одноклітинний зародок – *зиготу*, що володіє всіма властивостями обох статевих клітин. Із цього моменту починається розвиток нового (дочірнього) організму.

Оптимальні умови для злиття яйцеклітини та сперматозоїда створюються протягом 12 годин після овуляції. Злиття ядра сперматозоїда із ядром яйцеклітини призводить до утворення в одноклітинному організмі (зиготі) характерного для людини диплоїдного набору хромосом (46). Стать майбутньої дитини визначається комбінацією хромосом у зиготі й залежить від статевих хромосом батька: при заплідненні яйцеклітини сперматозоїдом зі статевою хромосомою X утворюється комбінація статевих хромосом XX, характерна для жіночого організму; при заплідненні яйцеклітини сперматозоїдом зі статевою хромосомою Y – комбінація статевих XY, властива для чоловічого організму. Період вагітності ділиться на три частини або триместри (кожен по три календарні місяці). Мимовільні аборти можливі в першому триместрі.

Перший тиждень розвитку зародка – це період дроблення (ділення зиготи) на дочірні клітини мітозом. Дроблення зиготи відбувається в декілька стадій тривалістю від кількох хвилин до кількох годин: на перше дроблення витрачається

близько 24 год на кожне подальше – по 12 год. Безпосередньо після запліднення протягом перших 3–4 днів зигота ділиться та одночасно просувається по матковій трубці в бік порожнини матки. У результаті ділення зиготи утворюється багаточаровий міхурець – *бластула* з порожниною всередині (від грец. *blastos* – паросток) (рис. 1).

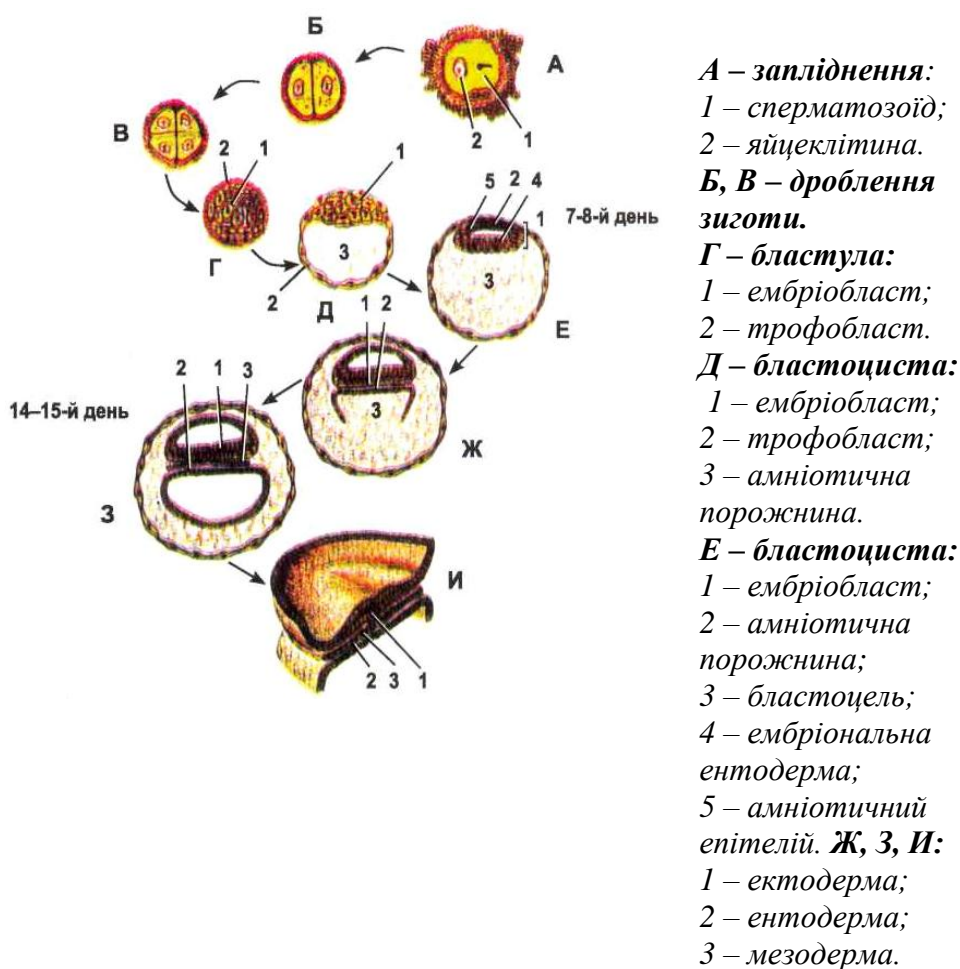


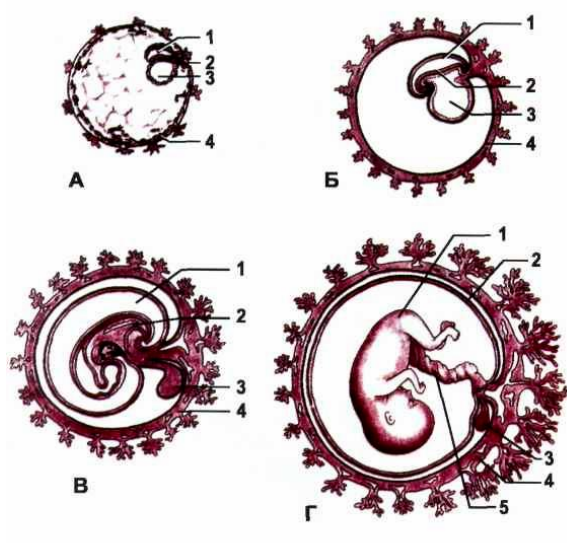
Рис. 1. Дроблення зиготи й утворення зародкових листків

Стінки цього міхурця утворені клітинами двох видів – великими та дрібними. Із зовнішнього шару дрібних клітин формуються стінки міхурця – *трофобласт*. У подальшому клітини трофобласта утворюють зовнішній шар – оболонку

зародка, великі темні клітини (*бластомери*) – скупчення, *ембріобласт* (зародковий вузлик, зачаток зародка), який розташований досередини від трофобласта. Із цього скупчення клітин (ембріобласта) розвиваються зародок та дотичні до нього позазародкові структури (окрім трофобласта). Між поверховим шаром (трофобластом) і зародковим вузликом накопичується невелика кількість рідини. До кінця першого тижня розвитку (6–7-й день вагітності) зародок потрапляє в матку та занурюється (імплантується) в її слизову оболонку; імплантація триває близько 40 годин (як правило, відбувається у верхній частині матки на передній або задній її поверхні). Поверхові клітини зародка, що утворюють міхурець – *трофобласт* (від грец. *trophe* – живлення), виділяють фермент, який розрихлює поверховий шар слизової оболонки матки, що вже підготовлена до занурення в неї зародка. На трофобласті формуються війки (вирости), які вступають у безпосередній контакт із кровоносними судинами материнського організму. Численні війки трофобласта збільшують поверхню його зіткнення з тканинами слизової оболонки матки. Трофобласт перетворюється в поживну оболонку зародка – *війчасту оболонку (хоріон)*. Спочатку хоріон має війки з усіх боків, потім ці війки зберігаються лише на стороні, оберненій до стінки матки. У цьому місці із хоріону та прилеглої до нього слизової оболонки матки розвивається новий орган – *плацента (дитяче місце)*. Плацента – орган, який пов’язує материнський організм із зародком та забезпечує його живлення.

Другий тиждень життя зародка – це стадія, коли клітини ембріобласта розділяються на два прошарки (дві пластинки), із яких утворюються два міхурці (рис. 2). Із зовнішнього шару клітин, що прилягають до трофобласту, утворюється *ектобластичний (амніотичний) міхурець*; із внутрішнього шару клітин (зачатку зародка, ембріобласта) формується *ендобластичний (жовтковий) міхурець*. Закладка («тіло») зародка міститься в місці дотику амніотичного міхурця до жовтчного. У цей період зародок представлений двошаровим щитком, який складається із двох листків: зовнішнього зародкового (*ектодерми*) і внутріш-

нього зародкового (*ентодерми*). Ектодерма обернена в сторону амніотичного міхурця, а ентодерма прилягає до жовткового міхурця. На цій стадії можна визначити поверхні зародка:



А – зародок 2–3 тиж.;

Б – зародок 4 тиж.:

1 – амніотична порожнина;

2 – тіло ембріона;

3 – жовтковий міхурець;

4 – трофобласт.

В – зародок 6 тиж.

(позначення, ідентичні до рис. Б);

Г – плід 4–5 міс.:

1 – тіло плода;

2 – амніон;

3 – жовточний мішок;

4 – хоріон;

5 – пуповина.

Рис. 2. Положення зародка людини й зародкових оболонок на різних стадіях розвитку

дорсальна поверхня прилягає до амніотичного міхурця, а вентральна – до жовткового. Порожнина трофобласта навколо амніотичного та жовткового міхурців рихло заповнена тяжами клітин позазародкової мезенхіми. До кінця другого тижня довжина зародка становить усього 1,5 мм. У цей період зародковий щиток у своїй задній (каудальній) частині потовщується, де в подальшому починають розвиватись осьові органи (хорда, нервова трубка).

Третій тиждень життя зародка є періодом утворення трьохшарового щитка (зародка). Клітини зовнішньої, ектодермальної, пластинки зародкового щитка зсуваються до заднього його кінця. У результаті утворюється клітинний валик (первинна смужка), витягнутий у напрямку повздовжньої осі зародка. У головній (передній) частині первинної смужки клітини ростуть та розмножуються швидше, у результаті чого утворюється невелике підвищення – *первинний вузлик* (*вузлик Гензена*). Місце його вказує на краніальний (головний) кінець

тіла зародка.

Швидко розмножуючись, клітини первинної смужки й первинного вузлика проростають у сторони між ектодермою та ентодермою. Так утворюється серединний зародковий листок – *мезодерма*. Її клітини, розташовані між листками щитка, називаються *внутрізародковою мезодермою*, а ті, що вийшли за його межі, – *позазародковою*.

Частина клітин мезодерми в межах первинного вузлика особливо активно росте в передньому напрямку від головного та хвостового кінців зародка, проникає між зовнішнім і внутрішнім листками та утворює клітинний тяж – *спинну струну (хорду)*. Наприкінці третього тижня розвитку в передній частині зовнішнього зародкового листка відбувається активний ріст клітин – утворюється *нервова пластинка*, яка незабаром прогинається, формуючи повздожню *нервову борозну*. Краї борозни потовщуються, зближуються та зростаються одна з одною, замикаючись у *нервову трубку*, що дає початок нервовій системі. Ектодерма з'єднується над утвореною нервовою трубкою й утрачає зв'язок із нею.

У цей же період із задньої частини ентодермальної пластинки зародкового щитка в позазародкову мезенхіму (у так звану амніотичну ніжку) проникає пальцеподібний виріст – *алантоїс*, який не виконує визначених функцій у людини. По ходу алантоїса від зародка до війок хоріону проростають кровоносні пупкові (плацентарні) судини. Тяж, у якому містяться кровоносні судини, що з'єднують зародок із позазародковими оболонками (плацентою), утворює *черевне стебельце*.

Таким чином, до кінця третього тижня розвитку зародок людини має вигляд трьохшарової пластинки (або трьохшарового щитка). У ділянці зовнішнього зародкового листка лежить нервова трубка, а глибше – спинна струна, тобто з'являються осьові органи зародка людини. До кінця третього тижня розвитку довжина зародка становить 2–3 мм.

На четвертий тиждень життя зародок починає вигинатись у поперечному та повздожньому напрямках. Зародковий щиток стає опуклим, а його краї відмежовуються від

амніону, що оточує зародок глибокою борозною – *тулубовою складкою*. Тіло зародка із плоского щитка перетворюється в об'ємний, ектодерма покриває тіло зародка зі всіх сторін.

З ектодерми в подальшому утворюється нервова система, епідерміс шкіри та її похідні, епітеліальні покриви ротової порожнини, анального відділу прямої кишки, піхви. Мезодерма дає початок внутрішнім органам (окрім похідних ентодерми), серцево-судинній системі, органам опорно-рухового апарату (кісткам, суглобам, м'язам), власне шкірі.

Ентодерма, що міститься всередині тіла зародка людини, згортається в трубку та утворює ембріональний зачаток майбутньої кишки. Вузкий отвір, який з'єднує ембріональну кишку із жовтковим мішком, у подальшому перетворюється в пупкове кільце. Із ентодерми формуються епітелій та всі залози травної системи й дихальних шляхів.

Ембріональна (первинна) кишка спочатку замкнена спереду та ззаду. У передньому й задньому кінцях тіла зародка з'являються занурення ектодерми – *ротова ямка* (майбутня ротова порожнина) та *анальна* (відвідникова) ямка. Між порожниною первинної кишки й ротовою ямкою наявна двохшарова (ектодерма та ентодерма) передня (ротоглоткова) пластинка (мембрана). Між кишкою й задньопрхідною ямкою є *клоакальна* (відвідникова) пластинка (мембрана), також двохшарова. Передня (ротоглоткова) мембрана переривається на четвертому тижні розвитку. На третьому місяці переривається задня (відвідникова) мембрана.

У результаті вигинання тіло зародка стає оточене вмістом амніона – *амніотичною рідиною*, яка виконує роль захисного середовища (запобігає ушкодженням, передусім механічним (струси)). Жовтковий мішок росте повільніше й на другому місяці внутрішньоутробного розвитку має вигляд невеликого мішечка, а потім повністю редукується (зникає). Черевне стебельце подовжується, стає відносно тонким і в подальшому отримує назву *пупкового канатика*.

Упродовж четвертого тижня розвитку зародка продовжує диференціюватися мезодерма. Дорсальна частина мезодерми,

розташована по боках від хорди, утворює парні потовщені виступи – *соміти*. Вони сегментуються, тобто діляться на метамерні ділянки, тому дорсальну частину мезодерми називають сегментованою. Сегментація сомітів відбувається поступово в напрямку спереду назад. На 20-й день розвитку утворюється третя пара сомітів, до 30-го дня їх уже 30, а на 35-й – 43–44 пари. Вентральна частина мезодерми на сегменти не розділена, а утворює з кожної сторони дві пластинки (несегментовану частину мезодерми). Медіальна (вісцеральна) пластинка прилягає до ентодерми (первинної кишки) і називається *спланхноплеврою*, латеральна (зовнішня) пластинка прилягає до стінки тіла зародка, до ектодерми – *соматоплевра*. Із спланхно- й соматоплеври розвиваються епітеліальний покрив серозних оболонок (мезотелій), а також власна пластинка серозних оболонок та підсерозна основа. Мезенхіма спланхноплеври використовується також на побудову всіх шарів травної трубки, окрім епітелію й залоз, що формуються з ентодерми. Простір між пластинками несегментованої частини мезодерми перетворюється в порожнину тіла зародка, яка розділяється на черевну, плевральну та перикардіальну порожнини.

Мезодерма на межі між сомітами й спланхноплеврою утворює *нефротом* (сегментарні ніжки), із яких розвиваються каналці первинної нирки, статеві залози. Із дорсальної частини мезодерми – сомітів – утворюються три зачатки. Передньомедіальна ділянка сомітів (*склеротом*) дає початок скелетній тканині, із якої розвиваються хрящі та кістки осьового скелета – хребта. Латеральніше від неї є *міотом*, із якого розвивається скелетна мускулатура. У задньолатеральній частині соміта міститься ділянка – *дерматом*, із тканин якої утворюється сполучнотканинна основа шкіри – дерма.

У головному відділі на кожній стороні зародка з ектодерми на четвертому тижні формуються зачатки внутрішнього вуха (спочатку – слухові ямки, потім – слухові міхурці) та майбутній кришталик ока. Водночас перебудовуються вісцеральні відділи голови, які навколо ротового потовщення утворюють лобовий і верхньощелепний відростки. Позаду (каудальніше) від них розміщені контури нижньощелепної та під'язикової

(гіоїдної) вісцеральної дуг.

На передній поверхні тулуба зародка помітні підвищення – серцевий, а за ним – печінковий бугри. Поглиблення між ними вказує на місце утворення поперечної перегородки – одного із зачатків діафрагми. Каудальніше печінкового бугра міститься черевне стебельце, що вміщує великі кровоносні судини та з'єднує ембріон із плацентою (пупковий канатик). Довжина зародка до кінця четвертого тижня становить 4–5 мм.

У період із п'ятого по восьмий тиждень життя ембріона продовжується формування органів (органогенез) і тканин (гістогенез). Відбувається ранній розвиток серця, легень, ускладнення будови кишкової трубки, формування вісцеральних дуг, утворення капсул органів чуття. Нервова трубка повністю замикається й розширюється в головному відділі (майбутній головний мозок). У віці близько 31–32 днів (п'ятий тиждень) довжина зародка становить 7–8 мм. На рівні нижніх шийних і першого грудного сегментів тіла з'являються зачатки (бруньки) рук у вигляді поплавців. До 40 дня утворюються зачатки ніг.

На шостому тижні (тім'яно-куприкова довжина зародка – 12–13 мм) помітні зачатки зовнішнього вуха, із кінця 6–7 тижня – зачатки пальців рук, а потім ніг.

До кінця сьомого тижня (довжина зародка – 19–20 мм) починають формуватися повіки, завдяки чому очі окреслюються чіткіше. На восьмому тижні (довжина зародка 28–30 мм) закінчується закладка органів зародка. Із дев'ятого тижня, тобто з початку третього місяця, зародок (тім'яно-куприкова довжина 39–41 мм) набуває вигляду людини й називається плодом.

Починаючи з **трьох місяців** і впродовж усього плодового періоду відбувається подальший ріст та розвиток утворених органів і частин тіла. У цей час починають диференціюватися зовнішні статеві органи; закладаються нігті на пальцях. У **4,5 місяця** прослуховуються скорочення серця плода; їх частота у два рази більша, ніж у матері. Швидко відбувається скостеніння скелета (його чітко видно при рентгенівському дослідженні плода). Тіло плода покрите пушковим волоссям. Із кінця **п'ятого місяця** (довжина 24,3 см) стають помітні

брови та вії. Ріст плода сповільнюється, відмічено відносні пропорції частин нижніх кінцівок. Активізується секреція сальних залоз, з'являється бурий жир. Мати починає відчувати перші рухи плода. Упродовж **шостого місяця** пушкове волосся темніє. Шкіра може мати зморшки через відсутність підшкірного шару й прискороного свого росту. Повіки та брови добре розвинені. Обличчя й тіло плода набувають риси новонародженого. Починаючи з 25 тижня, зазвичай, народжуються життєздатні діти.

На **сьомому місяці** (довжина 37,1 см) відкриваються повіки, починає накопичуватися жир у підшкірній клітковині, подовжується на голові волосся. Упродовж **8–9 місяців** форми тіла стають округлішими, колір – рожевим. Яечка опускаються в мошонку, яєчники містяться вище за рівень верхнього краю входу в таз і до народження не опускаються. Нігті на пальцях кисті й стопи повністю сформовані. Зникає майже весь шар пушкового волосся. Пупок міститься в центральній частині живота. Упродовж останніх тижнів рівень жиру збільшується на 14 г щодня. На **дев'ятому місяці** (довжина – 51 см) плід народжується.

У ранній період імплантації зародок харчується за рахунок речовин, що надходять із рідини в порожнину матки, а також залишків зруйнованих клітин ендометрію. Згодом необхідні для розвитку речовини плід поглинає з материнської крові, яка омиває ворсинки хоріона. Так установлюються тісні стосунки між материнським організмом і зародком.

Кров матері й плода ніколи не змішується. Кровоносна система плода із самого початку розвитку є замкнутою системою, ізольованою від кровоносної системи матері. Через стінку кровоносних капілярів плода та оболонку війок відбувається обмін газами й поживними речовинами між організмами матері та плода. Стінка ворсинок, яку ще називають *плацентарним бар'єром*, складається з трофобласту – сполучної тканини між ним і кровоносними судинами та стінкою цих судин. Через плацентарний бар'єр у материнську кров проникають продукти розпаду, що виділяються плодом

(CO₂, вода, електроліти, сечовина й інші речовини). Від матері плід одержує речовини, необхідні для живлення, дихання, росту, підтримки водного балансу та імунологічного захисту (кисень, вода, неорганічні іони, цукор, амінокислоти, ліпіди, гормони, антитіла). Материнські антитіла захищають новонароджене немовля від інфекційних захворювань до тих пір, поки не почне функціонувати його власна імунна система. Це так звана передпологова вакцинація плода. Готові антитіла матері, які передаються плоду, зберігають активність протягом 6–9 місяців після народження дитини.

Із боку плода кров поступає у ворсинки плаценти по гілках пупкових артерій. Вона бідна киснем і містить велику кількість вуглекислого газу й продуктів розпаду. У кінцевих розгалуженнях ворсинок хоріона утворюються капілярні мережі, у яких відбувається обмін. Кров, що збагатилася живильними та іншими речовинами й киснем, повертається до плода через пупкову вену.

Отже, головна функція плаценти полягає в тому, що через неї встановлюється контакт організму плода та матері. Перенесення різних речовин через плацентарний бар'єр відбувається в обох напрямках. Площа поверхні, через яку здійснюється обмін, сильно зростає за рахунок галуження ворсинок хоріона.

Більшість невикористаних організмом плода речовин потрапляє в його венозну систему, а потім через плаценту – у кровоносну систему матері, де переробляється або виділяється з неї. Деякі речовини, такі як вітаміни А і С, перетворюються в організмі плода в складніші форми й залишаються в його кровоносній системі та печінці. Таким чином, в організмі плода можуть виникати потенційно небезпечні концентрації цих речовин. Багато наркотичних речовин, хімікати, алкоголь, ліки здатні проходити через плаценту, накопичуватися в органах плода й негативно впливати на його розвиток.

Плацента виконує функцію залози внутрішньої секреції. Вона виділяє гормони, завдяки яким у період вагітності слизова оболонка матки не відшаровується, не виникають менструальні цикли й плід зберігається в матці до пологів. До

таких гормонів належить хоріонічний гонадотропін, який починає вироблятися ворсинками хоріона ще до імплантації, доки зародок міститься в яйцепроводі. Виявлення цього гормона в сечі жінки використовується як тест на вагітність. Цей гормон робить трофічний вплив на імплантований зародок, підтримує функцію жовтого тіла, забезпечуючи безперервну секрецію стероїдних гормонів, які діють на тканини матки. Через два місяці естроген і прогестерон синтезуються у самій плаценті, поряд із якими утворюється гормон (пролактин), що готує материнський організм до подальшого грудного вигодовування дитини.

Утворення близнят. Взаємодія частин зародка в процесі розвитку визначає його швидкість та взаєморозташування органів і тканин. На ранніх стадіях розвитку, протягом перших двох тижнів, може відбуватися розділення зародка, що приводить до утворення монозиготних (однойцевих) близнят. Такі близнята завжди мають однакову стать, одну групу крові й дуже схожі один на одного.

Утворення монозиготних близнят. Кожен ізольований тяж зародка на двохклітинній стадії здатний утворити цілий зародок. Якщо розподіл зародка відбувається до п'ятої доби вагітності, тобто до утворення трофобласта, зародки, що вийшли, матимуть незалежні хоріони. При поділі на 5–9-ту добу до утворення амніона в зародків повинен бути загальний хоріон, але два амніони. Незважаючи на те, що декілька зародків розвиваються в матці одночасно, у кожного з них буде своя плацента. Невеликий відсоток близнят має загальний амніон і хоріон: це буває в тому випадку, коли розподіл відбувся після дев'ятої доби розвитку.

При неповному розділенні зародків новонароджені можуть виявитися зрощеними між собою («сіамські близнята»).

Двойцеві (гетерозиготні) близнята розвиваються в результаті двох незалежних процесів запліднення: із двох (або більше) яйцеклітин утворюються два (чи більше) плоди. Ці

близнята можуть бути і різностатевими, і одностатевими, та схожими один на одного не більше ніж звичні брати й сестри.

У людини одні двійнята народжуються в середньому на 80–85 одностатевих пологів, одна трійня – на 6–8 тис. Пологи з чотирма та п'ятьма дітками трапляються дуже рідко. Однояйцеві близнята складають 15 % усіх багатоплідних пологів.

Постнатальний онтогенез. Його періодизація. Формування людського організму продовжується після народження (постнатальний період) і завершується до 22–25 років. У періоди росту й розвитку організму збільшуються маса та поверхня тіла, що обумовлено розвитком тканин, органів й окремих частин тіла. Одночасно відбувається розвиток функцій органів і систем. Кожен період характеризується своїми особливостями.

Постнатальний (постембріональний) онтогенез – це період життя людини від моменту народження до смерті. У процесі еволюції людини змінюється її онтогенез. Для людини як біологічного виду характерне збільшення тривалості внутрішньоутробного періоду, сповільнення статевого дозрівання, поява перехідного періоду – клімаксу – між періодами статевої зрілості та літнього віку.

Відразу після народження настає період **новонародженості (неонатальний період)** – це перші 28 днів життя людини. Він поділяється на два підперіоди: *ранній неонатальний* (триває сім днів) та *пізній неонатальний* (триває 21 день – із восьмого по 28-й день життя дитини). Період новонародженості характеризується різною зміною умов існування організму у зв'язку з переходом від внутрішньоутробного розвитку до існування в зовнішньому середовищі. У цей період організм особливо чутливий до дії шкідливих факторів. У новонародженій дитини виникають різні пристосувальні рефлексорні реакції до нових умов життя: самостійне дихання й кровообіг, харчування. Починають самостійно працювати легені, серце, печінка та нирки. Кістки новонародженій дитини містять мало мінеральних солей, тому вони дуже м'які й легко викривляються за неправильного догляду.

Кістки черепа також м'які, не зрощені по швах. У місцях з'єднання 3–4 кісток є так звані вічка (тім'ячка), які до 10–12 місяців закриваються. Рухи безладні, голівку дитина самостійно тримати не може. У новонародженої дитини підвищений обмін речовин, частота дихання становить 40–60 дихальних рухів за 1 хв (для порівняння: у дорослої людини – 16–18 дихальних рухів за 1 хв), а серцевих скорочень – 120–140 уд. / хв (для порівняння: у дорослої людини – 60–70 уд. / хв). Травна система, зокрема її залози, недорозвинена, тому найменші порушення в годуванні або питному режимі можуть спричинити тяжкі розлади травлення. Нервова система також недорозвинена. Більшу частину доби дитина спить і прокидається тільки від голоду або неприємних відчуттів (холоду, мокрих пелюшок, болю в животику). Новонароджена дитина зовсім безпорадна й повністю залежна від піклування батьків. Опірність новонародженого організму впливам зовнішнього середовища дуже низька, тому дитина легко піддається захворюванням. У період новонародженості має місце кормління морозивом упродовж 8–10 днів.

Новонароджених на початковому періоді пристосування до умов позаутробного життя розділяють за рівнем зрілості на доношених і недоношених. Внутріутробний розвиток доношених дітей триває 39–40 тижнів, недоношених – 28–38 тижнів. При визначенні зрілості враховують не лише ці терміни, а й масу (вагу) тіла при народженні.

Доношеними вважають дітей із масою тіла не менше 2500 г (при довжині тіла 45 см), а недоношеними – новонароджених, які мають масу меншу 2500 г. Окрім маси й довжини, ураховують й інші розміри, наприклад окружність грудної клітки (ОГК) у співвідношенні з довжиною тіла та окружність голови в співвідношенні з обхватом грудей (припускають, що ОГК повинна бути більшою половини довжини тіла на 9–10 см, а окружність голови – перевищувати окружність грудей не більше ніж на 1–2 см).

Доношені діти мають такі переваги, порівняно з дітьми меншої ваги:

- легше переносять фізичні навантаження при пологах, під час проходження через родові шляхи;
- менша ймовірність появи дефектів при народженні;
- нижчий рівень смертності;
- менша ймовірність виникнення розумової відсталості;
- легше переносять інфекційні захворювання, рідше хворіють;
- рідше трапляються розлади зору та слуху;
- менше проблем із порушенням поведінки;
- достатня зрілість органів і систем органів;
- краще справляються зі стресами.

У доношених новонароджених чітко виражена межа волосянця на лобі, довжина волосся досягає декількох сантиметрів, нігті на пальцях тверді. У недоношених дітей мале вічко й шви черепа відкриті, череп кругліший, ніж у дітей, котрі народилися в термін.

Близнюки частіше народжуються передчасно, при цьому навіть якщо народяться у визначений термін, мають меншу масу тіла. Це пов'язано з обмеженими можливостями кровопостачання плаценти й здатності до розтягування матки. Гетерозиготні близнята частіше мають різну вагу при народженні. У жінок, які виношують близнят, більша ймовірність ускладнень вагітності (анемії, гіпертонії) тощо.

У грудний період (чотири тижні – один рік) дитина розвивається дуже швидкими темпами. За рік довжина її тіла в середньому збільшується на 25 см. Маса здорової дитини до четвертого місяця подвоюється, а до року – потроюється. Швидко розвивається опорно-руховий апарат: у два місяці дитина вже може на 1–2 хв підняти голівку, у чотири – перевернутися зі спини на живіт, у шість – самостійно сидіти, у 6–7 – повзати, у вісім – тримаючись за перекладинку ліжка, ставати на ніжки, а в 10–11 – починає ходити.

Організм отримує основну масу поживних речовин із грудним молоком, у якому є, окрім поживних речовин, деякі антитіла, які забезпечують пасивний імунітет у новонарод-

женого.

Із шести місяців починають прорізуватися молочні зуби. У грудному віці яскраво виражена нерівномірність у рості тіла. У першому півріччі грудні діти ростуть швидше, ніж у другому. У кожному місяці першого року життя з'являються нові показники розвитку. У перший місяць дитина починає усміхатись у відповідь на звернення до неї дорослих, у чотири місяці наполегливо намагається встати на ніжки (при підтримці), до року – зазвичай, ходить.

Швидко розвиваються нервова система й психіка. Вища нервова діяльність дитини грудного віку перебуває в стадії диференціювання та вдосконалення, хоч функціонально переважає перша сигнальна система, проте починає формуватися друга сигнальна система – мова, виробляються численні умовні рефлекси.

Раннє дитинство (ясельний період, 1–3 роки) характеризується тим, що дитина починає самостійно ходити, бігати, швидко костеніє скелет, харчується тією самою їжею, що й дорослі. До двох років у дитини з'являються всі 20 молочних зубів. Збільшується головний мозок, інтенсивно розвивається мова. Тривалість фізіологічного сну поступово зменшується, функції захисного опору й адаптації до мінливих умов середовища, зокрема функція терморегуляції, продовжують розвиватись.

Після двох років абсолютні та відносні величини річних приростів розмірів тіла швидко зменшуються.

У дошкільному періоді (перше дитинство, 4–7 років) дуже швидко відбувається психічний розвиток дитини за рахунок моторики. Триває процес окостеніння скелета. У кінці періоду починається заміна молочних зубів на постійні. Продовжують розвиватися коркові та підкоркові центри головного мозку, закінчується формування чіткої мови. У цьому віці формуються риси характеру. До семи років закінчується диференціювання структури кори головного мозку, а також інтенсивний ріст маси головного мозку.

Гальмівний контроль кори мозку над інтенсивними реакціями підкірки починає розвиватися помітніше, ніж у шкільному віці.

Починаючи із шести років, у дитини з'являються перші постійні зуби: перший – моляр (великий корінний зуб) і медіальний різець на нижній щелепі.

Від одного до семи років вторинні статеві ознаки мало-виражені, переважає «тип малої дитини» з відносно великою головою, порівняно короткими кінцівками. У цьому віці мускулатура слабка, м'язи не здатні до сильних і тривалих скорочень. Тулуб чітко не поділяється на грудний і черевний відділи. Вигини хребта ще не сформовані, велика рухливість суглобів, слабо розвинений щелепний апарат. Цей період називають «нейтральним дитинством», оскільки хлопці та дівчата майже не відрізняються за розмірами й формою тіла.

Шкільний період – вирішальний період у фізичному, розумовому й духовному розвитку людини.

Молодшому шкільному періоду (друге дитинство, 8–12 років – хлопці, 8–11 років – дівчата) властиве сповільнення темпів росту (4–5 см на рік). У сім років стійкішими стають шийний і грудний вигини хребта, міцніє скелет дитини, розвиваються й сильнішають м'язи, особливо дрібні. Продовжує розвиватися функція дихання, збільшується життєва ємність легень, розвивається диференціювання кольорів і правильне сприйняття форми, підвищується здатність розрізняти тони й висоту звуку. У цей період діти починають навчатися, оволодівають грамотою, читанням, математикою. Малювання, ліплення, писання, в'язання сприяють розвитку дрібних м'язів кисті. У процесі навчання спостерігається розвиток розумових здібностей учнів.

У цей період розвиваються статеві відмінності в розмірах і формі тіла, а також починається посилений ріст у довжину. Темпи росту дівчаток швидші, ніж у хлопчиків, оскільки статеве дозрівання в дівчат настає на два роки раніше. Посилення секреції статевих гормонів (особливо в дівчат) зумовлює розвиток вторинних статевих ознак, послідовність появи яких досить постійна. У дівчат спочатку формуються молочні залози, потім з'являється волосся на лобку, дещо

пізніше – під пахвами. Матка та піхва розвиваються одночасно з формуванням молочних залоз. Меншою мірою виражений процес статевого дозрівання в хлопців: лише до кінця цього періоду починається прискорений ріст яєчок, калитки, а далі – статевого члена.

Середній шкільний вік (підлітковий, пубертатний) – це період статевого дозрівання, у якому відбуваються зміни в діяльності ендокринних залоз, особливо статевих. У хлопців він триває з 13 до 16 років, у дівчат – із 12 до 15 років. У цей час спостерігається подальше збільшення швидкостей росту – пубертатний стрибок, який торкається всіх розмірів тіла. Найбільший приріст у довжині тіла в дівчат має місце між 11 і 12 роками (у хлопців – між 13 та 14 роками), за масою – між 12 і 13 роками (у хлопців – між 14 та 15 роками). Особливо велика швидкість росту довжини тіла спостерігається в хлопців, у результаті чого в 13,5–14 років вони обганяють дівчат за довжиною тіла.

Значно посилюється процес окостеніння скелета, спостерігається збільшення м'язової сили. Маса головного мозку збільшується мало, однак дуже ускладнюється структура нервових клітин кори головного мозку. Кровоносні судини розвиваються повільніше, ніж серце, тому просвіт артерій на одиницю маси зменшується. Це може спричинити тимчасовий розлад кровообігу, унаслідок чого виникають запаморочення, тимчасове підвищення кров'яного тиску, порушення роботи серця. Такі зміни діяльності серцево-судинної системи з віком минають, але саме в підлітковий період їх потрібно враховувати в режимі праці та відпочинку. До 13 років у хлопців відбувається мутація голосу. У хлопців, порівняно з дівчатами, більш тривалий пубертатний період і сильніше виражений пубертатний стрибок росту.

У пубертатному періоді виділяють дві фази – *ранню (препубертатну)* та *зрілу (власне пубертатну)*. Препубертатна фаза починається в дівчаток у сім років, у хлопчиків – у вісім. У цей час відбувається дозрівання наднирникової коркової

зони, яка продукує статеві гормони. Спостерігається посилення секреції кортикостероїдів (продуктами обміну андрогенів), котрі стимулюють скелетне та статеве дозрівання. Спадково зумовленими параметрами в препубертатній фазі є швидкість дозрівання скелета, прорізування зубів, статевий розвиток.

У фазі власне пубертатного підперіоду відбувається дозрівання системи взаємодії гіпоталамус–гіпофіз–гонади. Знижується чутливість центрів гіпоталамусу до гальмівного впливу статевих гормонів (андрогенів та естрогенів), а також підвищується чутливість гонад до гонадотропних гормонів гіпофіза.

Статеві гормони разом з іншими факторами, зокрема соматотропним гормоном, викликають великі морфофункціональні зрушення в організмі підлітка, тому існує підвищення ймовірності відхилень показників здоров'я. У цей час швидко збільшуються розміри тіла, змінюються його пропорції. Посилено розвивається мускулатура в чоловіків та відкладається жир у жінок.

Статеві гормони здійснюють виражений ефект на біохімічні обмінні процеси, підсилюючи анаболізм, що створює базу для стрибкоподібного росту (спурт), що спостерігається в хлопчиків у 13–15 років, у дівчаток – в 11–13 років.

Варто зазначити, що в пубертатному періоді активуються й інші залози внутрішньої секреції, гормони яких відіграють важливу роль у морфофункціональній перебудові організму (щитоподібна, підшлункова залози).

На фоні зазначених біологічних перетворень у цей час підсилюються процеси психологічного й культурного дозрівання, формуються соціально-психологічні властивості особистості.

У старшому шкільному віці (юнацький період, 17–21 рік – хлопці, 16–20 років – дівчата) ще триває окостеніння в різних частинах скелета, але непропорційність у розвитку кісток скелета кінцівок і тулуба зникає. Зміцнюється м'язова система, підвищується м'язовий тонус, рухова активність і працездатність організму. Цей період збігається з періодом

статевого дозрівання, яке супроводжується змінами діяльності залоз внутрішньої секреції. У 17–18 років школяр за розвитком м'язової системи наближається до остаточно сформованого типу дорослої людини. Період статевої зрілості в жінок настає після 20 років, у чоловіків після – 22–24 років.

Зрілий вік, відповідно до прийнятої періодизації, у чоловіків – 22 роки, у жінок – 21 рік. **Перший період зрілого віку** триває до 35 років. Це – найпродуктивніша фаза в житті людини, пора, коли розвиваються її здібності, можливості їх прояву в конкретній сфері діяльності. У цей період людина здебільшого створює сім'ю, народжує й виховує дітей. У віці 30–35 років виявляються деякі зміни фізіологічних реакцій, зміни обміну, які передують інволюції та певною мірою обмежують можливості людини до окремих видів спорту та трудової діяльності.

Другий період зрілого віку триває від 36 до 60 років у чоловіків і до 55 років у жінок. У цей період життя людина намагається реалізувати себе в обраній професії. Протягом п'ятого десятиріччя відбуваються зміни, які визначають процес старіння. Одночасно вмикаються й механізми, які забезпечують перебудову організму та його адаптацію. У жінок і чоловіків настає клімактеричний період – поступове згасання функції статевих залоз, дітородної можливості.

Похилый вік починається з 61 року в чоловіків і з 56 років у жінок. Багато людей зберігають у цей період достатньо високу професійну працездатність. У людей похилого віку зменшується ємність легень, збільшується артеріальний тиск, змінюються стінки кровоносних судин, розвивається атеросклероз, знижується активність щитоподібної залози, зменшується основний обмін, відбувається інволюція статевих залоз і зниження продукції статевих гормонів. Імунні властивості організму поступово знижуються, у зв'язку з чим у людей похилого віку послаблюється механізм опору як проти збудників хвороб різної природи, так і проти власних клітин, які переродились або в яких виникли мутації.

Старечий вік у чоловіків та жінок починається в 75 років.

У цьому віці багато людей ще мають ясний розум і здатні до творчої праці.

Старіння організму. Тривалість життя людини. Із біологічного погляду, *старіння – універсальний і закономірний процес, якому властиві поступовість, неухильне прогресування, що призводить до зниження адаптаційних можливостей та життєздатності індивідуума.* До найбільш характерних зовнішніх ознак належать зменшення росту (на 0,5–1 см за п'ятиліття після 60 років), зміна форми тіла (згладжування контурів, посилення кіфозу, перерозподіл жирового компонента), зниження амплітуди рухів грудної клітки, зменшення розмірів обличчя внаслідок втрати зубів і редукції альвеолярних відростків щелеп, збільшення обсягу мозкової частини черепа, ширини носа й рота, зміни в шкірі (зменшення кількості сальних залоз, товщини епідермісу, сосочкового шару шкіри, посивіння волосся).

В одних системах вікові зміни виникають рано, але розвиваються повільно (наприклад у кістковій тканині), в інших – настають пізніше, але потім швидко прогресують (наприклад у центральній нервовій системі). *Траєкторію змін стану фізіологічних систем організму протягом життя називають гомеорезом.*

Для процесу старіння характерні зміни у функціонуванні важливих систем організму, зокрема регуляторних. Так, у центральній нервовій системі спостерігаються структурні (зменшення маси мозку, величини й щільності нейронів) та функціональні (зниження працездатності нейронів, зміни в електроенцефалограмі) перебудови. Відбувається зниження гостроти зору, функції слухового апарату, смаку, частково – шкірної чутливості.

Для ендокринної регуляторної системи характерне зменшення маси залоз, зниження гормоноутворювальної функції (щитоподібна, статеві залози та ін.).

Зміни виникають і в інших системах: знижується секреторна активність травних органів, життєва ємність легень, основних ниркових функцій, скорочувальна цілісність

міокарда, сповільнюється ритмічна діяльність серця; різко знижується імунний гомеостаз, кількість і функціональна активність Т-лімфоцитів. Зниження активності системи імунітету призводить до розвитку аутоімунних процесів, підвищеної можливості утворення пухлин.

На фоні регуляторних і функціональних порушень спостерігається зниження основного обміну, сповільнюється біосинтез білка, збільшується вміст жиру в крові, тканинах, знижується функціональна активність клітин, порушується проникність мембран, зростає частота генних та хромосомних аберацій. Починаючи з 30–40-річного віку, у людини знижується швидкість нервової провідності, зменшується кількість крові, яка протікає через нирки, знижується фізіологічна активність серцевого м'яза, зазнають змін колагенові й еластичні волокна, у тканинах накопичується холестерин, солі кальцію та ін. Клітини й тканини втрачають здатність до біохімічної та морфологічної регенерації.

У процесі старіння відбувається не тільки зниження функцій систем та їх дезінтеграція, а й уключення протидіючих компенсаторних механізмів. Так, при зниженні рівня секреції деяких гормонів підвищується чутливість клітин до їхньої дії.

Як і початкові етапи онтогенезу, старіння відбувається нерівномірно. Атрофія первинного органа імунітету – тимусу – розпочинається в 13–15 років, гонад у жінок – у 48–52 роки. Зрушення в кістковій системі можуть починатися рано, але розвиватися дуже довго, тоді як у центральній нервовій системі виникають і розвиваються дуже швидко. Неодночасний прояв старіння в різних системах організму називають *гетеротропністю*.

Усі зміни в організмі, що відбуваються під час старіння, можна розділити на такі види:

1) *хронобіологічні зміни* – вікові зміни тканин (чим більший термін життя, тим яскравіші такі зміни);

2) *онтобіологічні зміни* залежать від біологічного віку (наприклад зміни нейрогуморальної регуляції);

3) *видоспецифічні зміни* властиві кожному виду (наприклад зміни ферментів);

4) *індивідуальні зміни*, що притаманні окремим людям.

Люди старіють у різному віці. Тривалість життя та пристосувальні можливості в одному й тому ж віці в різних людей істотно відрізняються.

У сучасній геронтології широко використовують терміни «фізіологічне» та «передчасне» старіння.

Фізіологічне (природне) старіння характеризується визначеним темпом і послідовністю вікових змін, що відповідають біологічним, адаптаційно-регуляторним можливостям певної людської популяції.

Передчасне (прискорене) старіння характеризується швидшим розвитком вікових змін або ж більшою мірою їх прояву в певний віковий період. При передчасному старінні більш виражене обмеження пристосувальних можливостей організму, що призводить до різкого скорочення резервних можливостей функціонування органів та систем.

Найбільш вираженими проявами передчасного старіння людини є легка перевтома, зниження працездатності, ранні зміни пам'яті, емоційної сфери, репродуктивної здатності, зниження адаптаційних можливостей серцево-судинної, дихальної систем тощо. Причиною прискореного старіння можуть бути емоційне перенапруження, різні захворювання (ішемічна хвороба серця, виразкова хвороба, хронічні захворювання органів дихання, цукровий діабет та ін.), психічні стреси, радіоактивне опромінення, шкідливі звички, забруднення навколишнього середовища й багато інших факторів.

Також існує **сповільнене (ретардоване) старіння**, що призводить до збільшення тривалості життя – довголіття. У цих випадках вікові зміни з'являються значно пізніше, ніж у цілому в популяції.

За статистикою, частіше трапляється передчасне старіння, тому актуальним є пошук засобів профілактики та лікування захворювань, що прискорюють старіння, оздоровлення довікл-

ля, пропаганда здорового способу життя, раціонального харчування, рухової активності.

Старіння, або рецесивний розвиток, – результат послідовних вікових змін. Їх характером і швидкістю визначається *тривалість життя*.

Тривалість життя будь-якого організму обмежена певною, характерною для кожного виду часовою межею. Наприклад, тривалість життя вишні – 100 років, дуба – 2000, сосни – до 3000 років. Серед тварин довгожителами є деякі види птахів – до 100 років, слони живуть близько 100 років. Тривалість життя людини залежить від багатьох причин, але вона, як у будь-якого іншого біологічного виду, має свої межі.

Для людини виділяють *природну тривалість життя*, під якою розуміють *кількість років, довше яких людина не може жити навіть за ідеальних умов довкілля*.

Під *видовою тривалістю* розуміють *той вік, до якого потенційно можуть дожити 80 % представників виду*.

Французький біолог Ж. Бюффон розрахував, що тривалість життя людини повинна перевищувати тривалість її росту в 6–7 разів, що становить близько 120–140 років. Усі наступні розрахунки за різними критеріями були близькі до цієї цифри. Уважають, що природна тривалість життя є кількісною видовою ознакою та залежить від генотипу, становить 120–150 років, проте до 100-річного віку доживають лише окремі індивіди.

Середня тривалість життя певної групи, яка переривається смертністю, є *показником здоров'я нації*.

За останніх 100 років тривалість життя людей збільшилася на 14 років. На земній кулі середній термін для жінок становить 73 роки, для чоловіків – 64 роки, загальна тривалість життя – 69 років. Середня тривалість життя людини в економічно розвинутих країнах становить близько 70–78 років (перше місце займає Японія (78,3), тоді як на початку кам'яного віку вона не перевищувала 18 років (наприклад у Стародавньому Римі середній вік становив 28–30 років, 40-річних уважали старими, 60-річні готувалися до жертвоприношення). Такому збільшенню сприяло покращення гігієнічних

умов життя, зменшення дитячої смертності, значні успіхи в медицині в боротьбі з інфекціями, досягнення хірургії, зниження загальної смертності та ін.

На тривалість життя істотно впливають іонізуюча радіація, хімічні мутагени, стресові ситуації й інші ушкоджуючі фактори. На сьогодні запропоновано понад 200 гіпотез, що пояснюють причини й механізми старіння, які в цілому зводять до двох концепцій.

Перша концепція розглядає старіння як процес, що викликає нагромадження в організмі ушкоджених молекул, які накопичуються та порушують нормальне функціонування організму.

Згідно з другою концепцією, старіння – це закономірно, генетично запрограмований процес, що завершує диференційований ріст, дозрівання.

Найімовірніше, ці дві концепції потрібно поєднати, оскільки вони доповнюють одна одну. Очевидно, що генетично запрограмоване не старіння, а тип обміну речовин, від якого залежить темп руйнування органів і систем.

Популярною у світі є адаптаційно-регуляторна теорія старіння (В. Фролькіс, 19), згідно з якою старіння – руйнуючий, імовірнісний процес, що розвивається в організмі з генетично запрограмованими властивостями.

Поряд зі старінням в організмі відбуваються процеси *вітаукта*. *Вітаукт – процес стабілізації життєдіяльності організму, що підвищує його надійність, спрямований на попередження ушкодження живих систем із віком та збільшення тривалості життя*. На процеси старіння й вітаукта впливають як ендогенні, так і фактори довкілля, що зумовлює пошук оптимального способу життя, екологічних умов, що сповільнюють темпи старіння.

Темп вікових змін визначається співвідношенням старіння та вітаукта. Механізми вітаукта можуть бути розділені на дві групи.

1. *Генотипові* – генетично запрограмовані механізми:
а) система антиоксидантів, які зв'язують вільні радикали;

б) система мікросомального очищення печінки, що знешкоджує токсичні речовини; в) система репарації ДНК, яка ліквідує ушкодження цієї молекули; г) антигіпоксична система, що попереджує розвиток глибокого кисневого окислення.

2. *Фенотипові* – механізми, що виникають упродовж усього життя завдяки процесам саморегуляції та сприяють збереженню адаптаційних можливостей організму: а) появу багатоядерних клітин; б) збільшення розмірів мітохондрій; в) гіпотрофію й гіперфункцію окремих клітин в умовах їх часткової загибелі; г) підвищення чутливості до медіаторів в умовах послаблення нервового контролю.

Важливою демографічною проблемою більшості економічно розвинутих країн є поступове старіння людства на землі. Припускається, що у світі у 2025 р. чисельність людей віком 60 років і старших, порівняно з 1950 р., зросте у п'ять разів, а людей старших 80 років – у сім разів. Хворі старшого віку становлять значну частину контингенту лікувальних установ. У багатьох країнах кількість літніх людей перевищує 15 %, у деяких країнах – навіть 20 % і має тенденцію до подальшого зростання.

Люди похилого віку стали окремою демографічною, соціальною та медико-біологічною категорією. У демографічній характеристиці мають значення такі показники.

Демографічне навантаження – це кількість особин похилого й старечого віку при розрахунку на 1000 осіб населення.

Індекс довгожителів визначається числом довгожителів при розрахунку на 1000 осіб населення у віці 60 років та більше.

Довгожителі – це активна частина людей старечого віку. У межах СНД 70 % зареєстрованих довгожителів у віці 100 років проживають на Кавказі або в Закавказзі, 10 % – у Середній Азії, інші 20 % – на території Росії, України, Молдавії.

Показники довголіття в жінок вищі, ніж у чоловіків, але серед людей старших 100 років чоловіків більше, ніж жінок. Довгожителі є в районах із холодним і теплим кліматом, у горах і на рівнинах. Достовірним доказом довгожителівства

служить існування нащадків у п'ятому поколінні. Важливим вважають і те, що низка показників стану їхнього здоров'я така сама, як у людини, на 20–30 років молодшої. Спостереження за довгожиттєвими популяціями дали змогу виявити сповільнені темпи соматичного й статевого дозрівання, менш виражену вікову еволюцію скелета, нижчий основний обмін у зрілому віці.

Звичайно, окремі системи організму в довгожителів функціонують краще, ніж у звичайних людей у віці 75–80 років (наприклад система кровообігу, стан мозкових судин, електрична активність мозку мають менш виражені вікові зміни). Психологічна оцінка довгожителів указує на їхню комунікабельність.

Довгожителі – далеко не завжди здорові люди. У них може бути декілька захворювань артеріальна гіпертонія, атеросклероз та ін. Водночас їх відрізняє високий рівень процесів працездатності.

Світовий рекорд довгожителів становить 180 років, його досяг осетин Тепсе Абзие. Албанець Худне помер у віці 170 років, абхазець Халара Кнута прожив 155 років. Усі вони мешкали в екологічно чистій місцевості, харчувалися здоровою їжею, пили чисту воду, багато рухалися. Характерно, що всі довгожителі ведуть осілий спосіб життя. За законами геронтології, вони не переносять змін. Довше живуть високоінтелектуально розвинуті люди, які багато та інтенсивно працюють. Демокріт прожив 109 років, Гіппократ, Тиціан та Шоу – 94, Мікеланджело – 89, Л. М. Толстой – 82 роки. Айвазовський і Тиціан після 90 років написали прекрасні картини, Шоу – п'єси, Гете, Пікассо, Стравінський, Рубінштейн і у 80 років створювали шедеври. І. П. Павлов у цьому віці писав наукові праці.

Статистичні дані свідчать про те, що на тривалість життя негативно впливають паління, надлишкове вживання алкоголю, переїдання, що призводить до ожиріння, неправильний режим харчування, сон менше чи більше восьми годин, гіподинамія, несприятливе екологічне та соціально-економічне

довкілля. Велике значення має й стан психіки: щасливі люди, задоволені своїм життям і хорошим соціальним становищем, живуть довше.

Середня тривалість життя жінок, як правило, вища, ніж чоловіків. Певною мірою це пояснюється соціальними факторами: особливостями праці чоловіків, пов'язаної з ризиком травматизму, шкідливими звичками (алкоголь, паління). Можливо, наявність двох Х-хромосом у жінок забезпечує вищу надійність генетичного апарату.

Для феномену довголіття мають значення як спадкові, так і чинники середовища, що взаємозв'язані. Надається значення й конституції людей. У сім'ях довгожителів спостерігається невисока дитяча смертність. Істотне значення для тривалості життя має вік батьків на момент народження дитини: чим він більший, тим менша ймовірність довгожителства. Це пояснюється наростанням із віком мутацій у генетичному апараті статевих клітин батьків. Незважаючи на те, що тривалість життя спадково запрограмована, реалізація цієї програми залежить від умов зовнішнього середовища.

Збільшення частки літніх людей викликало інтерес до *геронтології* (від грец. *geron* – старий, *logos* – учення) – *науки, що вивчає закономірності старіння живих організмів (вищих тварин та людини), а також окремі його аспекти: біологічні, медичні, психологічні, соціальні, економічні* (Мечников, 1903). Геронтологія вивчає закономірності старіння живих істот, зокрема людини, вікові біологічні зміни різних структур головного мозку, особливості взаємозв'язків між ендокринними органами, характерні для старіння, зміни імунної системи, процеси старіння сполучної тканини тощо.

Геронтологія включає три основні розділи:

– *біологію старіння* – розділ геронтології, що об'єднує вивчення процесу старіння живих організмів (вищих тварин і людини) на різних рівнях їхньої організації: субклітинному, клітинному, тканинному, органному та системному. Біологія старіння вивчає механізми нормального старіння тварин і

людини, причини розвитку патологічних процесів, властивих старіючому організму;

– *геріатрію* – учення про захворювання людей похилого та старечого віку; вивчає виникнення, розвиток, діагностику, лікування й попередження вікової патології, особливості захворювань у похилому віці, а також організацію медико-соціальної допомоги особам старших вікових груп;

– *соціальну геронтологію*, що вивчає вплив умов життя на процеси старіння та старіючу людину й розробляє заходи, спрямовані на усунення негативного впливу факторів зовнішнього середовища для максимального продовження активного та повноцінного життя людини. Це вчення про взаємозв'язок між віком старіючої людини, її здоров'ям і працездатністю в умовах навколишнього середовища.

На сьогодні учені-геронтологи світу працюють над проблемою збільшення тривалості життя людини. Розв'язання цієї проблеми здійснюється двома шляхами: соціально-медичним, що ставить перед собою завдання забезпечити людям середню тривалість життя, і біологічним, кінцева мета якого – збільшення тривалості репродуктивного періоду, коли процеси старіння організму не позначаються на його діяльності.

В Україні й далеко за її межами відомі наукові досягнення Інституту геронтології АМН України (м. Київ). Одне з ключових питань геронтології – установити роль генетичних чинників у старінні. Існує група спадкових хвороб, за яких передчасне старіння – основна нозологічна ознака. Ці хвороби називаються «прогерії».

Прогерія – це патологічний стан, який характеризується комплексом змін шкіри, внутрішніх органів та обумовлений передчасним старінням організму. Основними формами є *дитяча прогерія* (синдром Гетчінсона-Гілфорда) та *прогерія дорослих* (синдром Вернера).

Дитяча прогерія спостерігається дуже рідко (у світі зареєстровано 48 випадків), етіологія й патогенез невідомі. Ця хвороба здебільшого є результатом кровноспоріднених шлюбів, що свідчить про аутосомно-рецесивний тип успадкування.

У клітинах шкіри хворих виявлені порушення репарації ДНК та клонування фібробластів, а також атрофічні зміни епідермісу й дерми, зникнення підшкірної клітковини. Прояви цієї хвороби з'являються на 2–3 році життя. Різко сповільнюється ріст дитини, шкіра стає тонкою, сухою, з'являються зморшки. Спостерігається атрофія м'язів, дистрофічні процеси в зубах, волоссі та нігтях; помітні зміни в опорно-руховому апараті, міокарді, порушується жировий обмін, мутніє кришталік, з'являється атеросклероз. Діти, котрі мають цю хворобу, доживають до 15 років і помирають від захворювань, які спостерігаються в людей похилого віку.

Прогерія дорослих також трапляється досить рідко, її частота – один випадок на 10 мільйонів. Має аутосомно-рецесивний тип успадкування. Припускають, що цей процес пов'язаний із порушеннями репарації ДНК. Клінічні прояви з'являються в період статевого дозрівання. Спостерігається сповільнення росту, атрофія підшкірної клітковини, тоншає епідерміс, у результаті чого руки та ноги стають тонкими, волосся – сивим і випадає, розвивається катаракта. Більшість людей, котрі мають це захворювання, помирають від атеросклеротичних ускладнень чи злоякісних новоутворень.

Завершальною фазою онтогенезу є *смерть*. У людини розрізняють *природну (фізіологічну) смерть*, що настає внаслідок старіння, а також *передчасну (патологічну)*, яка буває під дією захворювань або внаслідок нещасного випадку.

Смерть – це неодномоментний процес, який можна розділити на два етапи. Перший – клінічна смерть, для якої характерні втрата свідомості, припинення дихання та серцебиття, більшість органів продовжують активно функціонувати. Негайні реанімаційні заходи ще можуть оживити людину, бо протягом цього періоду немає незворотних порушень процесу обміну речовин у клітинах головного мозку.

Через 4–6 хв після припинення серцевої діяльності та дихання виникає так звана *соціальна смерть*, коли гинуть клітини кори головного мозку. Якщо в цей час удалося оживити людину, вона залишиться розумово неповноцінною, у

неї зникнуть набуті умовні рефлекси й не виникатимуть нові. Стан клінічної смерті поступово змінюється *біологічною смертю*. Вона настає не одночасно у всіх органах, що залежить від чутливості клітин до кисневого голодування. Найбільш чутливі до нестачі кисню нервові клітини головного мозку. Незворотні порушення в них настають через 6–7 хв. Для подовження стану клінічної смерті без переходу в біологічну використовують *гіпотермію* – зниження температури тіла через його охолодження.

Розділ медицини, що займається оживленням людей, які перебувають у стані клінічної смерті, називається *реанімацією* (оживленням). На сьогодні розроблено основні принципи реанімації, створено відділення реанімації, що дає змогу врятувати життя великій кількості людей.

Критичні періоди онтогенезу. Внутріутробний розвиток організму є складним, добре скоординованим поєднанням процесів ділення клітин, їх міграції, взаємодії, генної регуляції та диференціювання. Порушення будь-якого з них може викликати вади розвитку зародка. Відомо, що приблизно половина зародків не доживає до народження, причому в більшості з них порушення в розвитку виявляються на дуже ранніх стадіях. Такі зародки не можуть імплантуватися в стінку матки або в ній закріпитися. Вони спонтанно абортуються, і це може відбуватися до того, як жінка дізнається про свою вагітність.

Дефекти легень, кінцівок, рота можуть бути не виявлені, оскільки є безпечними для плода, що міститься в організмі матері. Проте після народження нормальна життєдіяльність організму не можлива. Приблизно 5% усіх дітей, які народилися, мають відхилення в розвитку, одні з яких негативно впливають на розвиток, інші – сумісні із життям. Вроджені дефекти є основною причиною дитячої смертності, складаючи близько 21% останньої. Вони також займають п'яте місце серед причин укорочення потенційної тривалості життя до 65 років і є основною причиною непрацездатності. Причини вроджених вад у 40–60% випадків залишаються не вста-

новленими. Смертність, викликана вродженими дефектами, приблизно однакова в азіатів, африканців, американців, латиноамериканців, європейців та американців.

Наука про природжені порушення розвитку при спадкових аномаліях називається *тератологією* (від грец. *teras* – чудовисько, виродок), а чинники, відповідальні за їх виникнення, – *тератогенами*. Тератогени можуть діяти протягом певних критичних періодів розвитку, що характеризуються найбільшою швидкістю розвитку. **Критичні періоди – це періоди найменшої стійкості (резистентності) зародків до факторів зовнішнього середовища.** Природжені аномалії або вроджені вади розвитку – це *тератоми*.

П. Г. Светлов сформулював теорію критичних періодів розвитку та перевірів її експериментально. Суть цієї теорії полягає в утвердженні загального положення, що кожний етап розвитку зародка в цілому і його окремих органів починається відносно коротким періодом якісно нової перебудови. У критичні періоди ембріон найбільш чутливий та сприятливий до різноманітних шкідливих впливів різної природи. Усебічне вивчення критичних періодів показує, що вони збігаються з активним морфологічним диференціюванням, із переходом від одного періоду розвитку до іншого, зі зміною умов існування зародка.

У розвитку людини П. Г. Светлов підкреслює велике значення таких критичних періодів: *імплантації* (6–7 доба після зачаття), *плацентажії* (кінець другого місяця вагітності) і *пологів*. Критичні періоди пов'язані з різкою зміною діяльності всіх систем організму матері (змінюється характер кровообігу, газообміну, живлення тощо). Крім того, є критичні періоди розвитку окремих органів на різних етапах розвитку зародка (плода) людини.

Є підстави вважати, що різні гени починають функціонувати на різних стадіях онтогенезу, які збігаються з критичними періодами. Під впливом негативних факторів фізичної й хімічної природи виникають порушення нормального розвитку, які нагадують мутації.

Ранні стадії ембріогенезу (до 60 доби) вважаються критичними в цілому для всього організму. На пізніших стадіях такі періоди існують і для окремих органів. Наприклад, для формування серця критичним вважають період між третім та четвертим тижнями внутрішньотробного розвитку; для розвитку зовнішніх статевих органів – між восьмим і дев'ятим тижнями (рис. 3). Мозок і скелет чутливі до шкідливих чинників у всі періоди розвитку, починаючи з третього тижня після зачаття до кінця вагітності та навіть після народження дитини. Зовнішні фактори, до яких особливо велика чутливість у критичні періоди, можуть прискорювати, сповільнювати або зовсім призупиняти розвиток. При цьому одні й ті самі порушення розвитку можливі при дії різних чинників, що свідчить про неспецифічну відповідь організму, який розвивається, на несприятливі фактори.

До найбільш небезпечних критичних періодів розвитку відносять:

- 1) час розвитку статевих клітин – овогенез і сперматогенез;
- 2) момент злиття статевих клітин – запліднення;
- 3) імплантацію зародка (4–8 доба ембріогенезу);
- 4) формування зачатків осьових органів (головного й спинного мозку, хребетного стовпа, первинної кишки) та формування плаценти (3–8-й тижні розвитку);
- 5) стадія посиленого росту головного мозку (15–20 тижнів);
- 6) формування функціональних систем організму та диференціювання сечостатевого апарату (20–24 тижні пренатального періоду);
- 7) момент народження дитини й період новонародженості – перехід до позаутробного життя; метаболічна та функціональна адаптація;
- 8) період раннього й першого дитинства (від двох до семи років), коли закінчується формування взаємозв'язків між органами, системами та апаратами органів;

9) підлітковий вік (період статевого дозрівання – у хлопців із 13 до 16 років, у дівчат – із 12 до 15 років); одночасно зі швидким ростом органів статевої системи активується емоційна діяльність.

Вивчення критичних періодів в ембріогенезі показує необхідність захисту материнського організму від шкідливих факторів, особливо на ранніх стадіях вагітності. Умови існування зародка в цей час позначаються на його ембріональному розвитку, а отже – на всьому наступному періоді життя.

П. Г. Светлов, досліджуючи критичні періоди в розвитку організмів, виділив три групи дій зовнішнього середовища:

- шкідливі дії зі смертельним результатом або ті, які призводять до різних патологій;
- модифікуючі дії, що спричиняють відхилення від норми, які не мають патологічного характеру;
- закономірна дія середовища, що забезпечує «норму розвитку»: кисневе забезпечення, живлення, температура.

Ступінь реалізації зовнішніх дій багато в чому залежить від самого організму, кожен період розвитку якого характеризується своїми індивідуальними особливостями пристосування (адаптації) до певних специфічних умов середовища й своїм рівнем стійкості до її різноманітних шкідливих впливів.

Загальної думки в оцінці критичних періодів не існує. Одні дослідники вважають, що найбільш чутливі до негативного впливу середовища ранні стадії розвитку, які відрізняються найбільшою однотипністю реагування. У міру розвитку організму специфічність відповідей на дію зовнішнього середовища посилюється. На думку інших, ембріони мало піддаються впливу зовнішніх дій, але якщо відбувається навіть незначна зміна яких-небудь структур і функцій на початкових етапах розвитку зародків (характер дроблення, склад рідини в бластоцелі), то вони можуть вплинути різноманітно, причому в геометричній прогресії, на

формування тисяч різних ознак дорослих організмів. Зміни, що відбуваються з організмом під впливом середовища, будуть проходити навіть при незначних порушеннях, що лежать в основі тієї чи іншої функції, та викликатимуть великі видимі зміни.

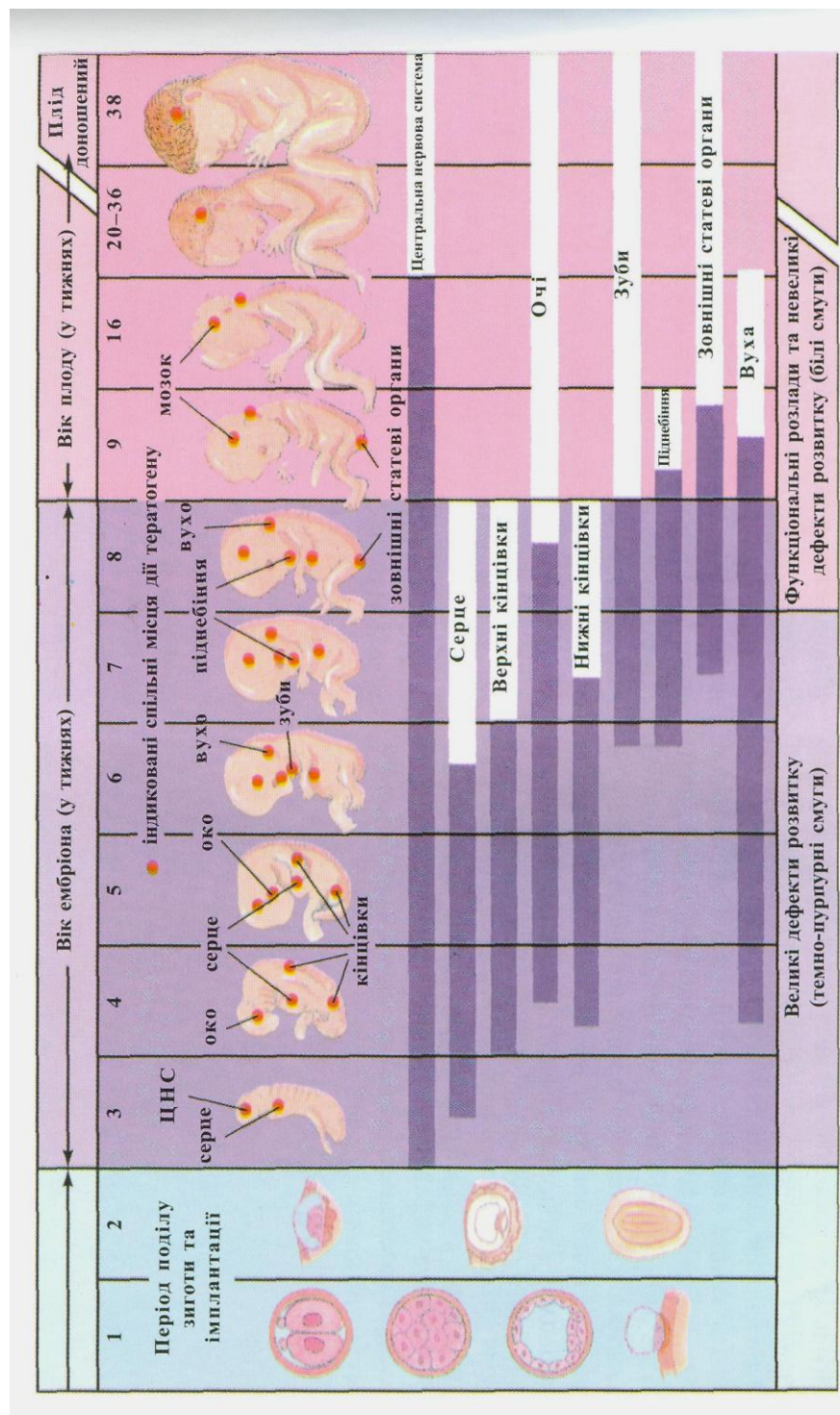


Рис. 3. Чутливість зародка людини до дії тератогенних факторів (темними відрізками позначено періоди найбільшої чутливості, світлыми – найменшої чутливості)

Існують також специфічні тератогенні впливи на ріст і розвиток. До одного з класів тератогенів відносять чинники, що викликають генні мутації, такі, наприклад, як іонізуюча радіація та лікарські засоби (антибіотики). Вони можуть викликати розрив хромосом і змінювати структуру ДНК, що може стати причиною вкорочення або редукції кінцівок, роздвоєння піднебіння, сильного розумового відхилення при нормальному розвитку тулуба.

Низка вроджених захворювань обумовлена наявністю зайвих хромосом. Наявність зайвої X-хромосоми у 21-й парі викликає синдром Дауна, розумову відсталість, вади серця, недорозвинення м'язової системи. Наявність лишньої хромосоми в людині чоловічої статі спричиняє недорозвинення сім'яників, стерильність, слабкий розвиток вторинних статевих ознак, характерну статуру, відкладення жиру за жіночим типом, відсутність бороди й вусів, затримку розумового розвитку тощо.

Тератогенами можуть бути також віруси. Зокрема, у жінок, які перенесли в першій третині вагітності краснуху, народжувалися діти з катарактою, хворобами серця й глухотою. Чим раніше вірус краснухи вражає вагітну жінку, тим більший ризик порушень розвитку зародка. Інфікування зародка на ранньому етапі розвитку вірусом герпесу, званого в народі «лихоманкою», може мати летальний результат. Зараження цим вірусом на пізнішій стадії може призвести до сліпоти, глухоти, церебрального паралічу, затримки розумового розвитку дитини. Із таким же результатом діють на організм, що розвивається, й інші мікроорганізми (наприклад збудник сифілісу), які, проникаючи через плаценту, спричиняють смерть зародка вже на ранніх стадіях розвитку. Вони можуть викликати глухоту, ураження мозку, органів зору й на пізніших стадіях.

Показано, що у вагітних жінок, котрі приймають алкоголь, його концентрація в крові плода така ж, як і в матері. При цьому можлива ціла група порушень, відома під назвою *алкогольного синдрому плода*. При вживанні вагітними

алкоголю в кількості, більшій ніж 50–85 г на добу, у їхніх дітей спостерігається відставання у фізичному й розумовому розвитку, що проявляється в дефектах розвитку голови (маленькі очі, товсті щоки, короткий ніс із широким переніссям, тонка верхня губа), кінцівок, сплюсненій верхній щелепі, підвищеній збудливості та ослабленій здатності до навчання, у порушеннях серцево-судинної системи. Вражаюча дія алкоголю, як і більшості наркотичних речовин, максимальна протягом перших трьох місяців вагітності. У батьків, котрі зловживають алкоголем, діти й після народження можуть відставати в розвитку, частіше та важче хворіють, багато хто з них гине в ранньому віці. Чим швидше після прийому алкоголю відбувається зачаття, тим пагубніший його вплив на організм, що зароджується. Аналогічну, а іноді й сильнішу, дію надають наркотики. Паління значно знижує кількість і рухливість сперматозоїдів у сім'яниках чоловіків.

Індустріальне суспільство виробляє сотні нових штучних речовин, які включаються в загальне споживання. Так, хімічні сполуки, що використовуються для захисту рослин і сільськогосподарських продуктів, – пестициди й інші отрути, потрапляючи в організм вагітної жінки, наприклад із їжею, викликають порушення нервової системи, зокрема головного мозку, що відображається на поведінці дітей.

В останні роки відкриваються все нові й нові прояви тератогенної дії різних ліків. Навіть передозування деяких вітамінів, наприклад вітаміну А, може призвести до порушень розвитку плода: відсутності вух або появи дефектів слуху, відсутності чи зменшення щелеп, розщепленого піднебіння (вовча паща), аномального розвитку дуги аорти, неповноцінного тимусу й різних аномалій центральної нервової системи.

Ендокринні захворювання у вагітних часто спричиняють самовільний аборт чи порушення морфологічної та функціональної диференціації органів плода, які визначають високу ранню дитячу смертність. Тератогенний ефект доведено для цукрового діабету. Діабетична ембріопатія проявляється комплексом уроджених вад, із яких 37 % – вади кістково-

м'язової системи, 24 % – вади серця та судин, 14 % – вади центральної нервової системи. Вади розвитку дітей при цукровому діабеті матері спостерігаються в 6 % випадків.

Відома залежність стану здоров'я від віку батьків. Наприклад, уроджені вади опорно-рухової та дихальної систем дещо частіше виникають у дітей юних матерів, ніж у 22–35-річних. У дітей, чиї матері старшого віку, збільшується кількість множинних вад і розладів центральної нервової системи. Найбільш чітка залежність від віку матері спостерігається у випадках народження дітей із трисоміями: у віці 35–39 років – один випадок на 185, у віці 40–44 роки – один випадок на 63, а після 45 років – один випадок на 24 народжених.

Отже, на всіх етапах ембріонального розвитку під впливом різноманітних факторів можуть виникати відхилення від норми, від незначних до тяжких вад розвитку.

Вплив спадковості та зовнішнього середовища на ріст і розвиток людини. Усі структурні й функціональні зміни організму людини в різні вікові періоди здійснюються під впливом спадковості та умов зовнішнього середовища. Спадковість (генетичний код) визначає потенційні можливості фізичного й розумового розвитку індивідуума. Одні гени контролюють життєво важливі функції, інші – процеси диференціювання та морфогенезу.

Від особливостей генотипу та впливу навколишнього середовища залежить інтенсивність ростових процесів. З особливостями генотипу пов'язана низька довжина тіла африканських пігмеїв (від 125 до 150 см) і висока – у людей племені ватусси (у середньому 2 м), при середній довжині тіла європейців – 170 см (чоловіків – 175 см, жінок – 165 см). Проте в кожній із груп, що характеризуються тією або іншою середньою довжиною тіла, трапляються окремі індивідууми, у яких цей показник може значно відрізнятись від середньої норми. Відхилення можуть виникати внаслідок дії на організм різних чинників середовища, що викликають через генетичний апарат клітин зміни в нервово-гуморальній регуляції росту й

розвитку, зокрема через зміни кількості гормонів, які контролюють ростові процеси.

На ріст і розвиток дитини впливають такі фактори зовнішнього середовища, як харчування, емоційні та соціально-економічні чинники, положення дитини в сім'ї, якість стосунків із батьками, вихователями, учителями, товаришами, рівень культури суспільства. Ці фактори можуть порушувати, обмежувати ріст і розвиток дитини, а можуть, навпаки, стимулювати їх. Такі впливи відбуваються на всіх рівнях людського організму: молекулярному, клітинному, тканинному, органному, системному.

Середовищем визначається, у яких межах цей індивідуум може реалізувати свої спадкові можливості. Так, із дитини, яка одержала спадково прекрасну статуру та хорошу координацію рухів, може вийти олімпійський чемпіон, якщо вона ростиме в сприятливих умовах, що забезпечать їй хороше харчування та відповідне тренування. Інша дитина з такою ж спадковістю, але позбавлена нормального харчування й занять спортом, не зможе повною мірою реалізувати свої спадкові завдатки. Аналогічним прикладом може бути розвиток розумових здібностей дитини, для розвитку яких необхідне забезпечення відповідною освітою. Разом із тим ніякі, навіть найсприятливіші умови середовища не дадуть можливості особистості вийти за межі спадкових задатків, що є в неї: середовище лише сприяє або, навпаки, перешкоджає реалізації спадкових можливостей.

Поняття «середовище» для людського організму включає не тільки чисто соціальні фактори, такі як фізичне виховання й освіта. У пренатальний період умови середовища для плода створюються материнським організмом. Запліднена яйце-клітина успадковує задатки, закладені в неї статевими клітинами. Проте розвиток зародка визначається тими умовами, які може надати йому материнський організм. Тому здоров'я матері – запорука нормального розвитку плода.

У період закладки органів (органогенезу) великою мірою проявляються мутації. Розвиток кожного органа, і тим більше системи органів, контролюється сукупною координованою

дією сотень генів. У людини відомо понад 120 форм спадкової глухоти, яка виникає в результаті мутацій генів, що відповідають за формування слухового аналізатора. Описано також близько 250 спадкових вад очей, близько 150 спадкових аномалій розвитку скелета. Не менше 18 генів відповідають за нормальну диференціацію статі. Про порушення генетичного контролю над процесом онтогенезу свідчать численні хвороби, пов'язані з геномними й хромосомними мутаціями.

Хоча середовище не може змінити основний спадковий тип розвитку цього покоління, проте за наявності певних умов здатне здійснити вплив на статеві клітини таким чином, що призведе до змін спадкового тягаря нащадків. Більшість факторів, що спричиняють шкідливу дію на організм, не впливають на статеві клітини, проте сильнодіючі чинники (наприклад радіаційне опромінення) можуть викликати зміни хромосом статевих кліток, унаслідок чого виникатимуть мутації, що передаються спадково та є, як правило, несприятливі. Хоча способи виправлення багатьох генетичних порушень поки не розроблені, сучасна медицина може правильно діагностувати на стадії пренатального розвитку більшість хвороб, пов'язаних із порушеннями в генах і хромосомах. Для профілактики спадкових порушень надзвичайно важливим є виявлення причин, що викликають «помилки розвитку».

До основних факторів, що впливають на постнатальний ріст та розвиток організму, можна віднести такі.

1. Гормони, що сприяють росту. Соматотропний гормон гіпофіза (СТГ), або гормон росту (ГР), стимулює хондрогенез, тиродні гормони більшою мірою впливають на остеогенез. Базальна концентрація гормону росту в плазмі крові в нормі в дорослих коливається від 0 до 3 нг / мл. У дітей вона несуттєво вища. Виділення гормону росту зменшується в старшому віці, тому особливий інтерес становить його введення для протиполишення процесів старіння. Вплив СТГ на показники росту є незначним у дітей до 2–3 років, проте особлива його участь важлива в період від трьох до 11 років. СТГ сприяє росту всіх

тканин організму. Гормон росту збільшує «пісну» масу тіла й зменшує жирові відкладення, однак не зумовлює статистично вірогідного підвищення м'язової сили чи розумового розвитку.

Максимальний рівень секреції гормону росту виникає з помітною регулярністю під час сну, проте значення відношень між гормоном росту та сном досі не вивчено. Виділення гормону росту збільшене в осіб, які повільно засинають, і пригнічене під час нормального швидкого сну.

Тироксин стимулює остеогенну активність і посилення дозрівання кісток. Найбільший ростовий ефект тироксина проявляється в перші п'ять років життя, пізніше – у препубертатному й пубертатному періодах. У зрілого організму цей гормон відіграє важливу роль в обміні речовин.

Андрогени діють переважно в препубертатному та пубертатному періодах, посилюючи розвиток м'язової тканини, енхдральне окостеніння й хондропластичний ріст кісток. Дія андрогенів як стимуляторів росту є короткочасною. Пубертатний ростовий стрибок полягає в сумачії двох ефектів: системи гормону росту та тироксина й нового стимулятора – андрогенів надниркових залоз та гонад. Після пубертатного прискоренням росту андрогени впливають на закриття епіфізарних зон росту, призупиняючи ростові процеси.

2. *Харчування* є досить важливим фактором розвитку. Значний дисбаланс харчування, що призводить до нестачі незамінних амінокислот, вітамінів і мінеральних компонентів, як і порівняно помірної калорійної їжі, можуть викликати затримку росту дітей. Помірний харчовий дефіцит впливає лише на швидкість росту, викликаючи триваліший термін росту й дозрівання, пізніше настає статевий розвиток; проте кінцевий ріст дитини не обов'язково зменшиться. Значна харчова недостатність не компенсується подовженням терміну розвитку та призводить до низькорослості й збереження «дитячих» пропорцій тіла. Голодування дитини перших тижнів і місяців життя гальмує паралельно із ростом нормальну активність клітин головного мозку й може призвести до зменшення маси мозку зі зменшенням його функціональних

можливостей у подальші періоди життя. Аналогічно цьому голодування підлітка може позначитися на формуванні статевій сфері та виявитися порушенням її функцій у зрілому віці. Дефіцит деяких харчових компонентів (наприклад вітамін А, цинк і йод) вибірково порушує процеси росту дітей.

3. *Фізичне навантаження.* Рухова активність, починаючи із зиготи, є важливим чинником, що стимулює ріст і розвиток організму. На всіх подальших стадіях розвитку зберігається роль м'язової та рухової активності як провідного фактора онтогенезу. Рухова активність, що забезпечує достатні механічні навантаження на кістку, – необхідний фактор для повноцінного формування її структур; навантаження прямо визначають активацію функції остеобластів і мінералізацію остеїду. За наявності механічного навантаження ріст у довжину й поперечне потовщення кістки можуть бути адекватними навіть при дещо меншому рівні забезпеченості кальцієм, фосфором і вітаміном D. Особливо значущу стимуляцію ростових процесів дають такі фізичні навантаження, як рухومی ігри (волейбол і баскетбол). Проте надмірне вертикальне навантаження, що виникає, наприклад, при перенесенні тяжкості, володіє ефектом гальмування росту.

4. *Сон* відіграє важливу роль у дозріванні кісткової тканини. Під час сну відбуваються всі основні метаболічні та клітинні перебудови, що визначають ріст дитячого скелета й диференціовальні процеси в тканинах, оскільки уві сні переважають анаболітичні процеси над катаболітичними.

5. *Емоційний стан.* Психічна перенапруженість, депресія, травма завжди призводять до гальмування росту. Наприклад, такі психологічно важкі для дитини ситуації, як початок відвідування дитячого садка або школи можуть загальмувати ріст на декілька тижнів. Шкільні невдачі або сімейні конфлікти можуть призводити до значного відставання в рості. Це пов'язано з тим, що при домінуванні стану тривоги та депресії включаються нейроендокринні механізми й, передусім, відбувається активація симпатико-адреналової системи, що при-

зводить до блокування процесів росту та розвитку дітей. Навпаки, позитивні емоції сприяють реалізації програми росту.

6. *Хвороби та їх вплив на ріст.* Повторні гострі захворювання (дихального тракту, дитячі інфекції, кишкові захворювання) можуть на тривалий термін порушити нормальний рівень процесів анаболізму дитячого організму. При хронічних захворюваннях, що супроводжуються розладами мікроциркуляції в тканинах, хронічною гіпоксемією, циркуляцією різних токсинів у крові, також можуть погіршуватися ріст і розвиток дитини.

7. *Місце існування.* Жаркий клімат та умови високогір'я володіють гальмуючим впливом на процеси росту, але одночасно можуть істотно прискорювати дозрівання дітей. Відомі коливання швидкості росту – його прискорення весною й гальмування в осінньо-зимові місяці – у зв'язку із сезонами року. Сезонність росту зобов'язує будувати оцінки швидкості росту дітей дошкільного та шкільного віку передусім на підставі річної динаміки. Оцінка росту за менші терміни може бути помилковою.

8. *Алкоголь* робить на розвиток організму надзвичайно шкідливий вплив. Під дією алкоголю різко змінюються властивості клітинних мембран, їх проникність, що призводить до порушення функції клітин у цілому; страждає слизова оболонка травного тракту й дихальних шляхів. При цьому виникають хронічні захворювання, що сприяють розвитку злоякісних новоутворень. У людей, котрі зловживають алкоголем, у вісім разів збільшується ризик розвитку злоякісних пухлин, різкі зміни наявні в печінці (виникає цироз, при якому в печінці розростається сполучна тканина, що призводить до порушення всіх функцій цього органа). Особливо сильну дію має алкоголь на нервову систему: його згубна дія виявляється як при безпосередній дії на нервову тканину, так і побічно, через збільшення здатності тромбоутворення. В останньому випадку нервові клітини гинуть у результаті закупорки тромбом найдрібніших судин мозку, що супроводжується порушенням кровопостачання окремих його ділянок.

В алкоголіків відбувається зменшення об'єму мозку, його зморщування. Порушуються всі вищі функції мозку: відбувається погіршення розумових здібностей, пам'яті, уваги, порушується здатність логічно мислити, відбувається повна деградація особи. Негативно діє алкоголь на статеві клітини: навіть невеликі дози викликають у них патологічні зміни, що надалі призводить до народження дітей із різними вадами розвитку та, як правило, із різко порушеним психічним розвитком. Значний негативний вплив має алкоголь на ще не сформований організм. Для дітей смертельна доза алкоголю, віднесена до одиниці маси, у п'ять разів менша, ніж для дорослих. Відомо, що діти, яких годувала грудьми мати, котра зловживає алкоголем, гинули в ранньому віці або різко відставали у фізичному й розумовому розвитку. У дітей швидше, ніж у дорослих, розвивається пристрасть до алкоголю, що свідчить про неприпустимість споживання дітьми навіть найменших доз алкогольних напоїв.

10. Інші фактори, що впливають на ріст дітей, наприклад порядковий номер вагітності та пологів, термін настання пологів, маса новонародженого до моменту його народження, вік матері. Проте їх вплив вивчений недостатньо.

Слід зазначити, що деякі несприятливі впливи, що порушують нормальну швидкість росту дитини, можуть бути згодом нейтралізовані в результаті феномену «компенсуючого росту» – прискореного росту, що настає після ліквідації несприятливої дії. Проте компенсуючий ріст спостерігається далеко не у всіх випадках затримки, а його механізми істотно відрізняються від нормального, характеризується тимчасовим характером і неповним відновленням росту в дітей, які перенесли його гальмування. Саме тому потрібно попереджати порушення ростових процесів.

Фізичний та психічний розвиток дітей і підлітків. Формування людського організму продовжується після народження та завершується до 22–25 років. У періоди росту та розвитку організму збільшуються маса й поверхня тіла з одночасним розвитком функцій органів і систем.

Під фізичним розвитком розуміють комплекс функціонально-морфологічних властивостей організму, який визначає його фізичну дієздатність. До цього поняття входять такі фактори, як здоров'я, рівень аеробної та анаеробної потужності, сила, м'язова витривалість, координація рухів, мотивація тощо.

Фізичний розвиток дитини – це фізіологічне дозрівання клітин, тканин, органів і всього організму. Поняття фізичного розвитку дітей є значно ширшим та включає співвідношення комплексу морфофункціональних властивостей із віком біологічного розвитку дитини. При цьому ступінь фізичного розвитку дитини на будь-якому етапі онтогенезу порівнюється з нормою (усереднені показники морфофункціональних властивостей для цього віку дитини).

До показників фізичного розвитку відносять довжину й масу тіла, окружності (кола) голови та грудної клітки. Їх називають *антропометричними показниками*. Для кожного вікового етапу характерна їх певна величина.

Розрізняють *три види фізичного розвитку*:

– **гармонійний фізичний розвиток** між зростом, масою тіла й об'ємом грудної клітки;

– **дисгармонійний фізичний розвиток** – спостерігається тоді, коли маса та об'єм грудної клітки відстають від зросту тіла чи є невеликі жирові відкладення;

– **різко дисгармонійний фізичний розвиток** – спостерігається коли маса тіла й об'єм грудної клітки відстають від довжини тіла чи перебільшують її внаслідок надлишкових жирових відкладень.

Зміни показників фізичного розвитку, що відбуваються в різні періоди росту організму, неоднакові за своєю інтенсивністю. Найбільше збільшення всіх показників спостерігається на першому році життя дитини. У дівчаток максимальні зміни більшості показників фізичного розвитку здійснюються швидше (у 7, 9, 11 і 13 років), ніж у хлопчиків (у 8, 10 і 12 років). Швидкість росту особливо інтенсивно збільшується в період статевого дозрівання. Видовження тіла закінчується в дівчат у 16–17 років, у хлопців – у 18–19 років.

Упродовж усього періоду внутріутробного розвитку, а також дитячого віку розвиток організму відбувається нерівномірно. Верхня частина тіла випереджає в рості та розвитку нижню, а центральні частини (голова й тулуб) розвиваються швидше за периферичні відділи (кінцівки) (рис. 4). У період статевого дозрівання кінцівки ростуть швидше, ніж голова та тулуб.

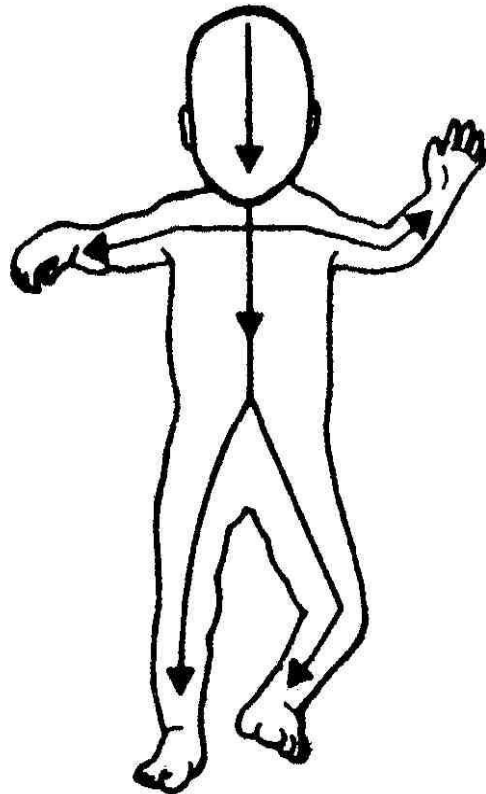


Рис 4. Фізичний розвиток дитини проходить у двох напрямках: від голови до нижніх кінцівок – верхні частини тіла розвиваються швидше за нижні; ділянки тіла, розміщені ближче до центру, розвиваються раніше від периферичних.

Загалом визначають основні закони росту дітей:

1) *швидкість росту* – віддзеркалення системного процесу розвитку. Збільшення тіла дитини – індикатор або засіб для моніторингу розвитку дитячого організму в цілому. Так, для дитини зі сповільненим ростом скелета одночасно притаманні більш чи менш виражені сповільнений ріст і диференціювання головного мозку, скелетних м'язів, міокарда та інших внутрішніх органів;

2) *чергування напрямів росту* (періодів витягування й округлення): кожна окрема кістка й скелет у цілому ростуть послідовно, змінюючи фази росту в довжину та в товщину;

3) *нерівномірність змін швидкості росту*;

4) *статева специфічність темпу росту*. Відмічено тенденцію до швидшого росту скелета у хлопчиків (виключенням є лише короткий період другого витягування, який настає у дівчаток раніше). Проте, швидкість дозрівання скелета після 2–3 років у дівчаток вища, що є віддзеркаленням їх швидшого біологічного розвитку, який простежується у всіх фізіологічних системах і органах.

5) *асиметрія росту*. При право- або ліворукості дитини ініціація ростових процесів і деяке їх випередження завжди відбувається на стороні домінуючої ручної умілості.

б) *уповільнення швидкості росту з віком*. Найвищі темпи росту відбуваються в період пренатального розвитку, у постнатальному періоді – у перші місяці життя, далі поступово сповільнюються та завершуються після статевого дозрівання.

Досягнення зрілості – тривалий процес. Серед вищих ссавців у людини найтриваліше дитинство, протягом якого відбувається розвиток мозку й становлення психічних функцій – мови, мислення, свідомості, для нормального розвитку яких потрібне спілкування з іншими людьми. На розвиток дитини здійснюють вплив харчування, догляд, клімато-географічні фактори, сім'я, школа, подвір'я, на якому вона зростає, оточуючі предмети, люди (діти та дорослі), життєві події й інше. Усе це має значення не лише для фізичного розвитку, а й надзвичайно важливе для адекватного психічного розвитку дитини, для чого необхідні не лише сприятливі обставини в сім'ї, дитячому колективі, але й любов найближчих людей –

батьків, друзів та ін. Для дитини однаково шкідливі як надмірна увага, так і її занедбаність.

Позитивний вплив на ріст і розвиток організму має явище *гетерозису* (від грец. *heteroiosis* – перетворення), або «гібридної потужності», що проявляється в підвищенні показників росту, прискореному розвитку, більшій тривалості життя та репродуктивного періоду, у більшій стійкості до інфекцій. Причини вдалого поєднання генів і їх взаємодії переважно в гібридів першого покоління сьогодні не встановлені. Відомо, що гетерозис особливо часто трапляється в людей, батьки яких належать до різних національностей і до шлюбу перебували географічно розмежовані. Звідси зрозуміло, що нині, коли вдосконалення засобів зв'язку, міграція населення в інші країни дає змогу долати географічну ізоляваність, гетерозис починає виконувати особливо важливу роль в еволюційному розвитку людського суспільства.

При споріднених шлюбах часто виникає протилежне явище: діти слаборозвинені фізично, схильні до інфекційних захворювань, часто виникають спадкові захворювання, характерна мала тривалість життя.

Показники росту та розвитку дітей одного календарного (паспортного) віку можуть значною мірою відрізнитися, тому сучасна система формування дошкільних і шкільних груп дітей за календарним віком не зовсім виправдана. Ураховуючи можливість затримки в розвитку або випереджаючий розвиток, що особливо часто трапляється в останні десятиліття, потрібно визначати біологічний вік людини, який відображає ріст, розвиток, дозрівання, старіння організму й визначається сукупністю його структурних, функціональних і пристосувальних особливостей. У більшості дітей вік календарний та біологічний збігається.

Фізичний розвиток дітей і підлітків пов'язаний з удосконаленням їхньої психіки, тому нерідко порушення фізичного здоров'я відбиваються на здатності дитини до навчання. Саме хворі діти часто відстають у навчанні. Тому за допомогою простих методів оцінки фізичного розвитку та здоров'я можна виявити певні захворювання в дітей. Початкові стадії захво-

рювань можна виявити за динамікою реактивності й резистентності дитячого організму.

Реактивність – здатність організму відповідати на подразнення адекватними реакціями. Характер відповіді організму визначається особливостями його функціональних процесів, тому на одне й те саме подразнення організм може відповідати протилежними реакціями.

Резистентність – стійкість організму до подразнень шкідливих факторів зовнішнього середовища. Резистентність забезпечується спеціальними, виробленими в процесі еволюції біологічними механізмами, що характеризуються стійкістю людини до впливу інфекційних уражень (мікроби, віруси), переохолодження, факторів, які травмують психіку, тощо.

Реактивність та резистентність дитини є біологічними властивостями, але їх формування залежить не лише від спадковості. Остаточне «шліфування» цих особливостей організму здійснює середовище.

Вікові зміни довжини тіла. Середня довжина тіла новонароджених дівчаток становить 52,2 см, хлопчиків – 52,6 см; за перший рік життя вона збільшується на 25 см, на другому році вона зростає на 10–15 см, на третьому – на 8 см. Потім до шести років щорічна надбавка довжини тіла складає 4–5 см.

Збільшення довжини тіла в 6–7-річному віці на 8–10 см одержало назву напівростового (або ростового) стрибка. У період статевого дозрівання (11–14 років) відбувається ростовий (II ростовий), або пубертатний, стрибок (рис. 5). Довжина тіла при цьому зростає протягом першого року відразу на 11–12 см, а в останній рік – на 6–7 см.

Збільшення довжини тіла, як і маси, протягом кожного року відбувається циклічно: найінтенсивніше збільшуються показники росту в літні місяці, тоді як збільшення маси переважно спостерігається в осінній період.

Вікові зміни пропорцій тіла. У новонародженого довжина голови складає $\frac{1}{4}$ частину загальної довжини тіла, у 2-річного – $\frac{1}{5}$, у 6-річного – $\frac{1}{6}$, а в дорослого – $\frac{1}{8}$. У новонароджених довжина верхніх і нижніх кінцівок приблизно однакова – $\frac{1}{3}$ довжини тіла. До семи років довжина ніг із 18 см подовжуються до 62,0–63,0 см, довжина рук збіль-

шується до семи років (52–54 см). Значно менше змінюється довжина тулуба: до восьми років – 36,9 см (у новонародженого – 21,2 см).

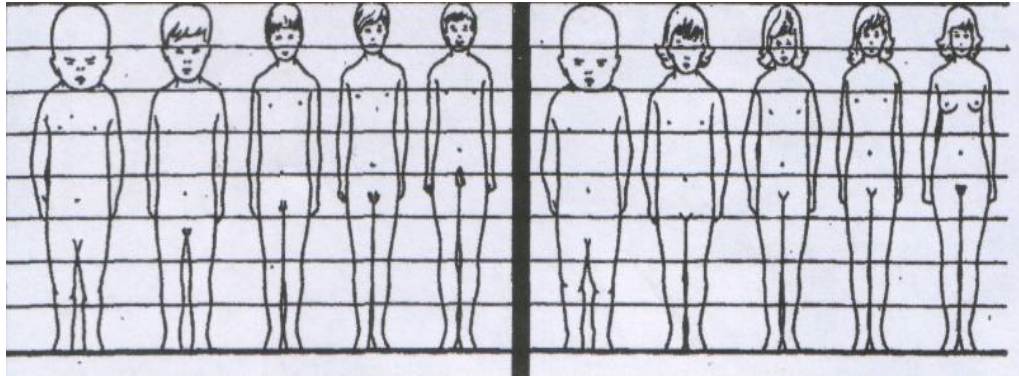


Рис. 5. *Зміна пропорції тіла в дівчат і хлопців*

За весь період розвитку довжина нижніх кінцівок збільшується в п'ять разів, рук – у чотири рази, а тулуба – у три рази (табл. 3).

Таблиця 3

Періоди росту людини

(за Г. Фанконі й А. Вальгреном, зі змінами)

Період життя й активного росту	Вік, роки	Співвідношення довжини голови й довжини тіла
Грудний	4–12 міс.	Довжина голови в чотири рази менша за довжину тіла
Перше округлення (перший ріст у ширину)	2–4	Довжина голови в п'ять разів менша за довжину тіла
Перше витягування (у довжину)	5–7	Довжина голови в шість разів менша за довжину тіла
Друге округлення (другий ріст у ширину)	8–10	Довжина голови в 6,5 раза менша за довжину тіла
Друге витягування (у довжину)	11–15	Довжина голови в сім разів менша за довжину тіла
Дозрівання	16–20	Довжина голови у вісім разів менша за довжину тіла
Зрілий вік	20–24	Те саме

Вікові зміни маси тіла. Вага тіла новонароджених дівчаток становить у середньому 3,4 кг, хлопчиків – 3,5 кг (табл. 4). Відразу після народження вага новонародженого зменшується приблизно на 200 г, а потім починає інтенсивно зростати: за перший місяць життя маса збільшується на 600 г, за другий і третій – на 800 г, а в кожен наступний (до одного року) щомісячне збільшення на 50 г менше, ніж у попередній місяць. Отже, первинна вага тіла дитини до 4–4,5 міс. приблизно подвоюється, а до року – потроюється й становить 10,3 кг для хлопчиків і 9,8 кг – для дівчаток. За перший рік життя відбувається збільшення маси тіла (6–7 кг), за другий – 2–3 кг, у подальші три роки – 1,5–2 кг, а на 6–7 роках життя – знову зростає. Пік швидкості збільшення маси тіла в дівчаток припадає на 13 років (5,0–5,5 кг за рік), а в хлопчиків – на 15 років (5,5–6,5 кг за рік).

Таблиця 4

Усереднені показники довжини, маси і площі поверхні тіла людей у різні вікові періоди постнатального онтогенезу

Показник	Вікові періоди / стать (ч – чоловіки, ж – жінки)										
	немовля		8 років		10 років		12 років		14 років		
	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж	
Довжина тіла, см	50,8	55,0	126,3	126,4	136,3	137,3	143,9	147,8	157,0	157,3	
Маса тіла, кг	3,5	3,4	26,1	25,6	32,9	31,8	35,8	38,5	46,1	49,1	
Площа поверхні тіла, см ²	2200		8690		9610		10 750		12 290		
16 років	18 років		20 років		22 роки		24 роки		24-60 років		
ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж	ч	ж
169,8	160,2	172,3	161,8	173,6	162,8	174,4	162,7	174,7	162,8	174,5	162,6
59,1	56,8	67,6	56,8	70,2	57,1	71,8	57,3	71,9	57,5	71,7	56,7
14 300		15 850		16 800		17 255		17 535		18 000	

Окружність грудної клітки в новонародженого становить 34–36 см. За перший рік збільшення складає 11–13 см, за другий – 3–3,5 см, за третій – 2–2,5 см. До шести років цей

показник досягає в середньому 58 см (56,9 см – у дівчаток і 59,1 см – у хлопчиків). Максимальне збільшення окружності доводиться на пубертатний період, причому хлопці за цим показником значно переважають дівчат.

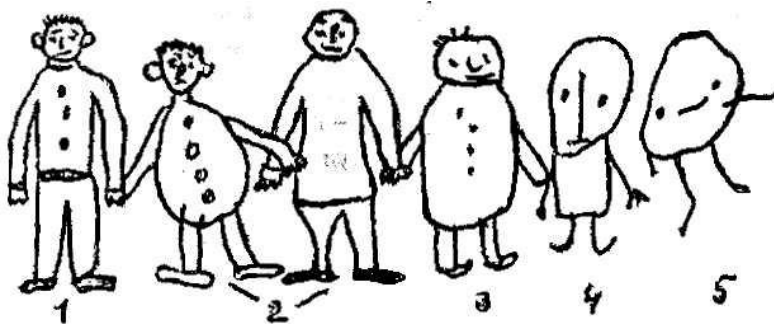
Окружність голови в новонародженого становить 35–36 см, до першого року життя – 46–47 см, до п'яти років – досягає 50–51 см.

Визначення готовності дітей до навчання в школі. Проблема визначення готовності дитини до навчання в школі є досить актуальною. Початок навчання в школі є переломним моментом життя, який викликає зміну стереотипів, вироблених у дошкільних закладах і сім'ї. Тривалі й систематичні навчальні заняття, значне статичне навантаження, вимоги режимного й дисциплінарного характеру, призвичаювання до життя та спілкування в колективі, постійне оцінювання педагогами навчальних досягнень і поведінки – усе це супроводжує першокласника від початку його шляху до здобуття середньої освіти.

Під **шкільною зрілістю** розуміють **особливий стан морфофункціонального розвитку дитини, який здатний забезпечити комплексне пристосування її організму без шкоди для здоров'я до систематичних навчальних занять.** Шкільну зрілість визначають за антропометричними показниками, функціональним станом різних органів і систем організму (ураховують частоту серцевих скорочень, артеріальний тиск, рівень обміну речовин, кількість постійних зубів та ін.; відсутність хронічних захворювань й інших значних порушень у стані здоров'я). А також за рівнем розумової працездатності, розвитку мови (ступінь розвитку образного мовлення, достатності запасу слів, умінням будувати поширені речення, відсутністю виразних дефектів звуковимови), моторики, довільної уваги тощо. Наукові дослідження дають підставу вважати, що в значній частині дітей 6-річного віку основні фізіологічні системи є достатньо зрілими та готовими до умов навчання. На думку психологів, перехід до систематичного навчання стимулює подальший розвиток психіки дитини, її пізнавальної й особистісної сфер.

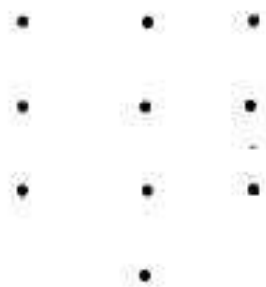
Проте діти одного календарного віку можуть суттєво відрізнятися за рівнем морфофункціональної зрілості, що вимагає необхідності при вступі до школи враховувати не лише їхній календарний, а й біологічний вік.

Одним із найчастіше використовуваних тестів на шкільну зрілість є тест *Керна* в модифікації *Ірасека* (*Керна-Ірасека*), що дає змогу створити загальне враження про рівень психічного розвитку дитини, а саме: ступінь зрілості сенсомоторики, рівень координації пальців рук, рухливість нервових процесів тощо. Він полягає в тому, що дітям пропонують виконати три завдання: намалювати людину, скопіювати фразу з трьох коротких слів (наприклад «спати бо час») і змалювати 10 крапок, розміщених у формі п'ятикутника (рис. 6). За кожне завдання виставляється оцінка: найвищою оцінкою вважається 1, найменшою – 5. Рівень «зрілості» визначається за сумарною кількістю балів, яку одержить дитина, виконавши всі три завдання: у зрілих дітей загальна оцінка складає 3–5 балів (готові до систематичного навчання), у середньозрілих – 5–9 балів (указує на необхідність пильнішої уваги до таких дітей у процесі навчання, хоча вони також вважаються готовими до школи), у незрілих – 10 і більше (свідчить про неготовність дитини до навчання в школі).



Визначення шкільної зрілості за результатами зображення фігури людини (тест Керна-Ірасека)

У балах: 1 – фігура має такі елементи: голову, очі, вуха, ніс, рот, волосся, тулуб (з одягом), шию, кінцівки з пальцями; 2 – фігура може не мати окремих елементів: волосся, пальців; 3 – при зображенні фігури допускається відсутність шиї, вух, волосся, одягу, пальців; 4 – прямилине зображення фігури; 5 – головонога фігура



Він їв суп

Визначення шкільної зрілості за результатами копіювання крапок та перемальовування простої фрази (тест Керна-Гразека)

У балах: 1 – букви відповідають зразку або відрізняються за розміром не більше ніж удвічі, прописна буква вища, між словами є відстань, нахил букв управо не перевищує 30 градусів; 2 – фразу можна прочитати, але немає єдиного нахилу букв; 3 – зображено правильно не менше ніж 4 букви; 4 – набір штрихів; 5 – плутане зображення.

Рис. 6. *Визначення шкільної зрілості за тестом Керна-Гразека*

Діти, які готові до навчання в школі, повинні намалювати фігуру людини з головою, тулубом і кінцівками, зобразивши деталі – ніс, вуха, очі, рот, волосся, шию, пальці; точно скопіювати десять крапок, довівши цим здатність до наслідування; написати фразу, відтворивши при цьому штрихи букв, їх нахил та поставивши крапку в кінці фрази.

Згідно з дослідженням, проведеними за вищевказаними тестуваннями, існують такі дані: у віці п'ять років 90 % дітей належить до незрілих, у шість років – 51 %, у 6,5 років – 32 %, у сім років – 13 %, у вісім років – 2 %; причому у віці 5,5–6,5 років більша кількість незрілих дітей простежується серед хлопчиків, у сім років таких відмінностей уже не відзначено. Незрілі діти менш здатні адаптуватися до нових для них шкільних умов: у них нижча розумова працездатність, велика стомлюваність, триваліший період адаптації до навчальної діяльності.

Ще одним способом визначення фізичної готовності дитини до шкільних навантажень є «філіппінський» тест визначення шкільної зрілості. Дитину просять дістати правою рукою ліве вуха, причому рука повинна охоплювати голову зверху (рис. 7). Якщо дитина добре справляється із завданням, тобто пальці руки дістають вуха й при цьому положення голови залишається прямим, то це свідчить про достатню «зрілість» і готовність дитини до систематичного навчання. Коли дитина не може дотягнутися рукою до вуха або ж нахилиє голову, щоб виконати завдання, це свідчить про неповну готовність дитини до шкільного навчання. Очевидно, що тест простий у використанні й може бути застосований не лише психологами чи педагогами, а й батьками, оскільки причиною шкільної незрілості, разом із патологією вагітності та пологів, можуть бути такі чинники, як низький культурний рівень батьків, погані побутові умови тощо.

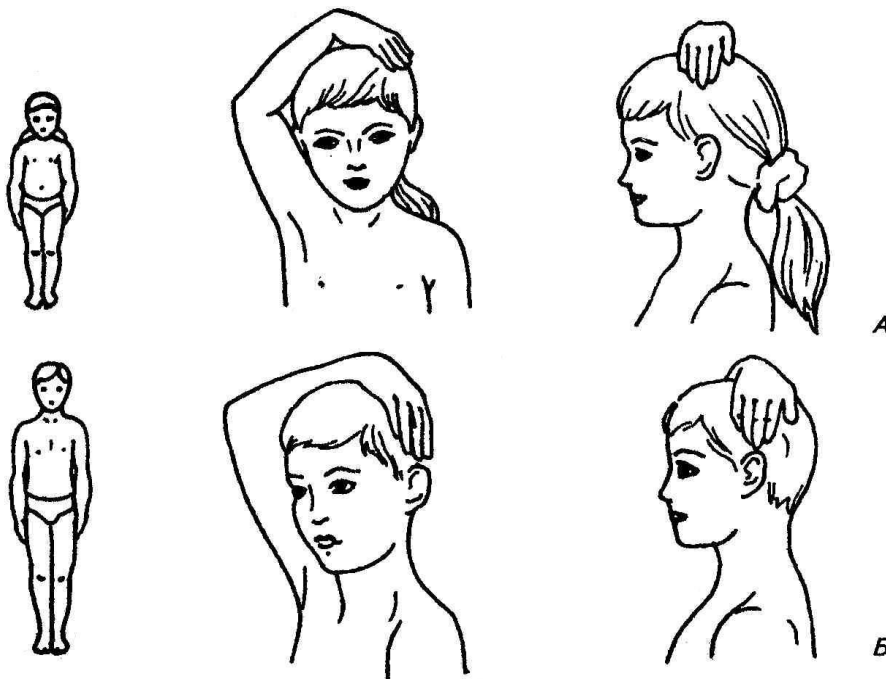


Рис. 7. Філіппінський тест визначення шкільної зрілості
А – незріла дитина, Б – шкільної зрілості досягнуто)

Вивчення розвитку дітей показало, що ранній початок навчання в школі не позначається негативно на формуванні психічних і фізичних функцій організму, який розвивається. У 6–7-річних дітей за перший рік навчання надбавки ваги й довжини тіла, а також обхвату грудної клітки були однаковими. Причому, якщо частину часу діти перебувають у стані рухової активності, такі функціональні показники, як сила м'язів і життєва ємність легень, збільшуються в дітей із шести до семи років більшою мірою ніж у дітей, котрі залишаються в цьому віці в дитячому саду. Не було істотної різниці в 6-річних школярів, порівняно з дітьми цього ж віку, які відвідували дитячий садок.

Для 6-річних першокласників потрібна спеціальна організація режиму дня: менша тривалість уроку, збільшення рухової активності, денний сон, раціональне харчування, тривале перебування на повітрі. При недотриманні цих умов можливі порушення в розвитку дітей, особливо в осіб із уже наявною затримкою в розвитку. У той же час правильна організація процесу навчання дітей у школі із шести років сприяє їхньому розвитку й швидшому переходу з категорії незрілих у середньо-зрілі та зрілі.

Акселерація та ретардація розвитку. *Акселерація розвитку* – (від латин. *Accleratio*) – *прискорення фізичного розвитку та функціональних систем організму дітей і підлітків.*

У ХХ ст. у розвинених країнах відмічена акселерація, тобто прискорення росту й розвитку дітей у всіх вікових періодах, починаючи з внутрішньоутробного. Наприклад, за останні 40–50 років довжина тіла новонароджених збільшилася на 1–2 см, а дітей одного року – на 4–5 см, середній ріст 15-річних осіб за останні 100 років став більший на 20 см. Відбувається також і активний розвиток м'язової сили, швидшав термін біологічного дозрівання, про що свідчать раніші терміни появи ядер окостеніння, прорізування постійних зубів, статевого дозрівання.

Розрізняють гармонійний і дисгармонійний типи акселерації. До першого відносять дітей, у яких і антропометричні показники, і біологічна зрілість вищі за показники для цієї вікової групи, до другого – дітей, у яких виявляється посилений ріст тіла в довжину без прискорення статевого розвитку або раннє статеве дозрівання без посиленого росту в довжину.

Відзначені істотні зміни у фізичному розвитку дітей та підлітків у різних країнах незалежно від географічного положення, клімату, раси. Їх називають також *секулярним трендом*, або *віковою тенденцією*. Узагалі під цим терміном розуміють не лише збільшення розмірів тіла дорослих людей, а й збільшення тривалості життя, пізніше – настання менопаузи в жінок, зміни у швидкості розвитку психічних функцій і низку інших змін у розвитку людини.

Акселерація виявляється вже у внутріутробному періоді розвитку та добре виражена в новонароджених. Так, маса тіла дітей при народженні за останні 100 років стала більшою на 100–300 г. Збільшилися довжина й вага тіла 6-місячних та однорічних дітей: за останні 75 років вага тіла 6-місячних дітей збільшилася на 500 г, довжина тіла – на 1,5 см; однорічні діти стали на 5 см довшими й на 1,5–2 кг важчими. В останні десятиліття окостеніння скелета завершується на 1–3 роки швидше від установлених раніше термінів, швидше з'являються постійні зуби; статеве дозрівання дівчат закінчується в 16–17 років, хлопців – у 18–19 років. Доросла людина нині на 10 см вища, ніж 100 років тому.

Існують різні причини акселерації – зовнішні, середовищні (краще, збалансоване харчування, заняття спортом, рівень радіації тощо) і спадкові.

Різні теорії пояснюють явище акселерації. Одні вчені пов'язують її з посиленням ультрафіолетовим опроміненням, вважаючи, що сучасні діти більше піддаються дії сонячної радіації (*геліогенна теорія*). Інші пояснюють акселерацію впливом гормонів, треті – дією на організм посиленої космічної радіації та магнітних хвиль. За деякими даними, акселерація зумовлена збільшенням споживання білків (*аліментарна теорія*), вітамінів і мінеральних солей (*внутрігенна теорія*).

Існують припущення й про те, що явище акселерації виникло в результаті дії на організм несприятливих чинників, які мають місце в міських умовах життя (високий темп, шум та ін.). Є теорії, що пояснюють акселерацію генетичними чинниками. При цьому зміну довжини тіла пов'язують із циклічними змінами в природі, що викликають спалахи підвищення росту. Насправді в історії людства можна відзначити коливання довжини тіла людини: маленькі неандертальці та великі кроманьйонці, відносно низька довжина тіла людей у середні століття й збільшення її з кінця минулого століття.

Акселерація – це результат складної взаємодії екзо- та ендогенних чинників: зміна генотипу через велику міграцію населення й появу змішаних шлюбів, характер харчування, кліматичні умови, що змінилися, науково-технічний прогрес і його вплив на екологію тощо.

Але якщо раніше процес акселерації розглядався тільки як позитивне явище, то останніми роками з'являються відомості про частішу диспропорцію розвитку в таких дітей окремих систем організму, особливо нейроендокринної, серцево-судинної.

За свідченням численних публікацій, сьогодні процес акселерації в економічно розвинених країнах сповільнюється. Немає підстави вважати, що в майбутньому очікується значне зниження віку статевого дозрівання, а також збільшення довжини тіла вище від сталої протягом тисячоліть норми середнього росту.

Ретардація розвитку (від латин. *retardatio* – сповільнення, затримка) – ***затримка фізичного розвитку та формування функціональних систем організму дітей і підлітків, біологічні механізми якої вивчені недостатньо.*** Припускають, що важливе значення мають *ендогенні* (спадкові, вроджені та набуті в постнатальному онтогенезі органічні ураження) й *екзогенні* (різноманітні фактори соціального походження) причини.

Отже, людський організм безперервно росте та розвивається, паралельно з чим здійснюється морфологічна диференціація й функціональна спеціалізація певних тканин і частин тіла. Цей якісний фактор визначається змінами структури, складу та функцій організму, змінюється нерівномірно до формування дитини як дорослого індивіда. Індивідуальний розвиток відбувається відповідно до генетично обумовленої послідовності, яка реалізується при взаємодії організму з умовами середовища. Перехід від одного етапу розвитку до іншого здійснюється в короткі відрізки часу, які називають критичними періодами онтогенезу. У їх визначенні провідне значення має швидкість (час) розвитку фізіологічної функції. Отже, поряд із гармонійним розвитком існують етапи найрізкіших анатомо-фізіологічних перетворень. Актуальною є проблема сповільнення процесів біологічної, психологічної та соціальної інволюції й подовження активного довголіття.

Питання для самоконтролю:

1. Вікова періодизація.
2. Поняття про онтогенез.
3. Пренатальний онтогенез, характеристика основних етапів.
4. Найхарактерніші риси постнатального періоду розвитку людини.
5. Тривалість життя людини.
6. Старіння організму.
7. Критичні періоди онтогенезу.
8. Показники фізичного розвитку дитини. Вікові зміни.
9. Поняття про шкільну зрілість.
10. Акселерація та ретардація росту й розвитку дітей та підлітків.

РОЗДІЛ 3

МОРФОФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ В РІЗНІ ПЕРІОДИ ОНТОГЕНЕЗУ

Роль руху у фізичному та психічному розвитку дітей.

Опорно-рухова система забезпечує рух організму в просторі, що є однією з основних функцій організму для його існування. Немає жодної форми людської діяльності, яка б протікала без руху. За висловом І. М. Сеченова (1952), усе безкінечне різноманіття зовнішніх проявів психічної діяльності походить від одного лише явища – м'язового руху. У людини з функціями опорно-рухового апарату пов'язано те, що забезпечило їй перевагу перед іншими представниками органічного світу: власне людські якості – працю та мову, що є важливими руховими силами антропогенезу.

Функціональна активність організму людини й тварин характеризується різноманітними руховими актами. Поперечно-посмуговані м'язи забезпечують скорочування серця, переміщення тіла в просторі (локомоції), рухи очних яблук, ковтання, дихальні рухи, а також рухливий компонент мови та ін. Гладенькі м'язи входять до складу стінок судин, бронхів, сечового й жовчного міхурів, шлунково-кишкового тракту та інших внутрішніх органів, а також шкіри.

Розвиток організму і його зв'язок із навколишнім середовищем неможливі без вищеназваних та інших форм рухової активності, прояв яких здійснюється при постійній взаємодії з вегетативними органами, тканинами й внутрішнім середовищем.

Рух – важливий фактор нормального розвитку дитини. Уже в ембріональному періоді рухова активність значною мірою випереджає темпи загального розвитку організму, ще більшого значення вона набуває в постнатальному розвитку. Майже 50 % часу дитина проводить у русі. Обмежувати її рухову активність – значить гальмувати розвиток дитини.

Постійне м'язове навантаження сприятливо впливає на розвиток організму: покращується стан серцево-судинної та дихальної систем, збільшується маса головного мозку, покращується його функціональний стан.

Особливо важливу роль відіграє рух у психічному розвитку дитини. За даними М. М. Кольцової (1973), існують *дві форми впливу рухів на функції мозку*:

1) *специфічна* – пов'язана з тим, що рухові ділянки головного мозку є необхідним елементом його діяльності як цілого;

2) *неспецифічна* – пов'язана із впливом руху на працездатність коркових клітин, підвищення якої сприяє формуванню нових умовно-рефлекторних зв'язків та функціонуванню старих; провідне значення належить рухам рук, особливо тонким рухам пальців: так, діти в результаті тренування тонких рухів пальців досить швидко володіють мовою.

Отже, рух дитини є не лише важливим фактором фізичного розвитку, але необхідний для розвитку власне людських функцій – мови й мислення, тобто, рух є необхідним фактором нормального психічного розвитку дитини.

Загальні відомості про скелет людини. До системи органів руху й опори відносять сукупність кісток, з'єднання між ними та скелетні м'язи. Кістки – пасивна частина опорно-рухової системи, а скелетні м'язи – активна, яка приводить кістки в рух. Маса «живого» скелета становить 14–20 % від маси тіла людини. Твердий скелет складається з 206–210 кісток, 33–35 кісток із яких – непарні (хребці, крижова кістка, куприк, деякі кістки черепа й грудина); решта кісток – парні. М'який скелет утворюють сполучнотканинні структури: зв'язки, апоневрози, фасції, міжкісткові перетинки.

У скелеті людини розрізняють *осьовий скелет* (хребетний стовп (32–34 хребці), грудну клітку (24 ребра й грудина), череп (29 кісток)) та *скелет кінцівок* (верхні кінцівки з плечовим поясом (64 кістки) і нижні кінцівки з тазовим поясом (62 кістки)) (рис. 8). За допомогою скелета тіло зберігає певну форму, забезпечується опора всій масі тіла. Скелет, до якого прикріплені внутрішні органи, захищає їх від різноманітних пошкоджень: у

черепі розміщуються головний мозок та органи чуттів, у хребті – спинний мозок; груднина й ребра захищають легені та серце. Кістки скелета виконують рухову функцію, зумовлену тим, що при скороченні прикріплених до них м'язів кістки виконують роль важелів. Скелет є резервуаром неорганічних речовин (кальцію, фосфору та магнію), а також бере активну участь в обміні речовин, зокрема в підтриманні на певному рівні мінерального складу крові. Скелет – депо мінеральних солей і мікроелементів, впливає на мінеральний обмін, а м'язи, депонуючи глікоген, беруть участь у вуглеводневому обміні. Кістка є пасткою та безпечним депо для чужорідних іонів, наприклад важких металів.

Кістки скелета – місце розташування червоного кісткового мозку, що належить до кровотворних органів (кровотворну функцію виконують переважно плоскі кістки, у губчастій тканині яких міститься червоний кістковий мозок).

Будова кістки. *Кістка* – це вид сполучної тканини, до якої відносять хрящову й кісткову тканини. *Хрящова тканина* містить до 70–80 % води, 10–15 % органічних речовин, 4–7 % солей. Майже 50–70 % сухої речовини хряща складає колаген.

У дорослої людини маса хряща становить близько 2 % від маси тіла (суглобові хрящі, міжхребцеві диски, хрящі носа, вушної раковини, гортані, трахеї, бронхів і ребер; також хрящі покривають суглобові поверхні кісток, зменшуючи коефіцієнт тертя в суглобах, а також виконують роль амортизаторів). Хрящі не мають нервів, лімфатичних і кровоносних судин, їх живлення здійснюється за допомогою дифузії з охрястя.

Хрящова тканина складається з клітинних елементів і міжклітинної речовини. У хрящі присутні клітини двох типів – хондробласти й хондроцити. *Хондробласти* – це молоді, здатні до мітотичного поділу клітини, що синтезують компоненти міжклітинної речовини (протеоглікани, колаген, еластин тощо). Хондробласти – невеликі за розміром, круглої або овальної форми, їх цитолема утворює численні мікворсинки. Ці клітини мають добре розвинуту ендоплазматичну сітку (гранулярну й агранулярну), комплекс Гольджі, багато міто-

хондрій, лізосом, гранул глікогену. У ядрі хондробласта є багато активного еухроматину, 1–2 ядерця.

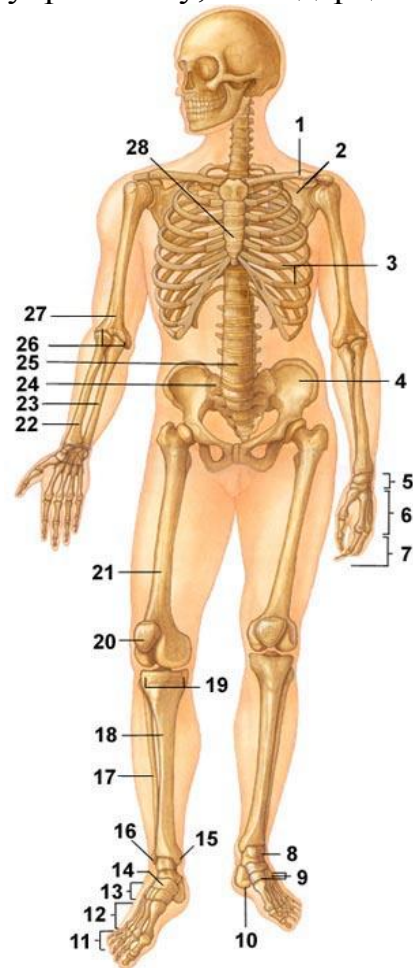


Рис. 8. Скелет людини:

1 – ключиця; 2 – лопатка; 3 – ребра; 4 – клубова кістка;
 5 – зап'ясток; 6 – п'ясток; 7 – фаланги пальців кисті;
 8 – човноподібна кістка; 9 – клиноподібні кістки; 10 – п'яткова кістка; 11 – фаланги пальців стопи; 12 – плесно; 13 – заплесно;
 14 – надп'яткова кістка; 15 – медіальна кісточка;
 16 – латеральна кісточка; 17 – малогомілкова кістка;
 18 – великогомілкова кістка; 19 – виростки великої гомілки;
 20 – колінна чашечка; 21 – стегнова кістка; 22 – променева кістка;
 23 – ліктьова кістка; 24 – крижова кістка;
 25 – хребет; 26 – надвиростки плечової кістки; 27 – плечова

кістка; 28 – грудина.

Хондроцити – це основні спеціалізовані клітини хрящової тканини, що виробляють усі компоненти хрящового матрикса. Це великі клітини круглої, овальної або полігональної форми з відростками. Цитоплазма базофільна багата елементами гранулярної й агранулярної ендоплазматичної сітки, добре виражений комплекс Гольджі, багато включень глікогену й ліпідів.

Розрізняють три типи хондроцитів: 1) *хондроци I-го типу* (клітини з великим ядром і відростками, ендоплазматична сітка розвинена слабо, але комплекс Гольджі добре виражений, є багато мітохондрій і вільних рибосом; клітини діляться мітотично, вони переважають у молодому хрящі, а також беруть участь у відбудові хряща); 2) *хондроцити II-го типу* (великі (15–20 мкм) круглі або овальні клітини з великим ядром, багатим еухроматином і гетерохроматином; у них добре виражена гранулярна ендоплазматична сітка й комплекс Гольджі, мало мітохондрій, багато малих відростків; ці клітини не діляться); 3) *хондроцити III-го типу* (мають невелике ядро й добре розвинуту гранулярну ендоплазматичну сітку; вони активно синтезують білки (менше глікозаміногліканів), також не діляться; синтетичну активність хондроцитів стимулюють тироксин, тестостерон, соматотропний гормон, а гальмують глюкокортикоїди й естроген).

Структурно-функціональною одиницею хрящів є *хондрон*, який складається з хондроцита або ізогенної групи клітин, навколоклітинного матриксу й капсул лакуни.

Розрізняють три види хрящів: гіаліновий, еластичний і волокнистий.

Гіаліновий хрящ гладкий, блискучий, голубуватого кольору, у його основній хрящовій речовині розташовані колагенові волокна. Хрящові клітини мають різноманітну

форму й будову залежно від ступеня диференціювання та місця розташування в хрящі. На периферії такого хряща розташовані хондробласти, у центрі – хондроцити, утворюючи ізогенні групи. Із гіалінового хряща побудовані суглобові й реброві хрящі, хрящі носа, бронхів і більшість хрящів гортані. Із віком відбувається звапнення гіалінового хряща.

Еластичний хрящ має жовтуватий колір, дуже пружний. У його матриксі, окрім колагенових волокон, є велика кількість еластичних волокон, які, переплітаючись, утворюють своєрідну сітку. Ці волокна побудовані з білка еластину й мікрофібрилярних глікопротеїнів. Круглі хондроцити також розташовані в лакунах, стінки яких утворені еластичними волокнами. З еластичного хряща побудований надгортанник, клиноподібні та ріжкуваті хрящі гортані, голосовий відросток черпакуватого хряща, хрящ вушної раковини, хрящова частина слухової труби.

Волокнистий хрящ містить в основній речовині багато колагенових волокон, і вони надають хрящу підвищену міцність. Хондроцити, що розташовані між колагеновими волокнами, мають видовжену форму й довге паличкоподібне ядро. Колагенові волокна розташовані впорядкованими рядами, які добре помітні на спеціально забарвлених мікропрепаратах. Хондроцитів значно менше, ніж у гіаліновому та еластичному хрящах; у них добре розвинута гранулярна ендоплазматична сітка. Із волокнистого хряща побудовані фіброзні кільця міжхребцевих дисків, суглобові диски й меніски. Цим хрящем покриті суглобові поверхні скронево-нижньощелепного та груднинно-ключичного суглобів. Цей хрящ розташований у зонах прикріплення зв'язок і сухожилків до кісток та хрящів.

Хрящ як орган, утворений із хрящової тканини, покритий *охрястям*, що складається з двох шарів: *зовнішнього* (утворений волокнистою сполучною тканиною, у якій є багато кровоносних судин і нервових закінчень) та *внутрішнього, або хондрогенного* (містить прехондробласти й хондробласти). Безпосередньо під охрястям містяться **хондроцити** – веретеноподібної форми клітини, які розташовані декількома шарами паралельно до

охрястя.

Кісткова тканина має специфічні механічні властивості. Вона складається з кісткових клітин, «замурованих» у кісткову основну речовину, що містить колагенові волокна, і просочена неорганічними сполуками. Клітинні елементи кісткової тканини представлені остеобластами, остеоцитами та остеобластами.

Остеобласти – це молоді видовжені кісткові клітини з відростками; їх багато у внутрішньому шарі окістя в місцях регенерації (відновлення) кісткової тканини після її ушкодження, вони здатні до мітотичного поділу. Цитоплазма остеобластів багата елементами гранулярної ендоплазматичної сітки, рибосомами, добре розвинутим сітчастим апаратом Гольджі. Кругле або овальне ядро з великою кількістю хроматину містить одне велике ядрце, розташоване ексцентрично. Остеобласти оточені тонкими колагеновими мікрофібрилами, тут відсутні солі кальцію. Остеобласти синтезують компоненти міжклітинної речовини й виділяють їх із клітин.

Остеоцити – це зрілі диференційовані кісткові клітини, які вже не діляться. Вони мають видовжену форму й багато довгих відростків; ядро велике, кругле, у якому чітко видно ядрце. У цитоплазмі органел небагато – це мітохондрії, елементи гранулярної ендоплазматичної сітки та комплекс Гольджі. Остеоцити розташовані в лакунах, однак тіла клітин не контактують безпосередньо з кальцифікованим матриксом. Між поверхнею клітин і стінками лакуни є тонкий шар міжклітинної рідини. У дуже довгих (до 50 мкм) відростках остеоцитів є багато актиноподібних мікрофіламентів. Ці відростки проходять у каналцях, вони також відділені від кальцифікованого матриксу простором шириною близько 0,1 мкм, що заповнений міжклітинною рідиною, за рахунок якої живляться остеоцити. Відстань між кожним остеоцитом і найближчим капіляром не перевищує 100–200 мкм. Щільні контакти між відростками остеоцитів створюють умови для обміну речовин між клітинами.

Остеокласти – це великі багатоядерні (5–100 ядер) клітини розмірами до 190 мкм. Ці клітини руйнують кістку й хрящ, здійснюють резорбцію кісткової тканини в процесі її

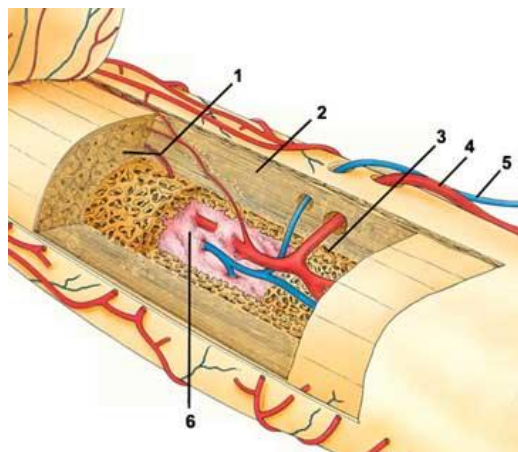
фізіологічної та репаративної регенерації. Через руйнування, у кістці утворюються лакуни, у яких залягають остеокласти. Ядра остеокластів багаті хроматином і мають добре помітні ядерця. У цитоплазмі міститься багато мітохондрій, елементів гранулярної ендоплазматичної сітки й комплекс Гольджі, вільні рибосоми, різні функціональні форми лізосом. Навколо ядра остеокласта міститься базальна ділянка цитоплазми, де розташована більшість органел. Остеокласти мають ворсинкоподібні цитоплазматичні відростки, яких особливо багато на поверхні, що прилягає до кістки, яка руйнується. Це щіткоподібна облямівка остеокласта, що збільшує площу його контакту з кістою. Відростки остеокластів укриті мікроворсинками. Функція остеокластів залежить від дії паратгормона (синтезуються парацитоподібними залозами), збільшення концентрації якого призводить до активації остеокластів і руйнування кістки.

Розрізняють два типи кісткової тканини – *грубоволокнисту* (ретикуло-фіброзну) і *пластинчасту*. *Пластинчаста кісткова тканина* утворена кістковими пластинками товщиною від 4 до 20 мкм, що складаються з остеоцитів і тонковолокнистої основної кісткової речовини. Колагенові волокна в кістковій пластинці розташовані паралельно й орієнтовані в певному напрямку. Волокна сусідніх пластинок мають інший напрямок і перехрещуються майже під прямим кутом, що забезпечує велику міцність кістки. Кістки дорослої людини переважно побудовані з пластинчастої кісткової тканини. *Грубоволокниста кісткова тканина* розвивається безпосередньо із мезенхіми та властива переважно кісткам зародків і молодих організмів; у дорослої людини є тільки в зонах прикріплення сухожилків до кістки, у швах черепа після їх заростання. Грубоволокниста кісткова тканина побудована з остеоцитів і товстих неупорядкованих пучків колагенових волокон, між якими міститься аморфна речовина.

Кістка іззовні покрита **окістям** – це міцна сполучно-тканинна пластинка, у якій багато кровоносних лімфатичних та нервових закінчень. Окістя міцно зрощене з кісткою за допо-

могою сполучнотканних волокон, що проникають у глибину кістки. Зовнішній шар окістя волокнистий та утворений переважно колагеновими волокнами. Внутрішній шар окістя – *остеогенний*, він безпосередньо прилягає до кісткової тканини. У ньому розташовані веретеноподібні «спочиваючі» *остеогенні клітини*, за рахунок яких відбуваються ріст кістки в товщину та її регенерація після пошкодження. Остеогенні клітини вважаються стовбуровими, оскільки вони здатні до інтенсивного мітотичного поділу і є поліпептидними. У процесі диференціювання з них, залежно від мікрооточення, можуть утворюватися клітини декількох типів – *остеобласти* й *хондробласти*.

Розрізняють *компактну та губчасту кісткову речовину* (рис. 9). *Компактна кісткова речовина* побудована зі щільної тканини, пронизаної тонкими *каналами остеонів (каналами Гаверса)*, що містять кровоносні судини й нервові волокна. Навколо кожного каналу кісткова речовина утворює по 4–20 циліндричних *пластинок остеона*. Структура з каналу Гаверса разом із наколишніми кістковими пластинками називається *остеоном, або системою Гаверса*. Діаметр остеона становить приблизно 0,3–0,4 мм, довжина – до 2 см і більше. На межі між пластинками залягають кісткові клітини – *остеоцити*.



1 – остеон; 2 – компактна кістка; 3 – губчаста кістка; 4 – артерія; 5 – вена; 6 – мозковий канал.

Рис. 9. Будова кістки

У сусідніх пластинках одного остеома волокна орієнтовані в різних напрямках, що забезпечує міцність кістки. Сусідні пластинки з'єднані між собою колагеновими волокнами. Кількість пластинок остеома та його діаметр максимально віддалені від джерела живлення – судини, яка проходить у каналі остеома. Ця відстань не перевищує 0,2 мм, а діаметр остеома – 0,4 мм, оскільки остеоцити живляться за рахунок міжклітинної рідини, що надходить по системі кісткових каналців, де проходять їх відростки. Між остеонами залягають **вставні пластинки** – залишки остеонів, які руйнуються в процесі життєдіяльності й перебудови кістки. Ці пластинки служать матеріалом для утворення нових остеонів. Ззовні від остеонів під окістям розташовані рівнобіжними рядами **зовнішні оточуючі (генеральні) пластинки**. Внутрішній шар щільної речовини кістки, що межує з кістково-мозковою порожниною й покритий ендостом, представлений **внутрішніми оточуючими (генеральними) пластинками**. Канали остеонів з'єднуються між собою та з поверхнею кістки короткими поперечними **проникаючими каналами (живильні канали, або канали Фолькмана)**. Через ці канали з окістя в кістку проникають судини, які живлять кістку, і нервові волокна. Зсередини канали остеонів вистелені ендостом, утвореним із тонкої сполучнотканинної пластинки, внутрішнім шаром якої є плоскі остеогенні клітини. Остеогенні клітини диференціюються в остеобласти, які утворюють нові остеони, беруть участь у відновленні кістки при пошкодженнях. Остеогенні клітини в «сповиваючому» стані морфологічно не відрізняються від інших клітин, розташованих поруч. Лише після «активації», перетворюючись в остеобласти, вони морфологічно розпізнаються. При цьому цитоплазма стає більш базофільною, оскільки зростає кількість рибосом та елементів гранулярної ендоплазматичної сітки.

Губчастка кісткова речовина складається з тонких кісткових пластинок і поперечин (кісткових балок), які перехрещуються між собою. Напрямок поперечин (балок трабекул) у губчастій речовині збігається з кривими стиснення й розтягнення, утворюючи конструкції склепінних арок. Таке

розташування кісткових балок між собою під певним кутом забезпечує рівномірну передачу тиску чи тяги м'язів на кістку.

Губчасто речовина, що розташована між двома пластинками щільної речовини в кістках черепа, називається *губчаткою* або *пластинчастою губчастою речовиною*, оскільки вона не формує остеонів. Зовнішня пластинка цих кісток склепіння черепа – товста та міцна, а внутрішня – тонка, при травмі легко ламається, тому її ще називають «скляною» пластинкою.

П. Ф. Лесгафт сформулював низку загальних принципів організації кісток: 1) губчаста кісткова речовина утворюється в місцях найбільшого стиснення або розтягнення; 2) розвиток кісткової тканини залежить від діяльності приєднаних до цієї кістки м'язів; 3) трубчаста й аркова будова кістки забезпечує найбільшу міцність при мінімальних затратах кісткового матеріалу; 4) зовнішня форма кістки залежить від тиску на неї навколишніх тканин та органів, передусім м'язів; форма кістки змінюється при зменшенні або збільшенні тиску; 5) зміна форми кістки залежить від зовнішніх сил.

Рельєф кісток залежить від характеру прикріплення до них м'язів. Так, у місцях прикріплення до кістки сухожилків утворюються кісткові виступи. Якщо м'яз уплітається в окістя своєю м'ясистою частиною, то на кістці утворюється заглибина. У місцях проходження судин і нервів на кістках утворюються борозни.

Різні кістки скелета відрізняються між собою як за формою, так і за функцією. Структура й функція кістки взаємозалежні та взаємообумовлені.

Рентгеноанатомія кісток. Кістки скелета можна вивчати на живій людині під час рентгенівського дослідження. Наявність солей кальцію в кістках робить їх менш прозорими для променів, ніж навколишні м'які тканини. На рентгенограмах можна чітко побачити ділянки щільної та губчастої речовини, розрізнити окремі частини кістки.

Щільна речовина на рентгенограмі має щільні тіні у вигляді світлих смуг більшої чи меншої ширини, а губчаста –

сіткоподібний малюнок різних розмірів. Середня частина діяфізів довгих кісток досить товста, її щільна речовина дає відповідної ширини тінь, що звужується в напрямку до епіфізів, де щільна речовина стає тоншою. Між двома світлими тінями щільної речовини діяфіза помітна темніша широка смуга, що відповідає кістковомозковій порожнині. Щільна речовина коротких кісток та епіфізів довгих кісток, яка розташована ззовні, на рентгенограмах виглядає вузькою світлою смугою. У середині помітна сіточка губчастої речовини, за напрямками трабекул якої можна простежити лінії стиснення й розтягнення. Кісткові порожнини, що містять прозорі для рентгенівських променів м'які тканини або повітря (очна ямка, пазухи повітроносних кісток – лобова, клиноподібна, верхня щелепа й порожнина носа), на рентгенограмах мають вигляд великих темних утворень (просвітлень), обмежених світлими лініями – тінями, що відповідають їхнім кістковим стінкам. Борозни на кістках, у яких проходять кровоносні судини або пазухи твердої мозкової оболони, на рентгенограмах відповідають темним лініям. Суглобова порожнина на рентгенограмах суглобів представлена темною смугою, що обмежена світлими лініями щільної речовини кісток. Ширина рентгенівської суглобової щілини залежить від товщини прозорого для рентгенівських променів наросткового хряща. На рентгенограмах можна бачити центри окостеніння, за якими визначають вік людини, простежити заміщення метафізарного хряща кістковою тканиною, зрощення частин кісток тощо.

Ріст та розвиток кісток. У людини кісткова тканина з'являється на 6–8 тижні внутріутробного розвитку. Кістки розвиваються з *ембріональної сполучної тканини (мезенхіми)* й у процесі свого розвитку проходять три стадії: *перетинчасту, хрящову та кісткову*. Проте є кістки, які не проходять хрящової стадії (кістки склепіння, деякі лицьові кістки, ключиці, а також ребра, які частково зберігають у дорослому організмі хрящову будову). *Кісткоутворення* на місці *сполучної тканини* (перетинчасті кістки) та на місці *хрящового зачатку* (так звані хрящові кістки) відбувається одночасно, але в хрящовому зачатку воно

ускладнюється паралельними процесами росту й руйнуванням хряща.

*Кістки, що розвиваються безпосередньо з мезенхіми, називаються **первинними**, або **покривними кістками** (кістки склепіння, лицьові кістки, ключиці), а ті що утворюються на місці хряща, – **вторинними**.*

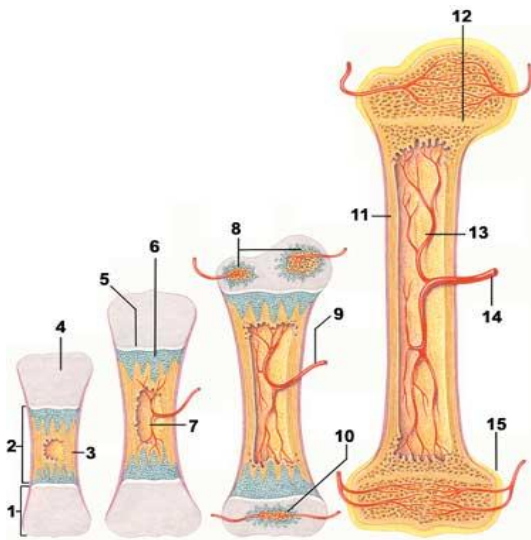
*Первинні кістки утворюються на початку третього місяця ембріонального розвитку. Спочатку розмножуються клітини мезенхіми – **остеобласти**, у результаті скупчення яких утворюється **скелетогенний зачаток**. Поступово клітини зачатка накопичують солі кальцію та фосфору. Остеобласти перетворюються в кісткові клітини з відростками – **остеоцити**, які пізніше з'єднуються між собою кістковими перетинками й зливаються в **загальну кісткову масу**. Сполучна тканина на поверхні кістки перетворюється в **окістя**.*

*Вторинні кістки закладаються у вигляді **хрящових зачатків**, укритих **охрястям**, які поступово також накопичують солі кальцію та костеніють. Ще до народження дитини сполучна тканина замінюється хрящовою, після чого відбувається поступове руйнування хряща й утворення, замість нього, кісткової тканини. Процес окостеніння дуже тривалий, відбувається протягом усього періоду розвитку організму.*

*Розвиток кістки на місці сполучної тканини починається з того, що в зачаткові, який утворюється, проходить проліферація місцевих мезенхімних елементів з одночасним утворенням великої кількості кровоносних судин – **скелетогенний мезенхімний синцитій**. У цій ділянці відбувається посилене утворення колагенових фібрил і диференціювання мезенхімних елементів у кістковоутворювальні клітини – **остеобласти**. Вони мають відростки, якими з'єднуються одна з одною, утворюючи **остеобластичний синцитій**. Між остеобластами незабаром з'являється **міжклітинна речовина кістки за типом остеїда**. Частина остеобластів оточується цією речовиною й перетворюється в **остеоцити**, частина розташовується прошарками по її поверхні. Фаза зникнення відростків кісткової речовини полягає в накопичуванні остеїду мінеральних солей (переважно*

вапнякових).

Розвиток кістки на основі хряща (кістки тулуба, кінцівок, основи черепа) – процес складніший. Хрящовий зачаток за своєю будовою – модель майбутньої кістки. У хрящовій стадії кожен зачаток кістки оточений **надхрящем (перихондром)**, внутрішній шар якого прилягає до хрящової тканини є ростковим. Формування кістки виникає з *однієї або декількох точок окостеніння*, перша з яких формується в середній частині хряща на 7–8 тижні ембріогенезу та поступово розвивається в сторони, доки не сформується вся кістка. Спочатку внутрішній шар надхряща продукує молоді кісткові клітини (*остеобласти*), які відкладаються на поверхні хряща (*перихондральне окостеніння*). Надхрящ поступово перетворюється в *окістя*, а молоді кісткові клітини, що утворюються, нашаровуються на попередні шари кісткової тканини методом накладання (*апозиції*), формуючи на поверхні хряща **кісткову пластинку**. Таким чином, *за рахунок окістя кістка росте в товщину (періостальний метод утворення кісткової тканини)* (рис. 10).



1 – епіфіз; 2 – діафіз;
3 – кістка; 4 – хрящ;
5 – епіфізарна пластинка;
6 – окостеніння хряща;
7 – кістково-мозкова порожнина;
8 – вторинні центри окостеніння;
9 – артерія;
10 – вторинний центр окостеніння;
11 – окістя;
12 – епіфізарна лінія;
13 – кістково-мозкова порожнина;
14 – артерія;
15 – суглобовий хрящ.

Рис. 10. Ріст кістки

Одночасно кісткова тканина починає утворюватись усе-

редині хряща – *енхондральне кісткоутворення*. Сполучна тканина із судинами проникає в хрящ, утворює молоді кісткові клітини, розташовані у вигляді тяжів біля хряща, що руйнується.

Незадовго до або після народження точки окостеніння з'являються в хрящових епіфізах. Вони збільшуються в розмірах, хрящ поступово заміщується кістковою тканиною. Між епіфізом та кістковим діафізом, що проходять процеси окостеніння, є *епіфізарний хрящ*, функція якого – кісткоутворення впродовж постнатального онтогенезу, доки кістка не досягає своїх кінцевих розмірів (18–25 років). До цього часу епіфізарний хрящ заміщається кістковою тканиною, епіфіз зростається з діафізом, кістка стає одним цілим. *У зв'язку з функцією кісткоутворення епіфізарного хряща трубчасті кістки ростуть у довжину.*

Кістковомозковий канал у трубчастих кістках з'являється в товщі діафізу в міру розсмоктування кістки, що формується. Ембріональна сполучна тканина, яка проростає всередину кістки, дає початок червоному кістковому мозку.

Ріст кісток триває в чоловіків до 25 років, у жінок – до 18–20 років, причому нерівномірно, особливо в довжину. Найбільша швидкість росту кісток у довжину спостерігається в перші два роки життя, трохи менша – до 9–10 років. Знову прискорюється ріст кісток у період статевого дозрівання (до 6–10 см на рік): у дівчаток – у 12–13, у хлопчиків – у 13–14 років.

Ріст кісток регулюється гормоном росту (соматотропіном), який виробляє гіпофіз, і залежить від обміну мінеральних речовин, насамперед кальцію й фосфору та вітамінів D і A. На ріст, розміри й форму кісток впливає також тривала дія певного фізичного чинника. Активно працюючі скелетні м'язи стимулюють ріст кістки, до якої вони прикріплені.

Вікові особливості хімічного складу кісток. Кістки скелета мають високу механічну міцність, що зумовлена фізико-хімічною єдністю органічних і неорганічних речовин, а також особливою конструкцією кісткової тканини. За міцністю кістка не поступається міді та залізу. Так, опір живої кістки й

міді на розтягнення приблизно однаковий. Кістка витримує стиснення 10 кг/мм^2 (аналогічно чавуну). Межа міцності ребер на злам досягає 110 кг/см^2 . Це пов'язано з особливостями хімічного складу та будови кісток.

До хімічного складу кістки входять як органічні, так і неорганічні (мінеральні солі та вода) речовини, що надають їй міцності, твердості й пружності. Висушена та знежирена кістка містить 30 % органічних речовин і 60 % неорганічних, 10 % становить вода. У живому організмі кістка містить 50 % води, 28 % органічних речовин (у тому числі 15 % білків та 10 % жирів) і 22 % неорганічних. Серед органічних речовин кістки – білок остейн, який надає їй еластичності, волокнистий білок колаген, вуглеводи й багато ферментів.

Мінеральні речовини кістки представлені солями кальцію, фосфору, магнію, виявлено багато мікроелементів (алюміній, фтор, марганець, свинець, стронцій, уран, кобальт, залізо, молібден тощо). Найбільше в кістці фосфорнокислого (понад 50 %) та вуглекислого (10 %) кальцію. Мінеральні речовини надають кістці твердості й міцності. У скелеті дорослої людини міститься близько 1200 г Ca, 530 г P, 11 г Mg. На кісткову тканину припадає 99 % Ca, 87 % P, 58 % Mg та 70 % лимонної кислоти від загальної кількості, що міститься в організмі

У дітей у кістковій тканині значно переважають органічні речовини, тому їхній скелет гнучкий, еластичний, пружний, у зв'язку з чим легко деформується, викривляється при тривалому й важкому навантаженні. Кальцій у великих кількостях затримується в кістках маленьких дітей, а фосфор – у дітей старшого віку. Із віком хімічний склад кісток змінюється, значно збільшується кількість солей кальцію, фосфору, магнію та інших елементів і змінюється співвідношення між ними. Уміст органічних речовин у кістках людей похилого віку зменшується, вони стають крихкими й легше ламаються під час падіння, забиття та навіть при різких рухах.

Вікові й функціональні зміни з'єднань кісток. Суглоби (синовіальні з'єднання) починають формуватися на 6–11 тижнях ембріонального розвитку. У цей період утворюються *суглобові*

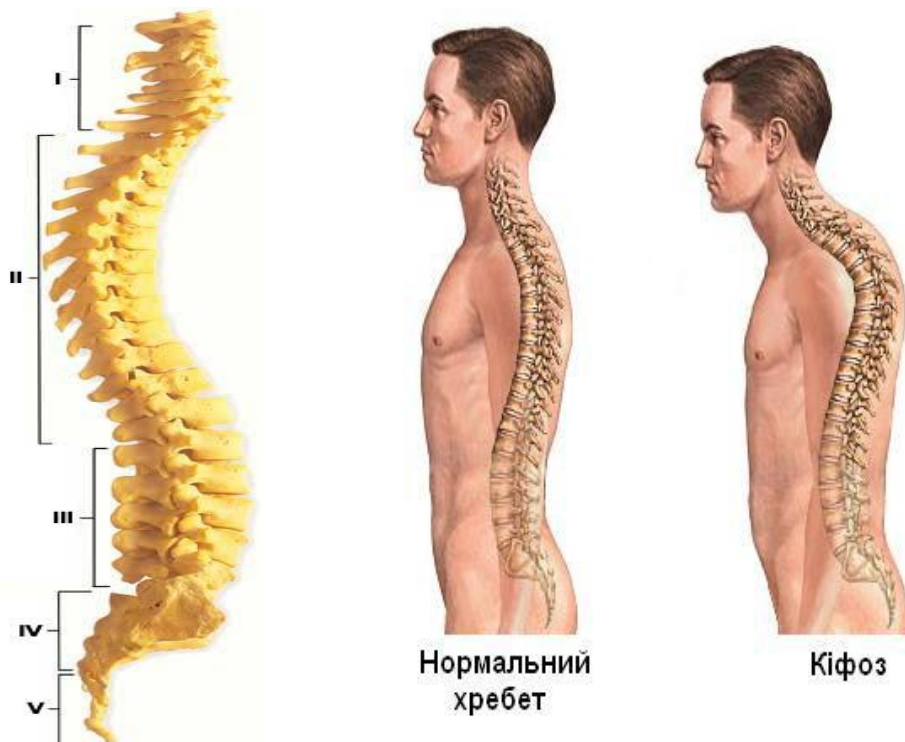
поверхні кісток, що з'єднуються, суглобова порожнина й інші елементи суглоба. Між двома кістками, які формуються, розрихлюється ембріональна сполучна тканина, на місці якої пізніше формується суглобова порожнина.

У новонароджених наявні всі анатомічні елементи суглоба. Проте, епіфізи кісток, що з'єднуються між собою, складаються із хряща. Енхондральне окостеніння більшості епіфізів починається після народження дитини (1–2 рік життя) і продовжується до юнацького віку. У віці 6–10 років спостерігається ускладнення в будові суглобової капсули, збільшується кількість ворсинок і складок синовіальної мембрани, відбувається формування судинних сіток та нервових закінчень синовіальної мембрани. У фіброзній мембрані суглобової капсули в дітей 3–8 років збільшується кількість колагенових волокон, які сильно потовщуються, забезпечуючи їй міцність. Остаточне формування всіх елементів суглобів закінчується до 13–16 років.

В умовах нормальної фізіологічної діяльності суглоби довго зберігають незмінний об'єм рухів і мало піддаються старінню. Рух, заняття фізкультурою й спортом зберігають форму та рухливість суглобів. При тривалих і надмірних навантаженнях (механічних), а також із віком у будові й функціях суглобів з'являються зміни: потоншується та деформується суглобовий хрящ, зменшуються його пружні властивості, склеротизуються фіброзна мембрана суглобової капсули й зв'язки, по периферії суглобових поверхонь утворюються кісткові виступи – **остеофіти**. Анатомічні зміни, що відбуваються, призводять до функціональних змін, до обмеження рухливості й зменшення розмаху рухів.

Вікові особливості хребта. Хребетний стовп людини складається з 33–34 хребців, між якими є хрящові прошарки – міжхребцеві диски, що складається зі студенистого ядра та фіброзного кільця, утвореного волокнистим хрящем, і надають хребту гнучкості. Міжхребцеві диски в дітей відносно товстіші, ніж у дорослих людей. Із віком товщина міжхребцевих дисків поступово зменшується, вони стають менш еластичними, студенисте ядро зменшується в розмірах.

У хребетному стовпі розрізняють сім шийних, 12 грудних, п'ять поперекових, п'ять крижових (у дорослих зростаються в крижову кістку) і 4–5 куприкових хребців (формують куприкову кістку) (рис. 11). Отвори всіх хребців утворюють хребетний канал, у якому міститься спинний мозок. *Процес окостеніння хребта* починається у внутрішньоутробному періоді. До 14 років окостенілими є середні частини тіл хребців. Окостеніння шийних, грудних та поперекових хребців закінчується до 20 років, крижових – до 25, а куприкових – до 30 років.



Відділи хребта:

- I – шийний (7 хребців);*
- II – грудний (12 хребців);*
- III – поперековий (5 хребців);*
- IV – крижовий (5 зрослих хребців);*
- V – крижово-куприковий*

Вигини хребта.

(3–4 зрослі хребці)

Рис. 11. Хребет дорослої людини

Довжина хребтового стовпа в немовлят складає 40 % від довжини всього тіла. У перші два роки життя його довжина збільшується майже удвічі. До півтора року всі відділи хребта ростуть інтенсивно, особливо помітний ріст у ширину. Від 1,5 до трьох років ріст хребців сповільнюється в шийному і верхньогрудному відділах хребта. Від трьох до п'яти років інтенсивно ростуть поперековий і нижньогрудний відділи хребтового стовпа, а ріст шийного й верхньогрудного відділу хребта сповільнюється. У віці від п'яти до 10 років весь хребет росте повільно, але рівномірно в довжину та в ширину. Від 10 до 17 років швидко росте весь хребет, але переважно поперековий і нижньогрудний відділи, а грудні хребці – у ширину.

У віці від 17 до 24 років ріст шийного й грудного відділів хребта уповільнюється, а ріст поперекового та нижньогрудного відділів прискорюється. До 16–17 років поперекові хребці ростуть переважно в ширину й лише після 17 років – швидше в довжину. Ріст хребта завершується приблизно до 23–25 років. Ріст хребта зупиняється в жінок раніше, ніж у чоловіків.

У дорослих людей хребтовий стовп приблизно в 3,5 раза довший за хребет немовлят і досягає в дорослих чоловіків 60–75 см, у жінок – від 60 до 65 см, що складає приблизно $\frac{2}{5}$ довжини тіла дорослої людини. У старечому віці довжина хребтового стовпа зменшується приблизно на 5 см унаслідок збільшення вигинів хребета й зменшення товщини міжхребцевих дисків. На рівні крижової кістки хребет має найбільші поперечні розміри – 10–12 см. VII шийний і I грудний хребці дещо ширші від сусідніх, бо це обумовлено прикріпленням на цьому рівні верхніх кінцівок.

У немовлят, порівнянно з дітьми й дорослими, міжхребцеві диски мають відносно більші розміри, зокрема товщину. Добре виражені суглобові відростки хребців, а тіла хребців,

поперечні й остисті відростки менш розвинені. Волокнисте кільце дисків добре виражене, чітко відмежоване від драглистого ядра. Міжхребцеві диски в дітей інтенсивно кровопостачаються. Артеріоли анастомозують між собою в товщі диска, а на його периферії – з артеріолами окістя. Скостеніння крайової зони хребців у підлітків та юнаків призводить до зменшення кількості кровоносних судин у міжхребцевих дисках. Із віком товщина міжхребцевих дисків, як і висота тіл хребців, зменшується, вони стають менш еластичними. До 50 років драглисте ядро поступово зменшується. Внутрішня частина волокнистого кільця, що оточує драглисте ядро, ніколи не костеніє. Периферійні зони волокнистого кільця частково заміщаються хрящем і навіть відбувається його скостеніння. У похилому й старечому віці еластичність міжхребцевих дисків значно зменшується, виникають вогнища вапнування в зонах зрошення передньої поздовжньої зв'язки з переднім краєм хребця.

Хребет людини має декілька фізіологічних вигинів. Вигини хребтового стовпа вперед називаються *лордозами*, вигини назад – *кіфозами*, вигини вправо або вліво – *сколіозами*. Шийний лордоз переходить у грудний кіфоз, що змінюється поперековим лордозом, потім крижово-куприковим кіфозом. Грудний кіфоз і поперековий лордоз виражені більше в жінок, ніж у чоловіків. Функціональна роль вигинів дуже велика. Завдяки їм поштовхи й струси, що передаються хребту при різних рухах, падінні, послаблюються – амортизуються та захищають головний мозок від надмірних струсів. У горизонтальному положенні тіла вигини хребта трохи розпрямляються, у вертикальному положенні вони більш виражені, а при збільшенні навантаження – збільшуються пропорційно до його величини. Ранком після нічного сну вигини хребта зменшуються, а довжина хребта, відповідно, збільшується. Увечері, навпаки, кривизна вигинів збільшується, а довжина хребтового стовпа – зменшується. Постава людини впливає на форму й величину вигинів хребта. При зігнутій голові та сутулості збільшується грудний кіфоз, а шийний і поперековий лордози зменшуються. У старечому віці збільшується грудний кіфоз (старечий горб).

Хребтовий стовп зародка людини й плода має форму дуги із вигином назад. Хребет новонародженого має вигляд похилої дуги, увігнутої спереду. Вигини починають формуватися лише з 3–4 місяця життя дитини, коли вона починає тримати голову (рис. 12). Спочатку виникає **шийний лордоз**, повернений випуклістю до переду. Коли дитина починає сидіти (4–6 місяці життя), формується **грудний кіфоз**, повернутий випуклістю до заду. Пізніше виникає **поперековий лордоз**, випуклий до переду, який утворюється в той час, коли дитина починає стояти й ходити (9–12 місяці після народження). Одночасно компенсаторно формується випуклий до заду **крижовий кіфоз**. Вигини хребетного стовпа стають добре помітними до 5–6 років, остаточне їх формування закінчується до підліткового, а то й до юнацького віку.

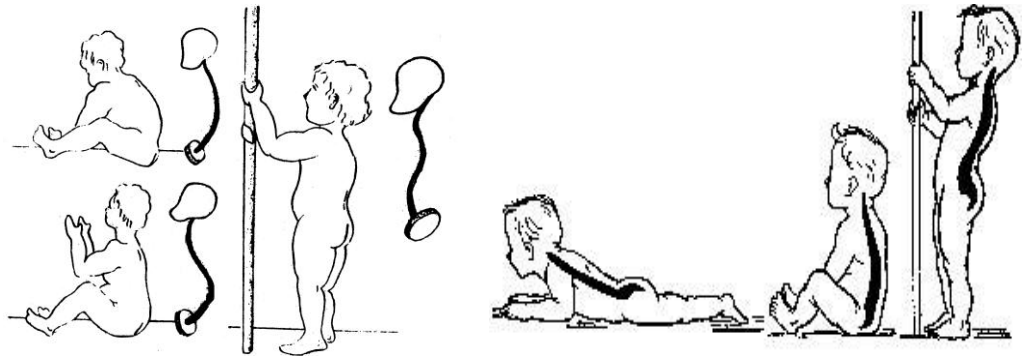


Рис. 12. Формування вигинів хребта

При нерівномірному розвитку м'язів правої або лівої сторони тіла, неправильному положенні учнів за партою в спортсменів, як наслідок асиметричної роботи м'язів можуть виникнути патологічні викривлення хребта в боки – **сколіоз** (див. рис. 11).

Інволюційні зміни. У людей похилого віку внаслідок зменшення товщини міжхребцевих дисків і збільшення кривизни грудного кіфозу довжина хребетного стовпа зменшується на 3–7 см. Спостерігається загальне розрідження кісткової рідини хребців (**остеопороз**), обезгалуження міжхребцевих

дисків і передньої поздовжньої зв'язки. Усе це зменшує ресорні властивості хребта, а також його рухливість і міцність.

Вікові особливості грудної клітки. Грудна клітка утворює кісткову основу грудної порожнини, у якій містяться легені, серце, стравохід, гортань і великі судини; а також є місцем прикріплення дихальних м'язів та м'язів верхніх кінцівок.

Із 12 пар ребер, що утворюють грудну клітку, сім пар верхніх називаються **справжніми**, вони переходять у хрящі, якими з'єднуються з грудиною. Наступні 8, 9, 10 пари ребер називаються **несправжніми**, їх хрящові кінці з'єднуються з хрящем ребра, що міститься вище; 11 і 12 пари ребер хрящів не мають, їхні передні кінці вільно закінчуються в м'язах (хиткі ребра).

Грудина – плоска непарна кістка, яка складається з ручки (верхня частина), тіла (середня частина) і мечоподібного відростка (рис. 13). Між цими частинами містяться хрящові прошарки, які до 30 років костеніють. Ріст частин грудини відбувається поступово: нижні зростаються до 15–16 років, а верхні – до 21–25 років. Грудина формується пізніше за інші кістки скелета.

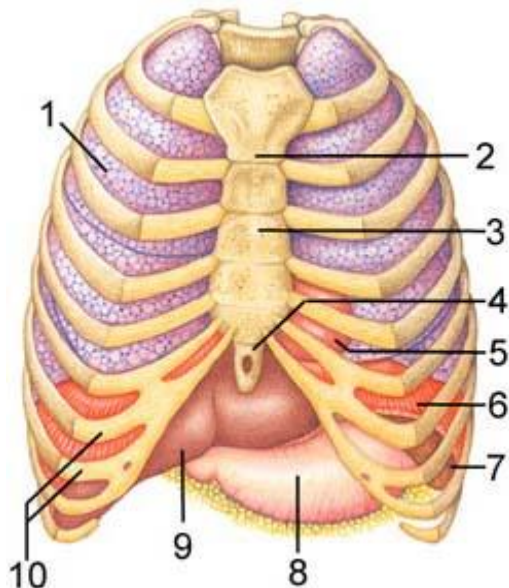


Рис. 13. Грудна клітка: 1 – легеня, 2 – ручка грудини, 3 – тіло грудини; 4 – мечоподібний відросток; 5 – серце; 6 – діафрагма; 7 – селезінка; 8 – шлунок; 9 – печінка; 10 – реберні хрящі

Верхній отвір грудної клітки закривається трахеєю, стравоходом, кровонесними судинами й нервами, що проходять у ній. Нижній отвір закривається діафрагмою. Міжреберні проміжки затягнуті міжреберними м'язами. Так утворюється герметично замкнена грудна порожнина.

Редра розвиваються із мезенхіми, що перетворюється на хрящ на 5–8 тижні внутріутробного життя; їх окостеніння починається на 5–8 тижні, грудини – на шостому місяці. Ядра окостеніння в головці та бугрі з'являються у верхніх ребрах у 5–6 років життя, у двох нижніх – у 15 років. Злиття частин ребра завершується до 18–25 років, окостеніння – до 20 років.

У мечоподібному відростку грудини ядро окостеніння з'являється в 6–12 років, до 30 років його окостеніння завершується. Мечоподібний відросток зростає з тілом грудини до 25 років.

Розміри грудної клітки новонароджених хлопчиків на 0,5–1 см більші, ніж у дівчаток. Окружність грудей у хлопчика на рівні VI–VII ребер дорівнює 30–35 см, передно-задній розмір – 7,5–10,5 см, поперечний – 7–11 см. Підгрудинний кут у новонародженого досягає приблизно 93°, через рік – 68°, у п'ять років він дорівнює 60°, у 15 років, як і в дорослої людини, – близько 70°.

Трапляються дві крайні форми грудної клітки – довга вузька та коротка широка, яким відповідають і форми грудини. Залежно від тіло будови, виділяють три форми грудної клітки: *конічну* (коротка, широка, підгрудинний кут тупий, характерний для брахіморфного типу тілобудови), *плоску* (видовжена, підгрудинний кут гострий, характерний для доліхоморфного типу тілобудови) та *циліндричну* (мезоморфний тип тілобудови). У жінок грудна клітка коротша й вузьча, ніж у чоловіків. Форма грудної клітки може змінюватися залежно від умов праці,

захворювань, фізичних навантажень. Наприклад, при рахіті груднина значно виступає вперед унаслідок збільшення передньо-заднього розміру («курячі груди»). Музиканти, які грають на духових інструментах, і складуви мають широку й опуклу грудну клітку.

У зародка людини грудна клітка стиснута з боків, її передньо-задній розмір більший за поперечний. У новонароджених грудна клітка має конусоподібну форму, передньо-задній діаметр більший за поперечний, ребра розташовані майже горизонтально. Протягом перших двох років життя ріст грудної клітки швидкий, у віці 6–7 років – уповільнюється, у 7–18 років найінтенсивніше росте середній відділ грудної клітки. Поступово грудна клітка росте в довжину, при цьому передні кінці ребер опускаються. У дітей раннього віку основне положення грудної клітки – це положення максимального вдиху, після 12 років – максимального видиху.

До моменту народження дитини суглоби грудної клітки вже сформовані, але їх розвиток продовжується й у постнатальному періоді. У грудному та ранньому дитячому віці формуються суглобові поверхні, розвиваються суглобова капсула й зв'язки. Суглоби грудної клітки остаточно формуються в підлітків.

Посилений ріст грудної клітки в дівчаток починається з 11 років, а в хлопчиків – із 12, причому влітку він швидший, ніж узимку. Статеві відмінності у формі грудної клітки виявляються приблизно з 15 років: у хлопців під час вдиху різко піднімаються нижні ребра, у дівчаток – верхні. До 17–20 років грудна клітка набуває кінцевої форми: широка, із переважаючим поперечним розміром (на 25 % випереджає повздовжній), що пов'язано з вертикальним положенням тіла, при якому нутрощі тиснуть масою в напрямку, паралельному грудині.

Ріст окружності грудної клітки також має статеві відмінності. Згаданий показник перевищує половину величини росту в дівчаток до 7–8 років, а в хлопців – до 9–10 років, із цього віку половина величини росту стає більшою за окружність грудної клітки. Таке перевищення зумовлено тим, що швидкість росту тіла вища від швидкості росту грудної клітки.

Надбавка в масі тіла також випереджає ріст окружності грудної клітки, тому співвідношення між цими параметрами з віком поступово та рівномірно зменшується. У похилому віці, у зв'язку зі збільшенням грудного кіфозу, грудна клітка вкорочується й опускається.

Грудна клітка дітей дошкільного та молодшого шкільного віку дуже еластична й піддатлива. Тому при тривалій неправильній поставі, а також при сильному стягуванні тіла поясом можуть статися викривлення грудної клітки та порушення її розвитку. Це відіб'ється на розвитку й діяльності легень, серця та великих кровоносних судин, які містяться в грудній порожнині.

Фізичні вправи не лише укріплюють грудні м'язи, але й збільшують розмах руху в суглобах ребер, що призводить до збільшення об'єму грудної клітки при диханні та життєвої ємності легень.

Геронтологічні зміни. Скостеніння ребрових хрящів у похилому й старечому віці призводить до зменшення пружності та амплітуди рухів грудної клітки. У старих людей грудна клітка сплюснена в передньо-задньому напрямку й видовжена.

Вікові й статеві особливості черепа. Череп, утворений парними й непарними кістками, захищає від зовнішніх ушкоджень головний мозок та органи чуття, створює опору початковим відділам травної й дихальної систем та утворює місце розташування для органів чуття.

Череп умовно розділяють на мозковий і лицевий. У мозковому черепі міститься головний мозок. Із ним нерозривно пов'язаний лицевий череп, що відіграє роль кісткової основи обличчя та початкових відділів травної й дихальної систем.

У новонародженого між кістками черепа є прошарки сполучної тканини, особливо в тих місцях, де з'єднується декілька кісток. Ці ділянки отримали назву **вічок (тім'ячок)**, їх є шість: непарні – *переднє* та *заднє*, два парних – *клиновидне* й *соскоподібне* (рис. 14). Найбільше вічко – переднє, або лобове, розташоване в місці з'єднання лобової та обохтім'яних кісток. Заднє, або потиличне, вічко міститься в ділянці сходження

тім'яних і потиличних кісток, клиновидне тім'ячко – у місці з'єднання лобової та тім'яної кісток і великого крила клиновидної кістки. Соскоподібне вічко розташоване в місцізнаходження потиличної та тім'яної кісток і соскоподібного відростка скроневої кістки.

Завдяки наявності вічок, череп новонародженого дуже еластичний, його форма може змінюватися під час проходження голівки плода через родові шляхи матері в процесі родів.

Вічка починають заростати в перші місяці після народження дитини. На другому місяці заростає заднє (потиличне) вічко, на 2–3-му – клиновидне та соскоподібне. Переднє (лобове) вічко заростає лише на другому році після народження.

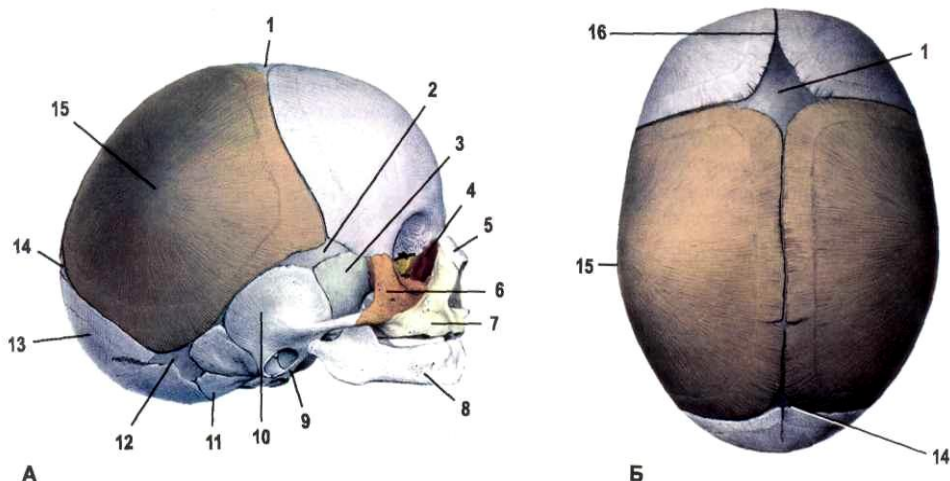


Рис. 14. Череп немовляти: А – вигляд збоку; Б – вигляд зверху. 1 – переднє тім'ячко; 2 – клиноподібне тім'ячко; 3 – велике крило клиноподібної кістки; 4 – слъозова кістка; 5 – носова кістка; 6 – вилична кістка; 7 – верхня щелепа; 8 – нижня щелепа; 9 – барабанне кільце скроневої кістки; 10 – лускова частина скроневої кістки; 11 – бічна частина потиличної кістки; 12 – соскоподібне тім'ячко; 13 – потилична луска; 14 – заднє тім'ячко; 15 – тім'яний горб; 16 – лобовий шов.

Об'єм порожнини мозкового черепа новонародженого в середньому складає 385–450 см³. У перші шість місяців після народження дитини об'єм порожнини черепа подвоюється, до двох років – потроюється, до 10 років становить 1200–1300 см³, у дорослої людини – 1500–1700 см³ (у чотири рази більший, ніж у немовляти). Надперенісся в немовляти відсутнє, воно формується до 15-річного віку.

Співвідношення розмірів мозкового й лицевого черепа людини в постнатальному онтогенезі змінюється. Обличчя немовляти коротке (оскільки ще немає зубів) і широке. При розгляді черепа збоку (бічна норма) відношення площ лицевого та мозкового черепа в немовляти дорівнює 1:8, у 2-річної дитини – 1:6, у 5-річної – 1:4, у 10-річної – 1:3, у дорослої жінки – 1:2,5, у дорослого чоловіка – 1:2.

Після народження череп росте нерівномірно, тому виділяють три періоди його росту й розвитку.

Перший період – від народження до семи років. Упродовж першого року життя череп дитини росте рівномірно, а з першого до третього років особливо інтенсивно росте потилична ділянка черепа, що зв'язано з тим, що дитина на другому році життя починає ходити. На 2–3-й рік життя, коли закінчується прорізування молочних зубів і посилюється функція жувальних м'язів, прискорюється ріст лицевого черепа у висоту й ширину. До семи років продовжується ріст усіх ділянок черепа, але особливо інтенсивно росте його основа. У результаті довжина основи черепа майже досягає розмірів дорослої людини.

Другий період – від семи років до початку статевого дозрівання (12–13 років) характеризується сповільненим, але рівномірним ростом черепа. У цей період переважно росте склепіння мозкового черепа. Об'єм порожнини мозкового черепа досягає 1200–1300 см³. До 13 років заростає луско-соскоподібний шов, закінчується зрощення частин окремих кісток черепа, які розвиваються із самостійних центрів скостеніння.

У *третьому періоді* – від 13 до 20–23 років – інтенсивно росте лицевий череп, виникають його статеві відмінності; у чоловіків лицевий череп росте в довжину інтенсивніше, ніж у жінок, обличчя видовжується. Якщо до періоду статевої зрілості в хлопчиків і дівчаток обличчя округле, то після статевого дозрівання в юнаків обличчя видовжується, а в дівчат – залишається круглим.

Мозковий череп у людини починає утворюватися на 4–5 тижні ембріонального розвитку з мезенхіми, що оточує закладку головного мозку. Із мезенхіми утворюється сполучнотканинна оболонка – перетинчастий череп. У ділянці склепіння черепа ця оболонка надалі замінюється кісткою. Хрящова тканина утворюється лише в основі черепа біля переднього відділу хорди. Ділянки хряща, що розташовані поруч із хордою, називаються *прихордальними (парахордальними) хрящами*, а попереду від хорди – *передхордальними пластинками й черепними поперечинами (поперечини Ратке)*. Усі хрящі в основі черепа надалі зростаються в одну загальну пластинку з отвором для гіпофіза. Із цією хрящовою пластинкою зростаються хрящові капсули, що утворилися навколо закладок органів слуху й рівноваги, нюху та зору. Згодом хрящі в основі черепа замінюються кістковою тканиною, за винятком невеликих ділянок, що зберігаються в дорослої людини певний час. Наприклад, синхондроз між тілом клиноподібної кістки й основною частиною потиличної кістки.

Отже, у людини склепіння черепа в процесі розвитку проходить дві стадії: перетинчасту (сполучнотканинну) і кісткову, а основа черепа – три стадії: перетинчасту, хрящову та кісткову.

Лицевий череп розвивається з мезенхіми, що прилягає до початкового відділу первинної кишки. Із мезенхіми, розташованої між зябровими кишнями, формуються зяброві дуги. Із перших двох зябрових дуг розвивається лицевий (вісцеральний) череп. Із зябрової дуги (щелепної) у людини розвиваються верхня й нижня щелепи, дві слухові кісточки – молоточок і коваделко.

II зяброва дуга (під'язикова) складається з нижньої та верхньої частин. Із верхньої частини розвивається слухова кісточка – стремінце, а також шилоподібний відросток скроневої кістки. Із нижньої частини II зябрової дуги розвивається під'язикова кістка.

Кістки черепа починають формуватися на ранніх етапах пренатального онтогенезу, дуже скоро виникають перші центри скостеніння (табл. 5).

Лобова кістка починає формуватися на дев'ятому тижні ембріогенезу із двох перших центрів скостеніння (майбутні лобові горби), що виникають у сполучнотканинній пластинці (перетинчастому черепі). У немовляти лобова кістка складається з двох половин, з'єднаних серединним швом. Зрощення цих двох половин лобової кістки відбувається на 2–7-му році життя дитини. Лобова пазуха починає розвиватися на першому році життя (табл. 6).

Таблиця 5

Строки утворення точок скостеніння в кістках черепа людини

Назва кісток черепа та їх частин	Строки утворення точок скостеніння (місяці внутрішньоутробного розвитку)	Строки злиття точок скостеніння
Лобова кістка	2–3	2–8 років
Клиноподібна кістка: крила передня частина тіла задня частина тіла бічні пластинки	2,5 3 2–3 2,5	4 міс. внутрішньоутробного розвитку – 1 рік

Потилична кістка: верхня ділянка луски основна частина бічні частини	2 2–3 2–3	1–4 роки
---	-----------------	----------

Закінчення таблиці 5

Скронева кістка: лускова частина барабанна частина кам'яниста частина	2–3 3,5 5–6	9 міс. внутрішньоутробного розвитку – 1 рік
Тім'яна кістка	2,5	
Верхня щелепа	2	
Нижня щелепа: тіло підборідний виступ	1,5–2 8	1–2 роки
Вилична кістка	2–3	6–16 роки
Решітчаста кістка	6 міс. внутрішньоутробного розвитку – 4 роки	
Носова кістка	2,5	
Сльозова кістка	3	
Піднебінна кістка	2	
Під'язикова кістка: тіло великі роги малі роги	9–10 8–10 1–2 роки	25–30 років
Слухові кісточки: молоточок коваделко стремінце	2–5,5 5,5 5,5	

Більша частина *клиноподібної кістки* розвивається з хряща, у якому на дев'ятому тижні ембріогенезу утворюється п'ять пар центрів скостеніння. Зі сполучнотканинної пластинки розвиваються тільки бічні ділянки великих крил і присередні пластинки крилоподібних відростків (за винятком крилоподібного гачка). Центри скостеніння поступово зливаються один з одним. У немовляти клиноподібна кістка складається з трьох окремих частин: центральної частини, до якої входять тіло й малі крила; великих крил із бічними пластинками крилоподібних відростків; присередніх пластинок крилоподібних відростків. Ці частини зростаються в єдину клиноподібну кістку аж на 3–8 році життя дитини. На третьому році в тілі цієї кістки починає формуватися клиноподібна пазуха.

Таблиця 6

**Строки утворення порожнин (пазух і комірок)
у повітроносних кістках черепа**

Повітроносні порожнини	Строки утворення	
	у плода	після народження
Верхньощелепна пазуха	5–6 міс.	
Соскоподібні комірки		5–8 міс.
Решітчасті комірки		9–12 міс.
Лобова пазуха		12 міс.
Клиноподібна пазуха		3 роки

Потилична кістка. Основна й бічна частини потиличної кістки, а також нижній відділ потиличної луски розвиваються з хряща, у якому виникають окремі чотири центри скостеніння. Верхня частина потиличної луски формується зі сполучнотканинної пластинки, у якій утворюється два центри скостеніння. Центри скостеніння закладаються на 8–10 тижні, а їх злиття в

одну потиличну кістку відбувається тільки після народження на 3–5 році життя дитини.

Тім'яна кістка розвивається зі сполучнотканинної перетинки, первинний центр скостеніння виникає на місці майбутнього тім'яного горба на восьмому тижні внутрішньоутробного життя.

Решітчаста кістка утворюється з трьох центрів скостеніння: серединного й двох бічних, що виникають у хрящі носової капсули. Із серединного центру скостеніння розвивається перпендикулярна пластинка, а з бічних – решітчасті лабіринти. Зрощення цих частин у єдину решітчасту кістку відбувається після народження на шостому році життя дитини.

Скронева кістка починає формуватися на 5–6 місяці внутрішньоутробного життя після появи центрів скостеніння в хрящовій слуховій капсулі (майбутня кам'яниста частина). Зі сполучної тканини розвивається тільки лускова частина скроневої кістки, центр скостеніння в ній виникає на дев'ятому тижні. У барабанній частині центр скостеніння виникає на 10 тижні пренатального онтогенезу. Шилоподібний відросток розвивається з хряща II вісцеральної дуги з двох центрів скостеніння – один виникає перед народженням, а другий – на другому році життя дитини. Зрощення частин скроневої кістки між собою починається ще до народження дитини й продовжується до 13 років. Шилоподібний відросток приростає до скроневої кістки на 2–12 році життя дитини.

Верхня щелепа утворюється за допомогою злиття декількох центрів скостеніння, що виникають наприкінці другого місяця ембріогенезу в сполучній тканині верхньощелепного й середнього носового (лобового) відростків. Один центр скостеніння утворюється в майбутньому комірковому відростку на рівні зубних комірок для різців, із якого утворюється різцева кістка ще у внутрішньоутробному періоді. Різцева кістка приростає до верхньої щелепи після народження. Верхньощелепна пазуха починає формуватися на 5–6 місяці внутрішньоутробного життя.

Малі кістки лицевого черепа (*піднебінна, носова, слъзова, вилична кістки й леміш*) розвиваються з центрів скостеніння, які виникають у перетинчастому черепі наприкінці другого – на початку третього місяця внутрішньоутробного життя. *Нижня носова раковина й решітчаста кістка* розвиваються з хряща носової капсули.

Нижня щелепа розвивається зі сполучнотканинної пластинки, що оточує хрящ Меккеля та спочатку складається з двох половин. У кожній половині перетинчастої нижньої щелепи на другому місяці ембріогенезу утворюється кілька центрів скостеніння. Ці центри скостеніння поступово зростаються один з одним. Обидві половини нижньої щелепи зростаються в одну кістку після народження тільки на 1–2 році життя дитини. У дитини до прорізування зубів кут нижньої щелепи тупий, її гілки короткі й нахилені назад. У 20–40-річних людей кут нижньої щелепи наближається до прямого, її гілки розташовані вертикально. У старих людей, у яких випали зуби, кут нижньої щелепи стає тупим, довжина гілок зменшується, коміркова частина атрофується.

Під'язикова кістка утворюється із хряща II зябрової дуги (малі роги) і III зябрової дуги (тіло й великі роги). Центри скостеніння в хрящі тіла та великих рогів під'язикової кістки виникають перед народженням (8–10 міс.), а в малих рогах – на 1–2 році життя дитини. Зрощення цих частин в одну під'язикову кістку відбувається тільки на 25–30 році життя людини.

Формування швів між кістками черепа завершується до 3–5 років життя. Заростання швів між кістками черепа починається у віці 20–30 років, у чоловіків – дещо раніше, ніж у жінок. Сагітальний шов заростає у віці 32–35 років, вінцевий – у 24–41 рік, лямбдоподібний – у 26–42 роки, соскоподібно-потиличний – у 30–81 роки, лускатий шов, як правило, не заростає.

Відзначено, що в школярів усі розміри голови збільшуються досить повільно, причому в хлопчиків середні величини більші, ніж у дівчат. Найбільший приріст окружності голови спостерігається з 11 до 17 років: у 9–10 років окружність голови ста-

новить у середньому 52 см, у 17–18 років – 55 см. Відношення окружності голови до росту з віком поступово зменшується.

В осіб чоловічої статі лицевий череп росте в довжину швидше, ніж у жінок. Якщо до періоду статевої зрілості в хлопчиків і дівчаток обличчя округле, то після настання статевої зрілості в чоловіків обличчя, як правило, витягується в довжину, у жінок зберігає округлість. Чоловічий череп більший, ніж у жінок, що пов'язано з більшими загальними розмірами тіла. Мозковий череп розвинутий краще в жінок, а лицевий – у чоловіків. Зазвичай, чоловічий череп відрізняється виразнішим рельєфом, що пояснюється більшим розвитком прикріплених до нього м'язів; у жінок рельєф черепа згладжений. Статеві відмінності черепа людини незначні, тому іноді важко відрізнити чоловічий череп від жіночого. У чоловіків на черепі сильніше розвинуті горбистість та лінії, до яких прикріплюються більш потужні м'язи. Зокрема, у чоловіків більше виражений потиличний виступ, каркові лінії й надбрівні дуги. Очні ямки більші за розмірами, повітроносні пазухи виражені сильніше. Кістки черепа чоловіків товстіші, ніж жінок. Поздовжній і вертикальний розмір черепа в чоловіків більший.

Чоловічий череп у зв'язку з великими загальними розмірами тіла більший, ніж жіночий. Об'єм мозкового черепа в чоловіків у середньому дорівнює 1559 см^3 , у жінок – 1347 см^3 . Однак відносний об'єм черепа на одиницю довжини тіла в жінок більший, ніж у чоловіків. Мозковий череп краще розвинений у жінок, а лицевий – у чоловіків.

Зовнішня форма черепа багато в чому залежить від розвитку й функції м'язів голови та шиї, які мають моделюючий вплив на кістки черепа. Відомо, що недорозвинення або відсутність одного чи декількох жувальних м'язів з одного боку голови призводить до асиметрії обличчя й згладжування рельєфу зовнішньої та внутрішньої поверхонь черепа. Після втрати ока спостерігається зменшення очної ямки, змінюється положення стінок передньої черепної ямки з відповідного боку.

Яка б не була мінлива форма черепа людини, це не впливає на її розумові здібності. Про це свідчать приблизно

однакові розміри черепа в представників різних рас. Наприклад, поздовжній розмір чоловічого черепа в представників європеїдної раси в середньому дорівнює 180,7 мм, у монголоїдної раси – 184,6 мм, у негроїдної – 185,2 мм. За даними антропологів, індіанці племені сіу мають дуже великі розміри голови. Об'єм мозкового черепа в південноафриканських негрів та ескімосів – близько 1550 см³, що в середньому дещо більше, ніж у багатьох європейців. За даними В. В. Гінзбурга (1963), об'єм мозкового черепа в австралійців становить 1347 см³, голландців – 1382 см³, швейцарців – 1367 см³, бурятів – 1496 см³. Дещо менші розміри голови в бушменів і пігмеїв, оскільки вони меншого зросту.

Геронтологічні зміни. Структурна перебудова кісток черепа триває все життя, але особливо ці зміни помітні в людей похилого й старечого віку. У похилому та старечому віці рельєф кісток черепа згладжується. Кістки стають більш тонкими, у них частково розсмоктується губчаста речовина, зменшується еластичність кісток. Череп стає ламким (крихким) і легким. Це пов'язано з утратою зубів і згладжуванням зубних альвеол, послабленням жувальної функції та частковою атрофією жувальних м'язів. Спостерігається також асиметрія черепа через переважну роботу жувальних м'язів на одній стороні голови.

Розвиток і вікові особливості скелета кінцівок. Функції верхніх та нижніх кінцівок у людини різноманітні. Верхні кінцівки є органами праці, вони дуже рухливі, здатні виконувати найрізноманітніші, досить тонкі рухи. Нижні кінцівки служать для опори та переміщення, їхні кістки й з'єднання більш масивні, рухливість, порівняно з верхніми кінцівками, обмежена.

Скелет верхньої кінцівки складається із пояса верхніх кінцівок (плечовий пояс) і вільних верхніх кінцівок. Пояс верхніх кінцівок із кожної сторони має дві кістки – лопатки й ключиці. Кожна лопатка з'єднується з ключицею, а остання, зі свого боку, – із грудиною та ребрами. Скелет вільної верхньої кінцівки складається з плеча, передпліччя й кисті. Плече утворене плечовою кісткою. Передпліччя складається з ліктьової та променевої кісток. У кисті розрізняють зап'ясток, п'ясток і фаланги пальців (рис. 15).

До складу зап'ястка входить вісім губчастих кісток, які розміщені у два ряди й рухливо з'єднані між собою. П'ясток складається з п'яти подібних між собою коротких трубчастих кісток. Фаланг у кожному пальці – по три та лише у великому пальці – дві. Кісти зап'ястка утворюють склепіння, повернуте угнутістю до долоні. У новонародженого угнутість склепіння ледь помітна та стає добре вираженою в сім років, а процес окостеніння кісток зап'ястка закінчується в 10–13 років (у цей час закінчується окостеніння фаланг пальців) (табл. 7).

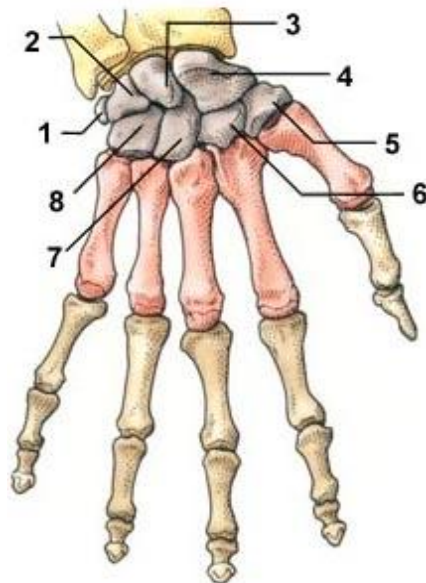


Рис. 15. Кістки кисті: 1 – горохоподібна; 2 – тригранна; 3 – півмісяцева; 4 – човноподібна; 5 – велика трапецієподібна; 6 – мала трапецієподібна; 7 – головчаста; 8 – гачкувата.

Таблиця 7

Терміни утворення точок скостеніння в кістках верхніх кінцівок людини після народження

Назва кісток	Місце утворення точок скостеніння	Термін виникнення точок скостеніння	Термін зрощення з тілом кісток, роки
--------------	-----------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------

Лопатка	Шийка лопатки	Кінець другого місяця	3–7
	Дзьобоподібний відросток	1 рік	15–17
	Надплечовий відросток	15–18 років	18–19
	Присередній край	15–19 років	20–21
Ключиця (тіло минає хрящову стадію)	Груднинний кінець	16–18 років	20–25

Закінчення таблиці 7

Плечова кістка	Головка	1 рік	3–7
	Великий горбок	1–5 років	3–7
	Малий горбок	1–5 років	15–25
	Головочка	1–5 років	13–21
	Бічний надвіросток	4–18 років	13–21
	Присередній надвіросток	4–11 років	13–21
	Блок	7–16 років	13–21
Ліктьова кістка	Проксимальний епіфіз	7–14 років	13–20
	Дистальний епіфіз	3–14 років	15–25
Променева кістка	Проксимальний епіфіз	3–10 років	13–21
	Дистальний епіфіз	4–9 років	15–25
Зап'ясткові кістки	Головчаста кістка	1 рік	15–25
	Гачкувата кістка	1 рік	
	Тригранна кістка	6 міс. – 7,5 років	
	Півмісяцева кістка	6 міс. – 9,5 років	
	Човноподібна кістка	2,5–9 років	
	Кістка–трапеція	1,5–10 років	
	Трапецієподібна кістка	2,5–9 років	
Горохоподібна кістка	6,5–16,5 років		
П'ясткові кістки	Епіфізи	10 міс. – 7 років	15–25
Фаланги	Епіфізи	5 міс. – 7 років	14–21

Усі кінцівки, за винятком ключиць, які розвиваються зі сполучної тканини, проходять три стадії розвитку: сполучно-тканинну, хрящову та кісткову. Процес окостеніння ключиці починається на шостому тижні ембріонального розвитку й майже повністю закінчується до моменту народження.

У новонародженого всі довгі кістки (плечова, променева та ліктьова) мають кісткові діафізи й хрящові епіфізи. У діафізах трубчастих кісток перші точки окостеніння (первинні) з'являються в кінці другого – на початку третього місяця внутріутробного розвитку, в епіфізах та апофізах (буграх) – після народження. Лише в деяких епіфізах починається окостеніння незадовго до народження. Зрівняння епіфізів із діафізами, зазвичай, відбувається в 13–15 років, причому в дівчаток – на 1–2 роки раніше, ніж у хлопчиків.

Окостеніння хрящів зап'ястка починається на першому році життя в головчастій та гачкуватій кістках, на 2–3 роках – у тригранній, у 3–4 – у півмісяцевій, у 4–5 років – у човноподібній, у 4–6 – у трапецієподібній, у 7–15 – у горохоподібній. Сесамоподібні кістки в першому п'ястково-фаланговому суглобі з'являються в 12–15 років. У 15–18 років нижній епіфіз плечової кістки зливається з її тілом, а верхні епіфізи зростаються з кістками передпліччя. Окостеніння проксимальних і дистальних епіфізів фаланг відбувається на третьому році життя.

«Кістковий вік» визначають центри окостеніння кисті. У ключиці, лопатці та плечовій кістці процеси окостеніння завершуються до 20–25 років, у променевій – у 21–25 років, ліктьовій – до 21–24, у кістках зап'ястка – у 10–13 років, п'ястка – у 12, фалангах пальців – у 9–11 років. У жінок процеси окостеніння завершуються в середньому на два роки швидше, ніж у чоловіків. Останні центри окостеніння відмічені в ключиці та в лопатках – у 18–20 років, у плечовій кістці – у 12–14 років, променевій – у 5–7, у ліктьовій – у 7–8 років, у п'ясткових флангах пальців – у 2–3 роки. Окостеніння сесамоподібних кісток, зазвичай, починається в період статевого дозрівання: у хлопчиків

– у 13–14 років, у дівчаток – у 12–13 років. Початок злиття частин першої п'ясткової кістки свідчить про наявність статевого дозрівання.

Терміни окостеніння кісток рук повинні враховуватися під час навчання дітей трудових рухів та фізичних вправ, а також письма й малювання. Діти не повинні виконувати фізичні навантаження, які порушують нормальний процес окостеніння.

Скелет нижньої кінцівки складається з тазового пояса та вільної кінцівки – ноги. Тазовий пояс дорослої людини утворений двома тазовими (безіменними) кістками, які за допомогою малорухомих суглобів сполучаються з крижами в замкнуте кільце. У дітей і підлітків кожна тазова кістка складається з трьох кісток: клубової, сідничної й лобкової, з'єднаних між собою хрящовою тканиною.

Нога людини складається зі стегна, гомілки та стопи. Стегно утворене стегновою кісткою (найбільша й найдовша кістка людини). Гомілка складається з великої та малої гомілкових кісток, які лежать паралельно й з'єднані між собою міжкістковою перетинкою. У стопі розрізняють передплесно, плесно та фаланги пальців. Передплесно складається із семи добре розвинених губчастих кісток, розміщених у два ряди. Плесно утворене п'ятьма короткими трубчастими кістками, які задніми кінцями зчленовуються з кістками передплесна, а передніми – із фалангами пальців (рис. 16).

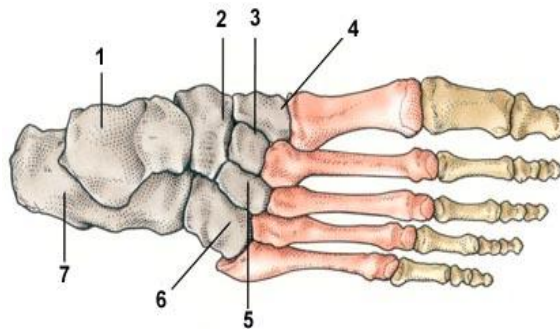


Рис. 16. Кістки стопи: 1 – надп'яткова; 2 – човноподібна; 3 – проміжна клиноподібна; 4 – медіальна клиноподібна; 5 – латеральна клиноподібна; 6 – кубоподібна; 7 – п'яткова.

У кістках пояса нижніх кінцівок (клубової, сідничної та лобкової) точки окостеніння з'являються в період від 3,5 до 5,5 місяців внутріутробного розвитку.

У постнатальному онтогенезі зміна форми й розмірів таза відбувається під впливом сили тяжіння тіла, органів черевної порожнини, м'язів, а також статевих гормонів. Унаслідок таких різноманітних впливів збільшується передньо-задній розмір таза (із 2,7 см у новонародженого до 9,5 см – 12 років). Кістки таза інтенсивно ростуть у перші три роки життя. Їх зрощування починається в 5–6 років, до 7–8 – зрощуються лобкова та сіднична кістки, у 12–15 років тазова кістка повністю зростається (табл. 8). У дівчаток поперечний розмір входу в малий таз особливо швидко збільшується з восьми до 10 років, із 10–12 років спостерігається деяке зменшення приросту, із 12 до 14–15 – розмір таза стає таким, як у дорослих. Статеві відмінності форми таза помітні після дев'яти років: у хлопчиків таз більш високий і вузкий, ніж у дівчаток (рис. 17).

Таблиця 8

Терміни утворення точок скостеніння в кістках нижніх кінцівок людини

Назва кісток	Місце утворення точок скостеніння	Термін утворення точок скостеніння	Термін зрощення з тілом кісток, роки
Кульшова кістка	Сіднична кістка	4 міс. внутрішньо-утробного розвитку	13–15
	Лобкова кістка	5 міс. внутрішньо-утробного розвитку	
	Клубова кістка	6 міс. внутрішньо-утробного розвитку	20–25
	Додаткові точки	13-15 років	

Стегнова кістка	Головка	1–2 роки	15–22
	Великий вертлюг	1,5–9 років	14–25
	Малий вертлюг	6–14 років	14–22
	Дистальний епіфіз	6 міс. внутрішньо- утробного розвитку – 3 міс. першого року життя	15–24
Наколінок		2–6 років	15–24
Велико-гомілкова кістка	Проксимальний епіфіз	7 міс. внутрішньо- утробного розвитку – 4 роки	16–25
	Горбистість	6–16 років	17–24
	Дистальний епіфіз	1–2 роки	14–24

Закінчення таблиці 8

Мало-гомілкова кістка	Проксимальний епіфіз	2–6 років	17–25
	Дистальний епіфіз	3 міс. – 3 роки	15–25
Зап'ясові кістки	Надп'яткова, п'яткова й кубоподібна кістка	5–6 міс. внутрішньо- утробного розвитку – 1 рік	12–22
	П'ятковий горб	5–12 років	13–16
	Бічна клиноподібна кістка	9 міс. внутрішньо- утробного розвитку – 3–5 років	
	Присередня клиноподібна кістка	9 міс. внутрішньо- утробного розвитку – 4 роки	12–22
	Проміжна клиноподібна кістка	9 міс. внутрішньоутробного розвитку – 5 років	
П'ясові кістки	Епіфізи	1,5–7 років	13–22
Фаланги	Епіфізи	1,5–7,5 років	11–22

Терміни розвитку тазового пояса потрібно враховувати при різноманітних навантаженнях, особливо для дівчат, у яких при ходінні на високих каблуках незрощені кістки таза можуть помітно зміститися. Це призведе до їх неправильного зрощення й звуження виходу з порожнини малого таза та, як наслідок, ускладнить пологи.

У стегновій кістці до моменту народження кістковим є лише діафіз, інші її частини складаються із хряща. Центр скостеніння в дистальному наростку стегнової кістки виникає до народження дитини або до трьох місяців після народження. На першому році виникає центр скостеніння в головці стегнової кістки, у великому вертлюзі – на 2–9 році, у малому вертлюзі – на 6–14 році.

Зрощення наростків (епіфізів) і приростків (вертлюгів) із тілом (діафізом) стегнової кістки відбувається на 14–22 році життя.

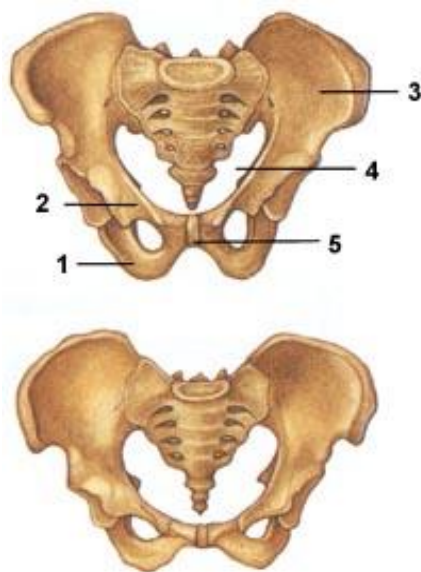


Рис. 17. Статеві відмінності в будові таза (угорі – таз чоловіка, знизу – таз жінки): 1 – сіднична кістка; 2 – лобкова кістка; 3 – клубова кістка; 4 – тазовий вхід; 5 – лобковий симфіз.

У хрящовому надколінку у 2–6-річних дітей утворюються кілька центрів скостеніння, що зростаються в одну кістку до семи років життя дитини. Центр скостеніння в проксимальному наростку (епіфізі) великогомілкової кістки виникає ще до народження дитини або незабаром після народження (іноді до

чотирьох років). У дистальному наростку (епіфізі) центр скостеніння виникає впродовж перших двох років життя дитини. Дистальний наросток (епіфіз) зростається з тілом (діафізом) на 14–24 роках життя, проксимальний – у віці від 16 до 25 років. Центр скостеніння в дистальному наростку (епіфізі) малоомілкової кістки закладається впродовж трьох років життя дитини, у проксимальному наростку (епіфізі) – на 2–6 році. Дистальний наросток (епіфіз) зростається з тілом (діафізом) кістки на 15–25, проксимальний – на 17–25 році.

Кістки передплесни розвиваються швидше кісток зап'ястка. Ядра окостеніння з'являються в них ще на 5–9 місяці внутрішньоутробного розвитку – у п'ятковій, кубоподібній, таранній. У клиноподібних кістках вони виникають до чотирьох років після народження, у човноподібній – у чотири з половиною роки. Окостеніння п'яткової кістки закінчується у 12–16 років. Інші (вторинні) точки утворюються після народження.

Тіла фаланг починають утворюватися на третьому місяці внутрішньоутробного життя. Кістки плесна костеніють пізніше, ніж кістки передплесна, у 3–6 років. Окостеніння фаланг стопи проходить на 3–4 роках життя. Основи фаланг зростаються зі своїми тілами тільки на 11–22 році. Завершення окостеніння кісток нижніх кінцівок відбувається в такому порядку: стегнова, великогомілкова, малоомілкова – до 20–24 років, плесна – до 17–21 у чоловіків і до 14–19 років – у жінок, фаланги – до 15–21 у чоловіків і 13–17 – у жінок.

Розвиток синовіальних сполучень (суглобів) починається на шостому тижні ембріонального розвитку. Суглобові капсули новонародженого міцно натягнені, більшість зв'язок ще не сформувалися. Найбільш інтенсивно розвиток суглобів і зв'язок проходить до 2–3 років життя, що пов'язано з наростанням рухової активності дитини. У дітей 3–8 років розмах рухів у всіх суглобах збільшується, одночасно прискорюється процес колагенізації фіброзної мембрани суглобових капсул, зв'язок. Формування суглобових поверхонь, капсул і зв'язок завершується, здебільшого, в підлітковому віці (13–16 років).

У новонароджених дітей нижні кінцівки ростуть швидше, вони стають довшими за верхні. Найбільша швидкість росту нижніх кінцівок помічена в хлопчиків у 12–13 років. У дівчаток збільшення довжини ніг відбувається у 13–14 років.

Стопа людини утворює склепіння, яке спирається на п'яткову кістку й на передні кінці кісток плесна. Розрізняють повздовжнє та поперечне склепіння стопи. Повздовжнє, пружинне склепіння стопи властиве тільки людині, його формування пов'язано з прямоходінням. По склепінню стопи рівномірно розподіляється маса тіла, що має велике значення при перенесенні важких речей. Склепіння діє як пружина, пом'якшуючи поштовхи тіла під час ходьби. У новонародженої дитини склепінчастість не виражена, вона формується пізніше, коли дитина починає ходити. Склепінчасте розташування кісток стопи підтримується великою кількістю міцних суглобних зв'язок. При тривалому стоянні й сидінні, перенесенні важких вантажів, носінні вузького взуття зв'язки розтягуються, що призводить до сплюснення стопи – розвивається плоскостопість. Несприятливо позначається на стані стопи постійне перебування дітей у приміщенні в теплому та м'якому взутті, бо це розслаблює м'язи. При плоскостопості порушується постава, через погіршення кровопостачання швидко настає втома нижніх кінцівок, яка часто супроводжується ломотою, болем, судомами.

Розвиток і вікові особливості м'язів. Організм людини на будь-якому віковому етапі є єдиним цілим. Усі його фізіологічні системи: нервова, опорно-рухова, серцево-судинна та ін. – тісно взаємопов'язані, функціональні зміни в одній із фізіологічних систем призводять до змін діяльності в іншій. Наприклад, нервова система керує роботою опорно-рухової системи, нервові імпульси викликають м'язові скорочення, забезпечуючи їх узгодженість між собою, та змінюють у м'язах інтенсивність обмінних реакцій. М'язова діяльність у допустимих межах здійснює тонізуючий вплив на функціональний стан усіх відділів нервової системи. Позитивно впливає м'язова діяльність і на вегетативні функції організму: активізується дихання та робота серцево-судинної системи, змінюються процеси обміну речовин,

процеси виділення тощо.

Особливе значення м'язова діяльність має для організму дитини, яка росте. *Обмеження рухливості або м'язові перевантаження порушують гармонійність розвитку та є важливим патогенетичним фактором у розвитку багатьох захворювань.* Тому навчання й виховання передбачають не лише розвиток розумових здібностей дитини, але і їх фізичне вдосконалення.

Розрізняють м'язову тканину *посмуговану* (скелетна, серцева) й *непосмуговану*. **Посмуговані скелетні м'язи** – це активна частина опорно-рухової системи, скорочення якої зумовлює переміщення частини та всього тіла в просторі. Скелетні м'язи повністю покривають скелет людини (звідси – їхня назва), тому не тільки скелет, але й м'язи визначають фігуру людини. Скелетні м'язи підтримують рівновагу та певну позу тіла. В організмі людини нараховується близько 600 скелетних м'язів.

Тримання тіла у вертикальному положенні, надання йому певної пози під час сидіння й лежання можливе завдяки постійному напруженню, або тонусу м'язів. Скелетні м'язи є місцем, де запасається глікоген, який потрібний для них як джерело енергії під час скорочення (після перетворення на глюкозу), а організм може використати глікоген лише в надзвичайних ситуаціях. Скелетні м'язи містять специфічні рецептори м'язового чуття, які дають змогу контролювати положення тіла. Основними фізіологічними функціями м'язів є збудливість, провідність і скоротливість. Одним із результатів м'язового скорочення є вироблення тепла.

М'язи тіла людини розвиваються із **середнього зародкового листка (мезодерми)**, тієї його задньобочкової частини, яка входить до складу сегментів тіла – сомітів. Ці зачатки мускулатури – *міотомми* – розростаються: із задніх їхніх відділів (дорсальних) утворюються м'язи спини, із передніх (вентральних) – м'язи грудей і живота. М'язи кінцівок формуються із передніх відділів деяких тулубових міотомів, які врастаються в зачатки кінцівок.

М'язи голови (жувальні, мимічні) і деякі м'язи шиї розвиваються із м'язових зачатків вісцеральних і зябрових дуг.

М'язові волокна утворюються з одноядерних ембріональних м'язових клітин – *міобластів*. Міобласти об'єднуються, зливаються в багатоядерні структури (волокна), у яких з'являються міофібрили й поперечносмугаста тканина.

Формування м'язів відбувається гетерохронно: насамперед розвиваються м'язи, які понад усе необхідні для виконання життєво важливих функцій. Наприклад, спочатку утворюються мимічні м'язи, діафрагма, міжреберні м'язи, м'язи стоп та набагато пізніше – кінцівок. Тому на момент народження ступінь розвитку мускулатури різний.

У новонароджених маса всіх м'язів становить 23 % від маси тіла. Після народження м'язи ростуть, поступово збільшуються їхні розміри й маса (у вісім років – 27 %, у 12–13 – 29 %, у 15 років – 33 %, у 17–18 років вона досягає 43–44 % від маси тіла). У м'язах новонародженого сухожилки розвинуті слабо й розвиваються, зазвичай, до 12–14 років. У немовлят насамперед розвиваються м'язи живота, пізніше – жувальні. На кінець першого року життя у зв'язку з ходінням помітно ростуть м'язи спини й кінцівок. На руках спочатку розвиваються крупні м'язи плеча, передпліччя; значно пізніше – м'язи кисті. Тому до шести років точна робота пальцями утруднена, що перешкоджає ранньому навчанню письму. До першого року краще розвинені м'язи плечового пояса та рук, ніж м'язи таза, стегна й ніг.

У період статевого дозрівання подовжуються інтенсивно розвиватися сухожилки м'язів унаслідок подовження трубчастих кісток, зміцнюються зв'язки, зростає об'єм м'язів. На завершальних етапах пубертатного періоду в хлопців приріст м'язової маси (рук, спини, плечового пояса) особливо виражений.

Після 15 років інтенсивно розвиваються дрібні м'язи, що сприяє підвищенню точності рухів і координаційних можливостей. У 15–18 років відбувається інтенсивний ріст м'язів у товщину. Розвиток м'язів триває до 25–30 років. Ріст м'язів у

довжину продовжується до 23–25 років. Найбільш інтенсивний ріст м'язових волокон і м'язів у цілому відбувається в дитячому й підлітковому віці. За весь період росту дитини маса мускулатури збільшується в 35 разів.

У всіх випадках збільшення м'язової маси зумовлене збільшенням діаметра та довжини м'язових волокон. Наприклад, у новонароджених їх діаметр (мкм) становить 6,5–8,0; у три роки – 12–16; у сім – 21–22; у 14–17 – 26–28. Ріст м'язового волокна в довжину відбувається за рахунок точок росту на кінцях волокна, прилеглих до сухожилка. Число ядер у м'язових волокнах із віком знижується: при народженні в одному волокні – 40–45 ядер, у три роки – 18, у 14–17 – шість. Як правило, число м'язових волокон не змінюється.

Диференціювання волокон на швидкі (білі, анаеробні) та повільні (червоні, аеробні) відбувається на 20 тижні внутріутробного розвитку, але у функціональному відношенні відмінності між ними ще довго не виявляються. До 7–10 років основна маса м'язів складається з червоних м'язових волокон. За рахунок густої сітки капілярів вони забезпечують усю діяльність м'язів. У період статевого дозрівання починають розвиватися (паралельно з відповідними – мотонейронами) білі м'язові волокна, що викликає підвищення сили та швидкості м'язового скорочення й покращує координаційні здібності. Саме в ці роки вигідно розвивати швидкісні, силові та швидкісно-силові якості.

У новонароджених кількість білків, зокрема регуляторних, у м'язах у два рази менше, ніж у дорослих. При цьому м'язи містять фетальну форму міозину, яка володіє низькою АТФ-азною активністю та високою антихолінестеразною активністю. На ранніх етапах онтогенезу швидкість взаємодії актину й міозину низька, а тривалість активного стану – велика. Підвищення з віком АТФ-азної активності та роботи кальцієвих помп, що відкачують іони кальцію в цистерни саркоплазматичного ретикулуму, сприяє зростанню швидкості м'язового скорочення.

В антенатальному й ранньому постнатальному періоді характер галуження кровоносних судин у м'язах дифузного або перехідного типу; у подальшому галуження судин набуває магістрального типу. У цілому вже в ранньому онтогенезі капілярна мережа в м'язах розвинена добре – вона густа й рясна. Еферентні нерви скелетних м'язів дозрівають поступово та досягають «дорослого» стану до 11–13 років. Швидкість проведення збудження по рухових волокнах зростає у два рази: наприклад, у ліктьовому нерві в новонародженого вона рівна 31 м/с, а в дорослого – 62 м/с. Підвищення провідності пояснюється збільшенням діаметра нервових волокон, їх мієлінізацією, підвищенням амплітуди потенціалу дії (ПД), просторовим перерозподілом іонних каналів (концентрацією в ділянці перетяжки Ранв'є).

Нервово-м'язові синапси формуються на 13–14 тижні внутріутробного періоду, але остаточного розвитку досягають до 7–8 років. У новонароджених синапс має примітивну будову (ембріональний тип), у процесі розвитку збільшується число термінальних розгалужень, ускладнюється їхня форма, з'являється складчастість постсинаптичної мембрани, на якій зростає кількість холінорецепторів; синапси покриваються шаром шванівських клітин. Дозрівання синапсів відбувається гетерохронно: у м'язах язика, наприклад, вони дозрівають до моменту народження, а в м'язах кінцівок – до 7–8 років. Із віком здійснюється перехід від «множинної» іннервації до поодинокі, тобто «1 волокно – 1 синапс».

Змінюється й характер передачі в синапсах: зростає швидкість передачі збудження (у новонароджених синаптична затримка рівна 4,5 мс, у дорослих – 0,5 мс) та лабільність (у новонародженого за 1 с передається до 20 ПД, у дорослих – 80–100 ПД).

Пропріорецептори активно функціонують уже у внутріутробному періоді. На постнатальному етапі відбувається їх переміщення в ці ділянки м'язів, які піддаються найбільшому розтягуванню. Аферентні нерви добре розвинені в новонароджених. Проте у функціональному відношенні вони

«дозрівають» до 7–8 років. До цього ж часу істотного розвитку досягає й коркова частина рухового аналізатора. Сприйняття стану м'яза переважно припадає на період дозрівання передніх (лобових) асоціативних зон. Кіркова частина рухового аналізатора розвивається поступово, досягаючи «зрілості» до 13–15 років. Значну роль у становленні рухового аналізатора виконує трудове й фізичне виховання.

Мембранний потенціал м'язових волокон у новонароджених складає 55–60 мВ. За рахунок збільшення проникності для іонів калію, натрію, підвищення роботи натрій-калієвої помпи вже до трьох місяців він досягає 70–80 мВ. Потенціал дії в плода має платоподібну форму (як у серцевого м'яза), а до моменту народження він набуває типового для скелетних м'язів пікоподібного характеру. У процесі онтогенезу підвищуються його амплітудні й швидкісні характеристики. Для м'язів новонароджених характерні низька збудливість і лабільність (велика тривалість абсолютної рефрактерної фази, висока реобаза та хронаксія), низька швидкість скорочення й розслаблення, а також висока чутливість до ацетилхоліну. Такі м'язи не здатні до розвитку тетанусу, зокрема гладкого. У постнатальному розвитку всі ці властивості змінюються та досягають значень, характерних для дорослих, до 9–15 років.

У плода переважає тонус м'язів-згиначів, що сприяє створенню оптимальної для нього пози. У новонароджених навіть під час сну тонус усіх м'язів, особливо м'язів-згиначів, підвищений. Така своєрідна форма рухової активності важлива для терморегуляції, для стимуляції м'язового росту, а також для реалізації антигравітаційних реакцій. Підвищений тонус згиначів пояснюється відносно високою активністю червоного ядра та (або) незрілістю вестибулярних ядер. У міру дозрівання пірамідної системи (шість місяців після народження та пізніше) тонус м'язів-згиначів знижується, що має важливе значення для розвитку локомоторних функцій – сидіння, стояння й ходьби.

За рахунок комплексу безумовних рухових рефлексів плід робить рухи (локомотивні реакції), які сприймаються матір'ю

як ворущіння. Частота рухів плода залежить від його стану. Наприклад, незначна гіпоксія може приводити до їх почасти- шання, а глибока – до гальмування. Тому реєстрація рухів плода (фетоактографія) може мати велике клінічне значення для оцінки стану плода. Рухова активність плода сприяє його нормальному розвитку, виконує (як і в постнатальному періоді) роль периферичного серця, створює умови для утримання плода в головному положенні й певною мірою забезпечує індукцію пологів, а також сам процес народження плода.

Розвиток трудової активності та координації рухів. У новонародженої дитини спостерігаються безладні рухи кін- цівок, тулуба, голови, простежується здатність до плавального рефлексу, прояв якого особливо виражений на 30–40 день життя: дитина здатна самостійно утримуватися на воді 15 хви- лин (якщо рефлекс не розвивати – він згасне). Координація м'язів ока, що спостерігається на 2–3 тижні, відображає пер- ший прояв становлення механізмів цілеспрямованої рухової активності й координації. Вона проявляється у фіксації погляду дитини на яскравому предметі, слідкуванні за рухами високо- піднятої іграшки. Наростання тонузу потиличних м'язів дає змогу дитині у 1,5–2 місяці піднімати голову (утримання голівки у вертикальному положенні при вертикальній позі дитини або підйом її при положенні на животі); у 2–2,5 місяця – до координації м'язів рук (наближення руки до ока чи до носа, потирання руками ока або носа, обмацування своїх рук, перебирання пальцями ковдри чи пелюшки). Потім форму- ються механізми, що забезпечують цілеспрямовані рухи, – утримання іграшки двома руками (3,5 місяця), активне протягування руки до предмета, хапання предмета (5 місяців), ножицеподібне хапання предметів за рахунок стулення вели- кого й середнього пальців (9–10 місяців), клешнеподібне хапання предметів, тобто захоплення з використанням кін- цевих фаланг великого та вказівного пальців (12–13 місяців).

Координація м'язів спини виявляється в тому, що дитина здійснює поворот зі спини на бік (чотири місяці), зі спини на

живіт (пять місяців), поворот із живота на спину (5–6 місяців). Завдяки координації м'язів ніг у дитини з'являється здатність самостійно сидіти (шість місяців), повзати з перехресним рухом рук і ніг уперед (7–8 місяців), пересуватися рачки, тобто повзати з підведеним животом (вісім місяців).

Важливим етапом у становленні координаційних механізмів є реалізації пози стояння (8–9 місяців) і ходьба: 10–11 місяці – перші кроки; 12–16 місяців – ходьба на зігнутих у колінному й кульшовому суглобах ногах; 2–3,5 роки – ходьба на «витягнутих паличках», тобто не згинаючи ніг; 4–5 років – зріла хода із синхронними маршируючими рухами рук. За рахунок появи координації між м'язами ніг, рук, тулуба та шиї в 4–15 років удосконалюється ходьба, збільшується довжина кроку, формується правильна постановка стоп (під кутом 35° до сагітальної осі), правильне поєднання рухів рук та правильна постава при ходьбі. На кінець першого року життя дитини кроки короткі, положення тіла нестійке. До чотирьох років довжина кроку досягає 40 см, від восьми до 15 років довжина кроку збільшується, а темп ходьби зменшується.

У процесі розвитку формуються й інші види координації, які забезпечують збереження рівноваги при ходьбі (3–4 роки), здійснення бігу (3–15 років) і стрибків (4–15 років). У цілому послідовний розвиток координаційних здібностей людини призводить до того, що до 3–5 років формуються всі природні види руху. У 4–5 років дитині доступні такі складні локомоції, як біг, стрибання, катання на ковзанах, плавання, гімнастичні вправи. Діти раннього віку при підстрибуванні не відривають ніг від землі, із трьох років злегка відривають ноги від землі, лише в 6–7 років спостерігається координація нижніх кінцівок при стрибках. Після 13 років різниця в стрибках у довжину стає виражена залежно від статі, а при стрибках у висоту – з 11 років. Діти 4–5-річного віку можуть малювати, грати на музичних інструментах, але всі ці рухи багато в чому недосконалі, і лише до 15 років (за рахунок багаторазового повторення та навчання) вони позбавляються цього недоліку. Період статевого дозрівання вносить до цього процесу тим-

часові «негативні» корективи. У цілому вік від шести до 14 років – це найбільш продуктивний період розвитку рухових навичок і фізичної досконалості, а період від 18 до 30 років є «золотим» віком для розвитку моторики.

Вікові зміни рухової діяльності та координації рухів. У процесі росту й розвитку дитини розвиваються ті рухові якості й координаційні здатності, для яких існує свій сенситивний період, тобто найсприятливіший для ефективного його розвитку. Розвиток м'язової сили відбувається переважно за рахунок росту м'язової маси (гіпертрофії) і підвищення ефективності керування м'язами та має гетерохронний характер: наприклад, сила м'язів-розгиначів спини досягає максимуму в 16 років, а м'язів-згиначів спини – у 20 років. Розвиток м'язової сили проходить нерівномірно: найінтенсивніше – у підлітковому віці, до 18 років приріст сили сповільнюється, а до 25–26 – призупиняється. Наприклад, м'язова сила кисті в сім років становить 12–13 кг, у 10 – 17–20 кг, у 14 – 27–35 кг, у 17–31 – 48 кг; станова сила в сім років досягає 31–34 кг, у 10 – 38–42 кг, у 14 – 53–54 кг.

Розвиток швидкості рухових актів пов'язаний із підвищенням швидкості м'язового скорочення, проведення збудження по нерву та синапсу, швидкістю обробки сенсорної інформації й прийняттям рішення в корі великих півкуль. Розвиток рухових процесів починається з 4–5 років, досягає максимуму в 14–30 років; сенситивний період припадає на вік від шести до 14 років. Точність руху відображає міру координації рухових актів, яка залежить від розвитку рухового аналізатора. У 4–5 років діти не можуть здійснювати тонкі, точні рухи. Ріст точності починається з 6–7 років, досягає максимуму до 25–30 років; сенситивний період припадає на 11–16-річний вік. Спритність, тобто здатність максимально швидко виконати точний рух, є комбінацією двох якостей – швидкості та точності. Вона розвивається після шести років, досягає максимуму до 17 років, а її сенситивний період припадає на 8–13 років.

Розвиток витривалості до тривалого виконання статичної та динамічної роботи (загальна витривалість) визначається

збільшенням аеробної й анаеробної продуктивності організму, а також формування механізмів, що перешкоджають розвитку втоми. Розвиток витривалості відбувається повільно, переважно в період статевого дозрівання, тому дітям до 12–13 років слід уникати тривалих навантажень. Максимальних значень витривалість досягає у 25–30 років. Одним із показників витривалості до статичних навантажень є тривалість розвитку м'язами кисті зусиль, що становлять 50 % від максимуму: у сім років вона рівна 57–59 с, у 10 – 84–88 с, у 14 – 94–105 с, а в 17 років – 108–114 с. Добрим засобом тренування витривалості є ходьба, повільний біг, пересування на лижах. До 14 років м'язова витривалість дорівнює 50 %, до 16 – 80 %.

Показником загальної (аеробної) витривалості або працездатності є величина *максимального споживання кисню* (із розрахунку на кг маси досягає найбільших значень до 17 років, абсолютне максимальне споживання кисню – до 25 років), а також потужність фізичної роботи (PWC_{170}), при якій частота серцевих скорочень (ЧСС) становить 170 уд. / хв. У розрахунку на кг маси тіла ця величина складає в 10 років – 11–12 кгм / хв, у 14 років – 14–15 кгм / хв, а в 16 – 15– 17 кгм / хв.

Школярі в 7–11 років мають низькі показники м'язової сили й пристосовані до короткочасних швидкісно-силових вправ динамічного характеру. Період росту м'язової сили в хлопчиків – у 14–17 років, у дівчаток – 14–15 років.

За рахунок інтенсивного розвитку в 7–11 років, швидкості рухів (частоти, швидкості рухів, часу реакції тощо) школярі дуже добре адаптуються до швидкісних навантажень і можуть показувати чудові результати з бігу, плавання, тобто там, де швидкість рухів має провідне значення. Велика рухомість хребта, висока еластичність зв'язок зумовлюють високий приріст гнучкості в 7–10 років, у 13–15 років цей показник досягає максимуму. У 7–10 років високими темпами розвивається спритність рухів, до 12–14 – відбувається підвищення влучності кидків, попадання в ціль, точності стрибків.

Різнобічна м'язова діяльність підвищує працездатність організму, при цьому зменшуються енергетичні витрати орга-

нізму на виконання роботи. При систематичному виконанні фізичних вправ і навантажень формується досконаліший механізм дихальних рухів, збільшується глибина дихання, підвищується використання кисню тканинами організму.

Унаслідок кінезофілії, тобто біологічної потреби організму в русі, для оптимального фізичного й інтелектуального розвитку кожна дитина щодня повинна виконувати певний об'єм м'язового навантаження. У 3–4 роки її величина складає 9–12 тис. кроків у день (що еквівалентне 5–6-годинній руховій довільній активності дитини), у 5–6 років – 11–15 тис. кроків (5–5,5 год), у 7–10 років – 15–20 тис. кроків (4–5 год), в 11–14 – 18–25 тис. кроків (3,5–4,5 год), а в 15–17 років для хлопців – 25–30 тис. кроків (3–4 год), для дівчат – 20–25 тис. кроків (3–4,5 год). Гіпокінезія, як і гіперкінезія, порушує темпи розвитку організму.

Геронтологічні зміни. При старінні в кістках, хрящах і в апараті зв'язок хребта й кінцівок відбуваються виражені дистрофічно-деструктивні зміни. Вони проявляються в таких явищах, як остеопороз і гіперпластичний процес. Одночасно виникають компенсаторно-приспосувальні реакції, спрямовані на відновлення втраченої функції та структури (кістково-хрящові розростання країв тіл хребців і дисків, зміна їх форми, зміна кривизни хребта). Віковий остеопороз, тобто розрідження кісткової маси, або рарефікація, – це зниження маси кісток у результаті зменшення в них матриксу й числа кісткової тканини. Остеопороз обумовлений порушенням синтезу ферментно-білкових систем у кістковій тканині, яке виникає в результаті накопичення дефектів у нуклеотидному складі ДНК. Після 40-річного віку кожні 10 років чоловіки втрачають до 3 % кісткової маси, а жінки – до 8 %. Унаслідок недоліку вітаміну D при старінні порушується й процес кальцифікації скелета, що призводить до остеомаляції, тобто до розм'якшення кісток. Усе це зменшує міцність кісток до стиснення, розтягування та вигинів. Наприклад, у молодих людей кісткова тканина поперекового хребця руйнується при навантаженні у 800–1000 Н / см², а в літніх і старих людей – при навантаженні в

300–400 Н / см². Остеопороз підвищує ризик перелому кісток у літніх і старих людей, особливо в жінок.

Остеопороз – зниження загального об'єму кісткової тканини, що призводить до підвищеної схильності до переломів. Остеопороз – це системне захворювання скелета, що характеризується зниженням щільності кістки, порушенням мікроархітекtonіки кісткової тканини, що призводить до її підвищеної ламкості. Поширеність захворювання становить 0,15–0,52 % дорослого населення, а захворюваність – 25–28 випадків на 100 000 людей на рік. Причини захворювання остеопорозом такі:

- вікові: після 35–40 років кісткова маса й усмоктування кальцію в кишечнику знижуються;

- гормональні: при зменшенні рівня естрогену (патологія яєчників, менопауза) швидкість резорбції кістки збільшується, оскільки дефіцит естрогену знижує активність остеобластів і підвищує чутливість кісткової тканини до ефектів ПтГ;

- генетичні: у чоловіків кісткова маса значно більша, а остеопороз менш виражений, ніж у жінок; у зрілому віці в жінок кісткова маса менша, а остеопороз виражений більше; існує сімейна тенденція до розвитку остеопорозу.

Також значну роль у розвитку остеопорозу відіграють зловживання алкоголем, паління, сидячий спосіб життя, недостатнє фізичне навантаження, недостатнє вживання молочних продуктів, кальцію, вітаміну D, зловживання м'ясними продуктами; суттєве значення має тривалий прийом ліків, особливо глюкокортикоїдних, тироїдних, гіпоталамічних гормонів, діуретиків, а також супутні захворювання. Попередити остеопороз легше, ніж вилікувати. Медикаментозні засоби (кальцитонін, естроген, кальцій, кальцитриол) здатні лише уповільнити швидкість утрати кістки, але, як правило, малоефективні для відновлення вже втраченої кісткової маси.

Важливу роль у розвитку патології опорно-рухового апарату відіграють радіонукліди, надмірну концентрацію яких визначають на територіях, забруднених унаслідок аварії на

ЧАЕС. Особливе значення має ізотропний ізотоп – стронцій-90 та міотропний – цезій-137. Ці радіонукліди довго живуть, мають період напіврозпаду 30 років. Відомо, що стронцій є аналогом кальцію, адсорбується, передусім, кістками таза, черепа, хребцями, ребрами, шийкою стегнової кістки, створюючи так звані «гарячі» плями, або постійне джерело хронічного опромінення, активуючи остеопороз.

Після 50 років у суглобах (особливо в суглобах кисті, хребта) унаслідок зміни судин синовіальної оболонки й численних травмувань відбуваються виражені зміни хрящів (стоншування, утрата еластичності), що спонукає розвиток остеоартритів. Цьому сприяють і дистрофічно-деструктивні процеси в кістковій тканині, за рахунок яких змінюється форма та зближуються суглобові кінці кісток зі збільшенням площі зіткнення й потовщенням їхнього рельєфу.

При старінні на поверхні тіл хребців з'являються патологічні кісткові нарости (остеофіти), які здавлюють корінці спинномозкових нервів, викликаючи гострий біль. Цю симптоматику остеохондрозу підсилює таке явище, як сплющення міжхребетних дисків, що відбувається в результаті втрати води й інших деструктивно-дистрофічних процесів.

При старінні в багатьох людей збільшення кривизни хребта в сагітальній і фронтальній площинах, зниження висоти хребетних дисків і товщини хряща кісток, що утворюють суглоби, призводить до зниження росту. Кожні 20 років ріст зменшується приблизно на 1,27 см.

Різнобічна м'язова діяльність підвищує працездатність організму, при цьому зменшуються енергетичні витрати організму на виконання роботи. При систематичному виконанні фізичних вправ і навантажень формується досконаліший механізм дихальних рухів, збільшується глибина дихання, підвищується використання кисню тканинами організму.

Отже, розвиток рухів і механізмів їх координації найбільш інтенсивно проходить у перші роки життя та до підліткового віку. Їх удосконалення завжди тісно пов'язане з розвитком нервової системи дитини, тому будь-яка затримка в розвитку

рухів повинна викликати настороженість. У підлітковий вік координація рухів унаслідок гормональних перебудов в організмі дитини дещо порушується. Однак це явище тимчасове й після 15 років зникає. Загальне формування всіх координаційних механізмів закінчується в підлітковому віці, а до 18–25 років вони повністю відповідають рівню дорослої людини.

Питання для самоконтролю:

1. Біологічне значення опорно-рухової системи.
2. Хімічний склад кісток та його вікові особливості.
3. Вікові особливості хребта.
4. Вікові особливості грудної клітки.
5. Вікові особливості черепа.
6. Вікові особливості верхніх та нижніх кінцівок.
7. Біологічне значення м'язової системи й розвиток м'язів в онтогенезі.
8. Розвиток рухової активності.
9. Функціонування опорно-рухового апарату в літній період.

РОЗДІЛ 4

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРИ Й ФУНКЦІЙ НЕРВОВОЇ СИСТЕМИ

Нервова система (НС) регулює, поєднує, узгоджує діяльність органів і систем організму, зумовлює його оптимальне функціонування та адаптацію до змін зовнішнього середовища.

Нервова система виконує такі найважливіші *функції*:

- володіє здатністю сприймати, передавати та переробляти інформацію – сенсорна функція, завдяки якій здійснюється зв'язок із зовнішнім і внутрішнім середовищем, забезпечуючи адаптацію до умов існування;

- регулює рухові (моторні) функції органів і систем організму людини;

- забезпечує швидку й узгоджену взаємодію між органами, завдяки чому організм людини функціонує як єдине ціле;

- із діяльністю центральних відділів нервової системи пов'язані вищі психічні функції – відчуття, навчання, пам'ять, свідомість, мова й мислення, – із допомогою яких люди спілкуються, пізнають довкілля та впливають на нього.

Основною структурною й функціональною одиницею нервової системи є *нейрон* – складно побудована нервова клітина, що сприймає, переробляє подразнення та передає їх до різних органів тіла. Тіла нейронів, які з'єднуються одне з одним своїми відростками, утворюють окремі скупчення, які називаються *ядрами та нервовими центрами*. Мільярди взаємозв'язаних нейронів, що формують нервову систему, перебувають під захистом і в оточенні нейроглії.

Скупчення відростків нервових клітин (нервових волокон) укрите зверху сполучнотканинною оболонкою й називається *нервом*. Розрізняють чутливі нерви (*аферентні, доцентрові*), по яких збудження поширюється в напрямку до центральної нервової системи (ЦНС), рухові нерви (*еферентні, відцентрові*), які передають збудження від ЦНС до пери-

феричних органів, та *змішані нерви*, до складу яких входять чутливі й рухові волокна.

Топографічно нервову систему людини поділяють на *центральною та периферичною*.

До *центральної нервової системи* відносять головний і спинний мозок. Головний мозок міститься всередині мозкового черепа, спинний – у хребетному каналі. Головний і спинний мозок складаються із *сірої* (утвореної тілами нейронів та їх відростками – дендритами) і *білої* (утвореної скупченнями нервових волокон – аксонами) речовин.

До *периферичної нервової системи* належать 12 пар черепно-мозкових нервів і 31 пара спинномозкових нервів, їх сплетення, нервові вузли, або ганглії (невеликі скупчення тіл нейронів, що лежать у різних частинах тіла), та нервові закінчення.

Нервова система людини за функцією поділяється на *соматичну й автономну (вегетативну)*.

Соматична нервова система забезпечує іннервацію переважно тіла (шкіри, скелетних м'язів), а також установлює взаємозв'язок із зовнішнім середовищем: сприймає подразнення (дотик, чуття, біль, температуру), формує усвідомлені (підпорядковані свідомості) скорочування скелетних м'язів (захисні та інші рухи).

Автономна (вегетативна) нервова система – регулює обмінні процеси в усіх органах і тканинах, ріст та розмноження, іннервує всі внутрішні органи, ендокринні залози, гладенькі м'язи органів, у тому числі й судин, шкіри, тобто органи, що здійснюють вегетативні функції в організмі (травлення, дихання, виділення, кровообіг тощо) та становлять внутрішнє середовище організму. Автономна нервова система справляє трофічний вплив на центральну нервову систему.

Автономна (вегетативна) нервова система поділяється на *симпатичну й парасимпатичну*. Симпатична частина автономної нервової системи сприяє інтенсивній діяльності організму, особливо в екстремальних умовах, коли потрібне напруження сил. Парасимпатична частина автономної нервової системи сприяє відновленню втрачених організмом ресурсів, забезпечує нормальну життєдіяльність людського організму в

стані спокою та під час сну (уповільнює скорочення серця й зменшує їхню силу, звужує зіниці, знижує кров'яний тиск).

Обидва відділи вегетативної нервової системи регулюються вегетативними центрами, розташованими в гіпоталамусі та лімбічних нервових структурах. Найвищий контроль здійснює кора головного мозку (лобово-скронева зона).

Функціонально вже на першому році життя дитини формується вегетативна нервова система, розвиток і вдосконалення якої відбуваються тривалий час, одночасно з розвитком ЦНС. У дітей дошкільного й молодшого шкільного віку відзначено неврівноваженість симпатичного та парасимпатичного відділів НС щодо їх впливу на іннервовані органи. Так, до семи років життя переважає вплив парасимпатичної нервової системи, чим можна пояснити часті порушення ритму дихання й серцевої діяльності, звуження зіниці, підвищену пітливість, особливо у фізично ослаблених дітей і хворих. Проте є діти, у яких переважає вплив симпатичної нервової системи, тому спостерігається підвищена збудливість нервів, що регулюють діяльність серця та кровоносних судин. Характерна ознака таких дітей – блідність і сухість шкіри та слизових оболонок, мерзлякуватість.

Основні етапи розвитку нервової системи. Розвиток центральної нервової системи відбувається гетерохронно, відповідно до загальнобіологічного закону: філогенетично древніші частини мозку розвиваються швидше від молодших і в певній послідовності: спинний мозок, далі – довгастий, середній, проміжний і кора великих півкуль мозку.

Мозок людини розвивається з ектодерми, що розташована над хордою, у період ембріонального розвитку (рис. 18). З 11 дня внутріутробного розвитку в головному відділі зародка відбувається закладка *нервової пластинки*, яка до 4–5 тижня замикається в *нервову трубку*. Одночасно на межі нервової трубки й ектодерми виникають парні смуги, із яких формуються *гангліонарні пластинки (нервові гребені)*. Із них розвиваються чутливі та вегетативні ганглії, периферична нейроглія (шваннівські клітини), клітини, що формують оболонки черепно-мозкових і спинно-мозкових нервів, нейрони вегетативної

нервової системи, клітини надниркових залоз, пігментні клітини шкіри й ін.

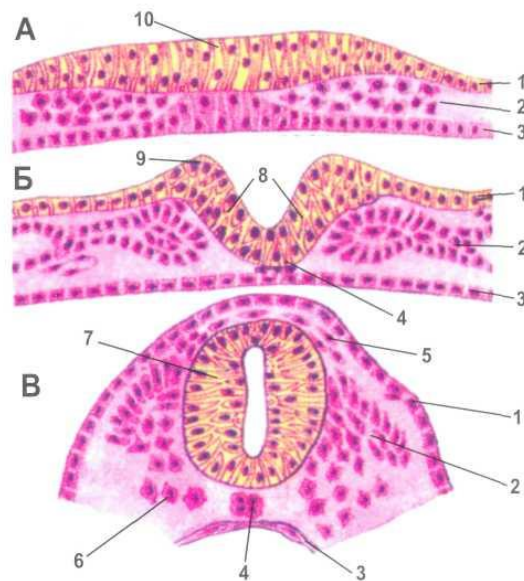


Рис. 18. Ранні стадії розвитку нервової системи людини:
A – нервова пластинка, Б – нервова борозна, В – нервова трубка: 1 – ектодерма; 2 – мезодерма; 3 – ентодерма; 4 – хорда; 5 – гангліозна пластинка; 6 – мезенхіма; 7 – нервова трубка; 8 – нервова борозна; 9 – нервовий валик; 10 – нервова пластинка.

Передній кінець нервової трубки потовщується, тут надалі формується *головний мозок*; із каудальної (хвостової) частини трубки розвивається *спинний мозок*. На четвертому тижні внутріутробного розвитку на головному кінці нервової трубки утворюються три розширення – *первинні мозкові міхури*: передній, середній і задній. Унаслідок нерівномірного росту відділів нервової трубки утворюються її вигини: *тім'яний, потиличний і мостовий*. У результаті повздовжнього поділу переднього й заднього мозкових міхурів (середній залишається без змін) утворюється п'ять міхурів головного мозку – *п'ятиміхурова стадія – кінцевий, проміжний, середній, задній і довгастий*. Порожнини цих міхурів зберігаються в мозку

дорослої людини у видозміненій формі й називаються шлуночками мозку.

На 6–7 тижнях внутріутробного розвитку з переднього міхура утворюються *великі півкулі (кора та базальні ганглії)*, а з каудального – *проміжний мозок (таламус, гіпоталамус)*. Із кожної сторони проміжного мозку виростає *очний міхур*, у стінці якого формуються нервові елементи сітківки ока. Із випинань проміжного мозку виникають шишкоподібне тіло, або епіфіз, і задня частка гіпофіза. На третьому місяці ембріонального розвитку формується мозолисте тіло, яке з'єднує праву й ліву півкулі (рис. 19). До шести місяців півкулі повністю покривають мозок. На цей час усі відділи мозку добре виражені (табл. 9).

Основні параметри розвитку мозку визначені генетично: зокрема, ті нервові зв'язки, що узгоджують діяльність окремих органів і систем органів (серцево-судинної та дихальної систем). Вважається, що у формуванні нервової системи бере участь половина з 80 000 генів.

Проте на розвиток нейронних систем мозку людини впливає «досвід», що набувається в ранньому дитинстві. Уже в перший місяць життя число синапсів зростає в 50 разів (із 20 до 1000 млрд) за рахунок численних сигналів, що надходять у мозок. Якщо синапси бездіяльні, тобто до них не поступає збудження, вони дегенерують. Тому дуже важливими є розвивальні ігри та заняття з перших років життя (ігри з кубиками, рухові ігри й ін.).

Формування синапсів у різних ділянках мозку відбувається не одночасно. У корі півкуль інтенсивне утворення синапсів починається з другого місяця життя дитини, у цей час частина вроджених рухових реакцій поступово змінюються цілеспрямованими рухами. У 3-місячної дитини інтенсивний розвиток синаптичних зв'язків відділів кори півкуль мозку, пов'язаних із сенсорною інформацією, зумовлює розвиток зорової функції: немовля може зосередити погляд на предметах. До 8–9 місяців розвиток синаптичних зв'язків гіпоталамуса впорядковує зберігання інформації в складній системі мозку: немовлята починають «запам'ятовувати» рухи, зокрема, як поводитися з іграшками. Упродовж першого року життя інтенсивно

утворюються синаптичні зв'язки в лобовій частці головного мозку, із якою пов'язано прогнозування поведінки, тобто вміння

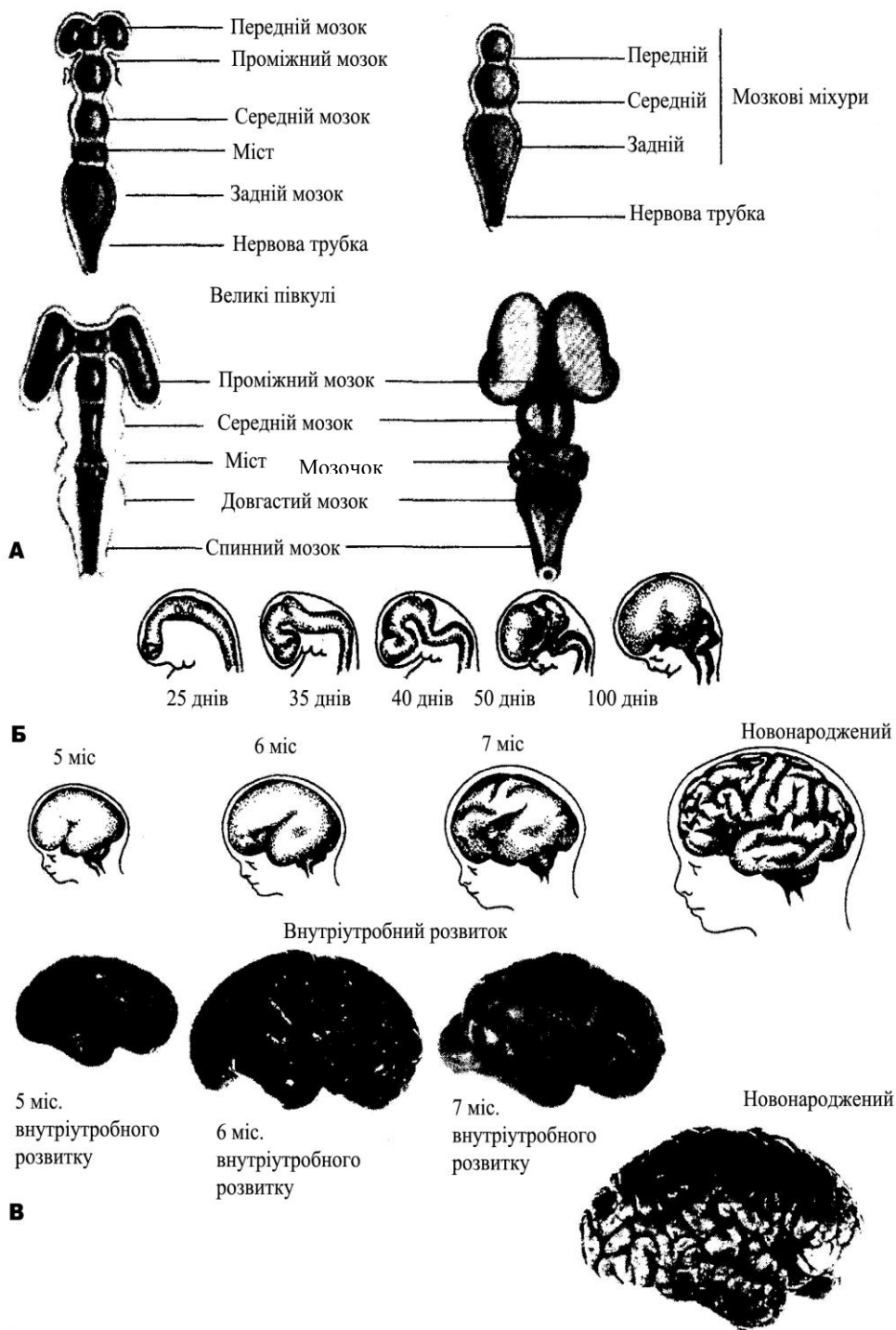


Рис. 19. *Розвиток головного мозку в пренатальний період передбачати й відповідно розраховувати свої дії, а також логічне*

мислення. Формування синапсів, яких до 10–12 місяців життя дитини удвічі більше, ніж у мозку дорослої людини, супроводжуються посиленням споживання енергії.

Таблиця 9

**Схема розвитку центральної нервової системи
в пренатальний (дородовий) період**

Терміни онтогенезу	Розвиток ЦНС у переднатальний період
	стадія ембріона
2–3	Формування невральної пластинки
3–4	Закриття невральної трубки
4 тижні	Утворення трьох мозкових шляхів
5 тижнів	Утворення п'яти мозкових шляхів
7 тижнів	Ріст півкуль мозку, початок поліферації нейробластів
2 міс.	Ріст мозкової кори із гладкою поверхнею
	стадія плода
2,5 міс.	Потовщення мозкової кори
3 міс.	Початок формування мозолистого тіла й росту глії
4 міс.	Ріст долей і борозен у мозочку
5 міс.	Формування мозолистого тіла, ріст первинних борозни й гістологічних шарів
6 міс.	Диференціювання шарів кори, мієлінізація, утворення синаптичних зв'язків, формування міжпівкулевої асиметрії та міжстатевих відмінностей
7 міс.	Поява шести клітинних шарів, борозен, звивин, асиметрії півкуль
8–9 міс.	Швидкий розвиток вторинних і третинних борозен та звивин, розвиток асиметрії в будові мозку, особливо в ділянці скроневої доли

Разом із високим рівнем пристосувальних можливостей

(пластичності) мозку дитини слід відначити її надзвичайну схильність до психічних травм. Так, у відповідь на загрозливі подразники дитина переживає стрес, що супроводжується нейрохімічними реакціями мозку, які негативно впливають на ріст і розвиток його структур. Психічна травма підвищує рівень гормонів, зокрема кортизолу, під впливом яких скорочується число синапсів, що вже утворилися, та нейронів. При цьому порушується робота кори великих півкуль мозку, зокрема лімбічної системи, яка відповідає за емоції, що забезпечують дитині відчуття довіри й відповідальності. У травмованих дітей пластичність мозку на 20–30 % менше виражена.

Розвиток нейрона. Велика частина нервових клітин утворюється з клітин нервової трубки на ранніх стадіях ембріонального розвитку. Клітини нервової трубки диференціюються у двох напрямках; з одних утворюються *нейробласти*, що дають початок *нейронам*, з інших – *спонгіобласти*, що перетворюються на клітини *глії*. Збільшення числа нейронів відбувається з різною швидкістю: від першого до третього місяця постнатального розвитку їх кількість збільшується, до шостого – дещо зменшується за рахунок вибіркової загибелі нейронів; до шести років число нейронів зростає майже у два рази, порівняно з новонародженими. Ділення клітин-попередників нейронів триває до 21 року, надалі їх кількість залишається практично постійною. Установлено, що збільшення числа нейронів у таких відділах мозку, як гіпокамп і нюхова цибулина, пов'язане з навчанням і розвитком пам'яті. У старості частина нервових клітин гине.

На ранніх стадіях розвитку нейробласти характеризуються наявністю крупного ядра, яке оточене невеликою кількістю цитоплазми. У процесі розвитку зі збільшенням розмірів клітини відносний об'єм ядра зменшується. На третьому місяці внутріутробного розвитку починається ріст довгого відростка – аксона. Аксони мотонейронів ростуть у напрямі до периферії аж до органа-мішені – м'язового волокна або залозевої клітини.

Аксони нейронів, що лежать у межах ЦНС, підростають до інших нейронів й утворюють із ними синаптичні контакти. На кінці аксона, що росте, розташований конус росту.

У ЦНС синапси утворюються в результаті контакту конуса росту одного нейрона з тілом іншого; при цьому конус росту стає пресинаптичним утворенням. На першому етапі розвитку синапса диференціюються пре- й постсинаптична мембрани, потім у пресинаптичному відділі утворюються мітохондрії та везикули, кількість яких швидко збільшується, синаптична щільність розширюється. Функціональна активність нейрона (генерація й проведення збудження) починається з моменту формування синаптичних контактів з іншими нейронами або органами-мішенями.

Дендрити ростуть значно пізніше за аксон. Спочатку на протилежному аксоні полюсі клітини з'являється верхівковий дендрит у вигляді простого виросту аксоплазми, унаслідок чого нейробласт стає біполярним. Потім відростають інші дендрити й нейробласт перетворюється на мультиполярний. Здатність проводити збудження в дендриті з'являється значно пізніше, ніж в аксона (який функціонує вже у внутрішньому розвитку), – після народження, коли на них з'являються вирости – шипики. У процесі розвитку збільшується число галужень дендриту й кількість шипиків на них. У корі великих півкуль ця кількість зростає разом зі збільшенням числа функціональних зв'язків. Отже, із ростом шипиків пов'язана взаємодія центральних структур.

Ріст мієлінової оболонки веде до підвищення швидкості проведення збудження по нервовому волокну – зростає збудливість нейрона (рис. 20). Мієлінізація, насамперед, відзначається в периферичних нервах, потім поширюється на волокна спинного мозку, стовбурну частину головного мозку та пізніше – на волокна великого мозку. Рухові нервові волокна спинного мозку вкриті мієліновою оболонкою ще до моменту народження.

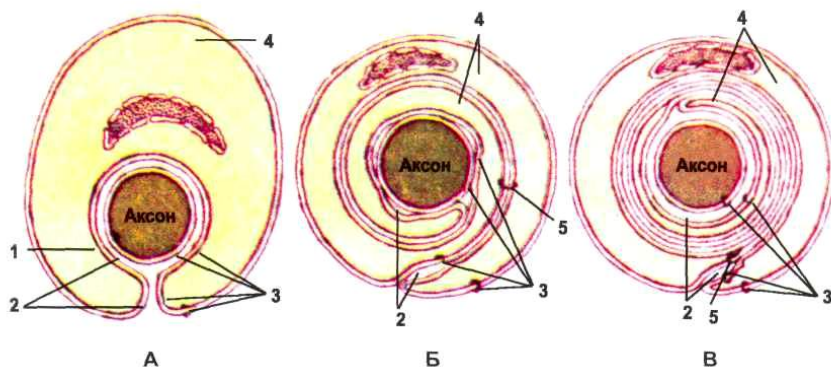


Рис. 20. *Послідовні стадії (А, Б, В) формування мієлінового нервового волокна (за В. Г. Єлісєєвим): 1 – контакт аксолеми й клітинної оболонки лемоцита (нейролемоцита; клітини Шванна); 2 – міжклітинна щілина; 3 – аксолема й клітинна оболонка лемоцита; 4 – цитоплазма лемоцита; 5 – мезаксон.*

Після народження дитини насамперед відбувається мієлінізація спинномозкових нервів, потім – провідних шляхів спинного мозку та стовбура головного мозку. До трьох років основна маса нервових волокон мієлінізована, частина завершує цей процес до 6-річного віку; мієлінізація тангенціальних волокон кори півкуль великого мозку триває до 30–40 років. У головному мозку швидше за інші мієлінізуються аферентні шляхи й сенсорні ділянки, а рухові – на 5–6 місяцях (деякі – значно пізніше) життя. У процесі мієлінізації відбувається концентрація іонних каналів у ділянці перетяжки Ранв'є, підвищується збудливість і лабільність нервових волокон. Так, у новонароджених нерв здатний проводити лише 4–10 імп. / с, у той час як у дорослих – 300–1000 імп. / с.

У процесі розвитку мозку у формуванні впорядкованих зв'язків між мільярдами нервових клітин вирішальна роль належить активності самих нейронів, а також зовнішнім чинникам. Хоча людина народжується з повним набором нейронів, які утворюються в ембріональний період, мозок новонародженого за масою складає 0,1 дорослого мозку. Збільшення маси мозку відбувається за рахунок збільшення розмірів нейронів, а також числа й довжини їхніх відростків.

Важлива особливість нервової системи дорослої людини – точність міжнейронних зв'язків, але для її досягнення потрібна постійна (із раннього дитинства) стимуляція мозку. Діти, які провели перший рік життя в обмеженому, бідному інформацією оточенні, розвиваються повільно. Для нормального розвитку мозку дитина повинна одержувати із зовнішнього середовища різні види сенсорних стимулів: тактильні, зорові, слухові, обов'язково – мовні. Водночас позитивна роль «надстимуляції» в розвитку нервової системи не доведена.

Зв'язки між центральними нейронами найактивніше формуються в період від народження до трьох років. Від того, як нейрони з'єднуються один з одним на початкових етапах формування мозку, залежать його індивідуальні особливості. Інформація, що надходить у мозок, створює нові зв'язки між нейронами. Так, в освічених людей, котрі постійно поповнюють свої знання, число зв'язків між нейронами зростає. Інтенсивне навантаження мозку до похилого віку захищає його від передчасної деградації.

Після народження кожен нейрон упродовж життя зберігає здатність до росту та утворення відростків, а також нових синаптичних зв'язків, особливо за наявності інтенсивної сенсорної інформації. Під її впливом синаптичні зв'язки можуть перебудовуватися й змінювати медіатор, що лежить в основі процесів навчання, пам'яті, адаптації до мінливих умов зовнішнього середовища, відновних процесів у період реабілітації після різних захворювань і перенесених травм.

У процесі онтогенезу за рахунок розвитку гальмівних нейронів формуються гальмівні механізми ЦНС, раннім проявом яких є постсинаптичне (гіперполяризаційне) гальмування, пізніше формується пресинаптичне гальмування. Завдяки формуванню гальмівних механізмів істотно підвищується здатність до концентрації збудження, обмежується іррадіація збудження в ЦНС, властива новонародженим, з'являються індукційні відносини. Безумовні рефлекси з появою гальмівних механізмів стають точнішими, локалізованішими.

Домінантне вогнище в дитини виникає швидше й легше, ніж у дорослих, але для нього характерна низька стійкість до зовнішніх подразників. Із цим значною мірою пов'язана нестійкість уваги в дітей: нові подразники легко викликають нову домінанту. У віці 3–5 років зростає сила нервових процесів і починають розвиватися чіткі індукційні відносини між процесами гальмування й збудження, із 5–7 років істотно підвищується рухливість нервових процесів. Координаційні механізми в ЦНС досягають своєї зрілості тільки до 18–20 років.

Розвиток спинного мозку. Протягом перших трьох місяців внутрішнього розвитку спинний мозок займає хребетний канал на всю його довжину. У подальшому хребет росте швидше, ніж спинний мозок, нижній кінець спинного мозку піднімається в хребетному каналі. У новонародженої дитини нижній кінець спинного мозку міститься на рівні III поперекового хребця, у дорослої людини – на рівні I–II поперекових хребців. Ріст хребта випереджає ріст мозку, унаслідок чого каудальний кінець спинного мозку поступово переміщується вгору, тому корінці спинномозкових нервів подовжуються, приймають навкісне, а в нижніх відділах – вертикальне положення. Корінці спинномозкових нервів, які йдуть до крижових отворів, утворюють навколо кінцевої нитки пучок – «кінський хвіст». Ріст окремих сегментів спинного мозку відбувається нерівномірно: швидше ростуть сегменти грудного відділу, повільніше – крижового й поперекового відділів. Спинномозкові вузли (ганглії) на ранніх стадіях ембріонального розвитку розташовуються в каналі хребта досить глибоко, потім вони переміщуються в міжхребцеві отвори.

Ще в ембріональному періоді змінюється форма спинного мозку: з'являються шийне та поперекове потовщення, що пов'язане з розвитком кінцівок. Шийне потовщення розвивається швидше, ніж поперекове, оскільки верхні кінцівки розвиваються раніше. У новонародженого обидва потовщення добре виражені, але найбільшого розвитку вони досягають протягом перших років життя. Діаметр решти ділянок спинного мозку збільшується поволі, до 12 років він подвоюється.

У 6–7-місячного плода в спинному мозку багато ще нерозвинених клітин, різних за формою й розташуванням. До народження всі нервові та гліальні клітини спинного мозку розвинені добре й за структурою майже не відрізняються від клітин 6-річних дітей. Після народження збільшуються розміри нейронів, а також товщина мієлінової оболонки нервових волокон.

До моменту народження дитини спинний мозок є найрозвиненішим відділом ЦНС. Довжина спинного мозку новонародженого становить 14 см, до двох років вона досягає 20 см, до 10 – подвоюється. Найшвидше ростуть грудні сегменти спинного мозку. Маса спинного мозку в новонародженого становить близько 5,5 г, у дітей одного року – 10 г, до трьох років – 13 г, до семи – у середньому 19 г, до 20 – маса мозку, як у дорослого, при цьому вона у вісім разів більша, ніж у новонародженого. У немовляти центральний канал ширший, ніж у дорослого, зменшення його просвіту завершується до 1–2 років і пізніше, коли відбувається збільшення маси сірої та білої речовин. Об'єм білої речовини спинного мозку зростає швидко за рахунок власних пучків сегментарного апарату, формування якого відбувається в більш ранні періоди, порівняно з періодами формування провідних шляхів, що утворюють надсегментарний апарат мозку.

Розвиток рефлексорної функції. Рефлексорна функція спинного мозку починає здійснюватися внутріутробно – на 7–8 тижнях. Рухова активність плода, що реалізовується за участю спинного мозку, є основою для розвитку головного мозку, зокрема кори великих півкуль.

Рух плода й скорочення серця сприяють мієлінізації волокон і розвитку відповідних структур центральної нервової системи. Під час руху плода стимулюються рецептори м'язів, сухожилків і суглобів, що сприяє дозріванню провідних систем. Зіткнення шкіри з навколоплідними оболонками прискорює розвиток шкірних рецепторів і мієлінізацію задніх корінців. Завдяки цьому до часу народження спинний мозок дитини більш розвинений і морфологічно, і функціонально, порівняно з головним.

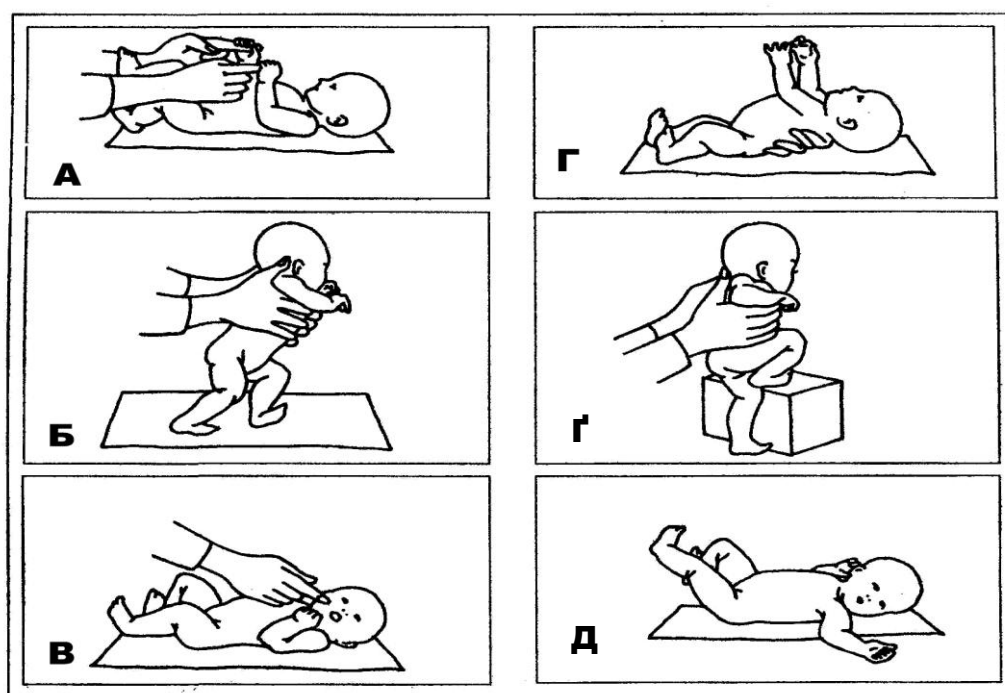
Формування рефлекторних функцій перебуває в повній відповідності з морфологічним розвитком нервової системи. Показано, що спочатку дозрівають нейрони рефлекторних дуг спинномозкових рефлексів, унаслідок чого в плода перші рухові реакції пов'язані з діяльністю спинного мозку.

Установлені певні стадії розвитку рефлекторної діяльності плода: стадія локальних відповідей окремих частин тіла, стадія узагальнених (генералізованих) у відповідь реакцій, що переходить у стадію спеціалізованих рефлекторних актів. Окремі локальні рухи властиві 2–3-місячному плоду: у відповідь на механічне роздратування поверхні тіла в нього виникають обмежені рухи й прості рефлекторні реакції, наприклад рефлекторне відкриття рота, рухи рук та ін. Генералізовані відповіді з'являються в 3–4-місячного плода, реакції якого стають дифузними, асиметричними, некоординованими. Наприклад, у відповідь на роздратування голова може нахилитися, підійматися й повертається, руки згинаються, розгинаються, відводяться в сторони.

Спеціалізовані рефлекторні акти спостерігаються в плода, починаючи з 4–5 місяців. Дифузна реакція у відповідь при цьому змінюється тенденцією до їх локалізації в ділянці подразнення.

Про готовність центральної нервової системи новонародженого до виконання рефлекторних рухових реакцій з участю спинного мозку свідчить той факт, що в них можна викликати рефлекс крокування, плавальні рухи, повзання й ін. Так, у багатьох новонароджених при дотику ногами до поверхні стола спостерігаються координовані рефлекси крокування, при яких положення однієї ноги залежить від іншої. Дитина, яку тримають на руках, здатна просуватися справжніми кроками вперед. Новонароджений нерідко робить перехресні кроки. У віці від 9–14 днів правильні крокуючі рухи спостерігаються в 35 дітей зі 100. Цей рефлекторний руховий ритм має місце в грудних дітей раннього віку й, зрозуміло, не пов'язаний із часом початку ходьби. Він зникає в більшості 4–5-місячних дітей, а справжня ходьба починається в 9–10 місяців.

Підтримуючи дитину в горизонтальному положенні, її можна примусити «ходити» вгору та вниз по стіні й у горизонтальній площині. Новонароджений може скоювати «сходження» та «спуск» сходами («спуск» менш координований). Можливість «акту ходьби» в будь-якій площині свідчить про незалучення в ньому вестибулярного апарата. Усі ці рефлекси в подальшому гальмуються, що є ознакою дозрівання головного мозку, що робить гальмівний вплив на сегментарний моторний апарат спинного мозку (рис. 21).



А – хапальний рефлекс Робінзона; **Б** – рефлекс крокування;
В – преоральний рефлекс; **Г** – рефлекс Моро;
Г – підшвенний рефлекс; **Д** – поза розслаблення

Рис. 21. Рефлекси новонародженого

Шкірно-сегментарні рефлекси виявляються вже в плода й добре виражені в новонароджених і грудних дітей. У 10-тижневого зародка найзбудливішою зоною є долоні рук, при подраз-

ненні яких виникають різні прояви хапального рефлексу. Шкірно-сегментарні рефлекси можна викликати й дією температурних подразників. У новонароджених і грудних дітей у відповідь на больове подразнення шкіри можна спостерігати шкірно-захисні рефлекси, що точно відповідають місцю дотику подразника. При подразненні шкіри дитини голова повертається в бік подразника або навіть в обидві сторони. Шкірні рефлекси почісування викликаються больовими, тактильними, температурними й іншими подразниками. Почісування нігтиками й кінчиками пальців добре виражене тільки до півтора років життя дитини.

Діти краще, ніж дорослі, розрізняють, яка саме ділянка шкіри подразнюється, що пояснюють ростом шкірної поверхні без відповідного збільшення кількості нервових волокон. Добре вивчено розвиток низки безумовних рефлексів у плода й дитини перших років життя.

Основними безумовними рефlekсами новонароджених є наступні.

Хапальний рефлекс. Структури, що беруть участь у здійсненні рефлексу, формуються в плода на 9–11 тижні розвитку; розвиваються рецептори шкіри, чутливі нервові волокна руки, установлюється зв'язок мотонейронів із м'язами, у шийних сегментах спинного мозку інтенсивно дозрівають рухові центри. У 10-тижневого зародка хапальний рефлекс виявляється у вигляді ізольованого згинання пальців. До 11 тижня ця реакція супроводжується згинанням зап'ястка та передпліччя. У 13–15-тижневого плода при подразненні долоні виникає рухове згинання всіх пальців, яке можна розглядати як перший прояв хапального рефлексу. До 22 тижня цей рефлекс проявляється у вигляді локального згинання руки, що подразнюється. Пізніше хапальний рефлекс стає складною рефлекторною реакцією, що супроводжується зміною стану м'язів іншої руки й тулуба. У цей період згинання пальців настільки сильне, що при спробі прибрати предмет, яким подразнюють долоню плода, рука утримує його та при цьому витягується. У новонародженого хапальний рефлекс добре розвинений.

Унаслідок переважання тонусу м'язів-згиначів його пальці стиснуті в кулачки. Якщо торкнутися пальцем середніх фаланг стислих пальців дитини, кулачки розкриваються й пальці розгинаються. Потім дитина схоплює подразнюючий палець дорослого, при цьому її долоні зігріваються, унаслідок чого хапання посилюється.

Рефлекс Бабінського. При штриховому подразненні підшви відбувається тильне згинання великого пальця ноги та підшовне згинання решти пальців. У 2-місячного плода при подразненні підшви спостерігають згинання й через 2–3 хв – розгинання пальців, часто й усієї стопи. Цей рефлекс добре виражений упродовж півроку з моменту народження, зникає у два роки. Наявність рефлексу Бабінського в дітей старшого віку та в дорослих вважають показником незрілості або порушення функцій пірамідного шляху й смугастого тіла.

Підшовний рефлекс формується після народження. У немовляти реакції на штрихове подразнення підшви нестійні й мінливі. Спочатку у відповідь на подразнення виникають різноманітні рухи, потім з'являється тильне згинання стопи та лише пізніше – підшовне згинання, яке до трьох років уже залишається єдиною реакцією на подразнення підшви.

Сухожилкові рефлекси – колінний, ахіловий – добре виражені в дітей першого року життя. Формування їхньої структурної основи – рецепторів м'язів і сухожилок – відзначено в плода 5–6 місяців.

Колінний рефлекс у дітей раннього грудного віку супроводжується скороченням привідних м'язів іншої ноги, унаслідок чого нога повертається всередину. Цю реакцію називають перехресним рефлексом привідних м'язів. Вважають, що колінний рефлекс зникає після 7-місячного віку, оскільки загальмовується вищерозташованими центрами, що розвиваються. Потім він відновлюється та надалі існує постійно.

Ахіловий рефлекс на першому місяці життя, як правило, може бути викликаний лише в небагатьох дітей, але, починаючи з 7–8-місячного віку, реєструється в більшості обстежених дітей.

Пошуковий рефлекс. Якщо ніжно торкнутися шкіри дитини в ділянці кута вуст (не торкаючись губ), то відбувається опускання нижньої губи, відхилення язика та повертання голови в бік подразника. Зникає цей рефлекс в один рік.

Хоботковий рефлекс. Якщо легенько вдарити пальцем по губах новонародженого, то спостерігається скорочення колових м'язів рота та витягування губ хоботком.

Смоктальний рефлекс. Якщо дитині дати соску, то починаються активні смоктальні рухи. Зникає цей рефлекс в один рік.

Рефлекс змикання повік. Якщо пальцем постукати по верхній дузі орбіти, то відбувається змикання повік відповідного боку. Зникає цей рефлекс у шість місяців.

Долонно-ротовий рефлекс Бабкіна. У разі надавлювання великими пальцями на долоні дитини поблизу тенарів відбувається відкривання рота та згинання голови. Зникає цей рефлекс у три місяці.

Рефлекс Рабінсона. Якщо дитину тримати пальцями за долоні, її можна припідняти над опорою. Зникає цей рефлекс у 2–4 місяці.

Рефлекс Моро. Якщо вдарити по поверхні, на якій лежить дитина, на відстані 20 см із боків від голови, то дитина відводить руки вбік і розгинає пальці, потім руки повертаються в попереднє положення. Зникає цей рефлекс у чотири місяці.

Рефлекс Керніга. Дитина лежить на спині, їй згинають ногу в кульшовому й колінному суглобах. У разі позитивного рефлексу не вдається розігнути ногу в колінному суглобі. Зникає цей рефлекс у чотири місяці.

Рефлекс опори. Дитина у вертикальному положенні спирається на поверхню стола повною стопою, ноги напівзігнуті, тулуб випрямлений. Зникає цей рефлекс у два місяці.

Рефлекс автоматичної ходи. Дитина, спираючись на поверхню, здійснює крокові рухи, тулуб нахилиється вперед. Зникає цей рефлекс у два місяці.

Рефлекс Галанта. Якщо пальцем провести по паравертебральній лінії від шиї до сідниць, коли дитина лежить на боку, то

відбувається вигинання тулуба дугою, відкритою назад. Зникає цей рефлекс у чотири місяці.

Рефлекс повзання Бауера. Дитину покласти на живіт, голова й тулуб розташовані по середній лінії. У такому положенні дитина піднімає голову та спонтанно повзе. Якщо прикласти до подошов дитини долоню, то рухи повзання повторюються. Зникає цей рефлекс у чотири місяці.

Рефлекс Переса. Дитина лежить на животі, пальцем проводять по остистих відростках хребта від куприка до шиї, що викликає прогинання тулуба, згинання верхніх і нижніх кінцівок, піднімання голови, таза, а іноді – сечовиділення, дефекацію, крик. Зникає цей рефлекс у чотири місяці.

Лабіринтний тонічний рефлекс. Виникає під час зміни положення голови дитини в просторі. Якщо дитина лежить на спині, то підвищується тонус м'язів-розгиначів шиї, спини, ніг. Якщо дитину перевертають на живіт – збільшується тонус м'язів-згиначів шиї, спини, ніг.

Симетричний шийний тонічний рефлекс. У разі пасивного згинання голови новонародженого, який лежить на спині, підвищується тонус м'язів-згиначів рук і розгиначів ніг. Під час розгинання голови простежують зворотню взаємодію.

Якщо дитина лежить на спині, її голова повернута вбік таким чином, щоб підборіддя торкнулося плеча. При цьому зменшується тонус кінцівок, до яких повернуте обличчя, одночасно підвищується тонус протилежних кінцівок. Зникає цей рефлекс в один рік.

Тулубна реакція випрямлення. Якщо стопи дитини спираються на опору, то випрямляється голова. Рефлекс виявляється після одного місяця.

Верхній рефлекс Ландау. Дитина в положенні на животі піднімає голову, верхню частину тулуба й руки, спираючись на долоні рук, та утримується в цьому положенні. Виявляється цей рефлекс після чотирьох місяців.

Нижній рефлекс Ландау. У положенні на животі дитина розгинає й піднімає ноги. Рефлекс визначається після 5–6 місяців.

Прості шийні та тулубні установчі рефлекс. Поворот голови вбік викликає поворот тулуба в той самий бік, але не одночасно, а окремо, спочатку відбувається поворот грудного відділу тулуба, а потім – тазового. Рефлекси виявляються після народження.

Ланцюговий установчий рефлекс із тулуба на тулуб. Коли плечі дитини повертаються вбік, то повертається тулуб і нижні кінцівки в той самий бік, але не одночасно, а окремо. Поворот тазового відділу викликає поворот тулуба. Рефлекс виявляється після шести місяців.

Головний мозок. У новонародженого головний мозок відносно великий, масою в середньому 390 г (340–430) у хлопчиків і 355 г (330–370) – у дівчаток, що складає 12–13 % маси тіла (у дорослого – приблизно 2,5 %). До кінця першого року життя маса головного мозку подвоюється, а до 3–4 років – потроюється. У подальшому (після семи років) маса головного мозку зростає повільно й до 20–29 років досягає максимального значення (1355 г – у чоловіків і 1220 г – у жінок). У подальші вікові періоди (до 60 років – у чоловіків і 55 років – у жінок) маса мозку суттєво не змінюється, надалі простежується деяке її зменшення. За весь період росту людини маса мозку збільшується приблизно в чотири рази, тоді як маса тіла – у 20 разів. У перші два роки життя головний мозок росте швидше, ніж спинний, надалі спостерігається зворотне співвідношення. Зі збільшенням об'єму мозку продовжується формування нервових сіток і зв'язків, що лежать в основі розвитку емоцій, здібностей і пам'яті.

Довгастий мозок. Міст, довгастий мозок і мозочок утворюються із заднього мозкового міхура.

Довгастий мозок до моменту народження цілком розвинений морфологічно. Новонароджений здатний самостійно здійснювати дихальні рухи, смоктання, ковтання, чхання, кашляти, у нього розвинені познотонічні рефлекс. Загальна маса довгастого мозку разом із мостом у новонародженого – 8 г, що становить 2 % маси головного мозку (у дорослого – 1,6 %). До 5–6 років завершуються мієлінізація, ріст і

диференціювання нейронів, а також удосконалюється робота основних нервових центрів, що беруть участь у регуляції діяльності серцево-судинної системи, травлення, дихання.

Ядра черепно-мозкових нервів довгастого мозку, зокрема блукаючого, формуються рано. Із їх розвитком пов'язане становлення в онтогенезі деяких регуляторних механізмів (дихального, серцево-судинного, травного) й інших функцій. Ядра блукаючого нерва з'являються з другого місяця внутріутробного розвитку. У новонародженого добре виражена сітчаста формація (її структура за будовою майже така, як у дорослих).

До півтора років життя дитини збільшується кількість клітин у ядрах блукаючого нерва, значно більшою стає довжина відростків нейронів. У 7-річної дитини ядра блукаючого нерва сформовані так само, як у дорослого.

Міст у новонародженого розташований вище, ніж у дорослого, до п'яти років ця відмінність зникає. Розвиток моста пов'язаний із формуванням ніжок мозочка та встановленням його зв'язків з іншими відділами ЦНС, а розташовані тут провідні шляхи, ядра й сітчаста формація на період народження вже сформовані.

Із розвитком структур довгастого мозку та моста пов'язане становлення функцій, що ними регулюються (дихання, робота серцево-судинної, травної й інших систем).

Дихальні рухи в плода з'являються вже на 4–5-му місяці внутріутробного розвитку й супроводжуються рухами м'язів кінцівок. До 16–17 тижня формується центр вдиху довгастого мозку, який є структурною основою здійснення перших поодиноких вдихів. У цей період дозрівають ядра сітчастої формації довгастого мозку та тракту від нього до дихальних мотонейронів спинного мозку. У віці 21–22 тижнів з'являються невеликі періоди безперервних дихальних рухів, які чергуються з глибокими судорожними вдихами. До цього часу формуються структури центру видиху довгастого мозку, а потім дихального центру моста, що забезпечує ритмічну зміну вдиху і видиху. Поступово час рівномірного регулярного дихання збільшується до 2–3 год. У плода 28–33 тижнів

дихання стає рівномірнішим, лише іноді змінюється поодинокими, глибшими вдихами та паузами.

У плода й новонародженого виявляються рефлекторні впливи на дихання. Так, під час сну новонародженого можна спостерігати зупинку дихання у відповідь на звуковий подразник, після якої слідує декілька поверхневих дихальних рухів, а потім дихання відновлюється. У немовляти добре розвинені захисні дихальні рефлекси (чхання, кашель), а також рефлекторна зупинка дихання при різкому запаху.

Вплив вегетативної нервової системи на серце формується досить пізно. До моменту народження закінчується формування серцевої гілки блукаючого нерва, але дозрівання серцево-судинних центрів ще продовжується.

До моменту народження найдозрілішими можна вважати харчові безумовні рефлекси: смоктальний, ковтальний та ін. Смоктальні рухи викликаються простим дотиком до губ дитини, навіть не порушуючи смакових рецепторів. Смоктальні рухи з'являються в плодовий період (16,5 тижня): при подразненні вуст ротик відкривається й закривається, а до 21–22 тижнів смоктальний рефлекс повністю сформований, його можна викликати подразненням поверхні обличчя будь-якою ділянкою кисті руки. Ранній прояв смоктального рефлексу обумовлений дозріванням до цього віку ядер і шляхів трійчастого, відвідного, лицьового й інших нервів, із якими пов'язані здійснення смоктальних рухів, поворот голови, пошук подразника та ін.

Найшвидше в 4-тижневого ембріона закладається ядро лицьового нерва. У віці 14 тижнів у ньому можна виділити окремі групи клітин, з'являються волокна, що пов'язують ядра лицьового й трійчастого нервів. До цього моменту волокна лицьового нерва підходять до м'язів ділянки вуст, а в 16-тижневих ембріонів кількість волокон і зв'язків цих центрів збільшується, починається мієлінізація периферичних волокон лицьового нерва.

Із розвитком довгастого мозку та моста пов'язане формування деяких позно-тонічних і вестибулярних рефлексів,

рефлекторні дуги яких формуються задовго до народження. Так, у 7-тижневого плода диференціюються клітини вестибулярного апарата, а на 12 тижні до них підходять нервові волокна. У 20 тижнів мієлінізуються волокна, які несуть збудження від вестибулярних ядер до мотонейронів спинного мозку. У цей же час формуються зв'язки між клітинами вестибулярних ядер і клітинами ядер окорухового нерва.

Серед рефлексів положення тіла в новонародженого в перший місяць життя виражений *тонічний шийний рефлекс*. Він полягає в тому, що при повороті голови однойменна рука й нога протилежної сторони згинаються, а на тій стороні, куди повернена голова, рука розгинається. Цей рефлекс поступово зникає до кінця першого року життя.

Мозочок. В ембріональному періоді розвитку мозочка спочатку формується черв'як як найдревніша частина мозочка, а потім – його півкулі. У 4–5-місячного плода розростаються поверхневі відділи мозочка, утворюються борозни й звивини.

У новонароджених мозочок недорозвинений (проте краще розвинутий, ніж півкулі), його борозни неглибокі. Маса мозочка при народженні становить 20 г (5,4 % маси мозку), до п'яти місяців маса збільшується в три рази, до дев'яти – у чотири рази (дитина вміє стояти, починає ходити). В однорічного малюка маса мозочка становить – 90 г, до семи років вона досягає нижньої межі маси мозочка дорослої людини (130 г). Дозрівання мозочка завершується переважно до семи років, а повне – до 15–16 років.

Найінтенсивніше мозочок росте в перший рік життя, особливо з п'ятого по 11-й місяць (у цей час дитина вчиться сидіти й ходити) та в період статевого дозрівання, із трьох місяців життя відбувається диференціювання клітинних структур. Із наростанням маси ніжок мозочка, у яких проходять численні провідні шляхи, починають здійснюватися основні функції мозочка. Сіра й біла речовини мозочка розвиваються неоднаково: сіра речовина росте повільніше та до семи років її маса збільшується приблизно у два рази, а білої – майже в п'ять разів. Мієлінізація волокон мозочка здійснюється при-

близно до шостого місяця життя, останніми мієлінізуються волокна кори.

З усіх ядер мозочка швидше за інших формується зубчасте ядро. Починаючи з періоду внутріутробного розвитку й до перших років життя дітей, ядра виражені краще, ніж нервові волокна. У дітей шкільного віку, як і в дорослих, біла речовина переважає над ядерними утвореннями.

Клітинна будова кори мозочка (форма, розміри та кількість відростків нервових клітин) у новонародженого значно відрізняється від дорослого. Не повністю сформовані клітини Пуркінє, ядро майже повністю займає клітину, дендрити клітин слабозвинені. Формування клітин Пуркінє бурхливо завершується до 3–5 тижнів життя, клітини внутрішнього (зернистого) шару розвиваються дещо швидше. Клітинні шари кори мозочка в новонародженого значно тонші, ніж у дорослого. До кінця другого року життя їхні розміри досягають нижньої межі величини в дорослого. Повне формування клітинних структур мозочка здійснюється до 7–8 років. Клітини кори мозочка здійснюють гальмівні впливи на рухові структури стовбура мозку, забезпечуючи точність і плавність рухів. Завершення розвитку ніжок мозочка, установлення їхніх зв'язків з іншими відділами центральної нервової системи здійснюються в період від одного до семи років життя дитини.

Становлення функцій мозочка відбувається паралельно з формуванням довгастого, середнього й проміжного мозку. Вони пов'язані з регуляцією пози, рухів, вестибулярних реакцій.

У *середньому мозку* зміни в процесі розвитку пов'язані з утворенням спеціалізованих первинних рефлексорних центрів – зорових, слухових, – а також тактильної, температурної та больової чутливості. До кінця третього місяця ембріонального розвитку на рівні середнього мозку добре виражене велике скупчення клітин – ядро окорухового нерва. У результаті клітинної міграції на поверхні середнього мозку з'являються верхні й нижні горбики чотирьохзгір'я. До цього часу формуються ядра сітчастої формації та червоні ядра, а також

майбутня чорна субстанція (темний пігмент у ній з'являється після шести місяців). Пізніше формуються пірамідні тракти – низхідні рухові шляхи, які починаються в корі великих півкуль. Ріст і функціональний розвиток середнього мозку пов'язані з розвитком інших відділів мозкового стовбура та формуванням його шляхів до мозочка й кори великих півкуль.

У новонародженого маса середнього мозку становить 2,5 г, його форма та будова майже не відрізняються від середнього мозку дорослого. Ядро окорухового нерва добре розвинене, його волокна мієлінізовані. Добре розвинене червоне ядро, зв'язки якого з іншими відділами мозку формуються раніше, ніж пірамідна система. Крупні клітини червоного ядра, які забезпечують передачу імпульсів із мозочка до мотонейронів спинного мозку (низхідні впливи), розвиваються швидше, ніж дрібні нейрони, через які передається збудження від мозочка до підкіркових утворень мозку й до кори великих півкуль (висхідні впливи). Про це свідчить швидша мієлінізація пірамідних волокон у новонародженого, порівняно зі шляхами, що йдуть до кори (мієлінізуються з четвертого місяця життя).

Пігментація нейронів червоного ядра починається з 2-річного віку й завершується до чотирьох років.

Інше важливе утворення середнього мозку – *чорна субстанція* – у новонародженого добре виражена, її клітини диференційовані з мієлінізованими відростками. Мієлінізовані й волокна, що пов'язують чорну субстанцію з червоним ядром, але характерний пігмент (меланін) є лише в невеликій частині клітин. Пігментація починає активно розвиватися із шостого місяця життя й досягає максимуму до 16 років. Цей процес перебуває в прямій залежності від удосконалення функцій чорної субстанції.

Низка рефлексів, що здійснюються за участю середнього мозку, формуються у внутріутробний період. Уже на ранніх етапах пренатального розвитку з'являються тонічні та лабіринтові рефлексі, а також захисні й деякі інші рухові реакції у відповідь на різні подразнення.

За 2–3 місяці до народження плід виконує рухи у відповідь на звукові, температурні, вібраційні й інші чітко виражені

подразники. Але при повторенні одного й того самого стимулу у відповідь рухова реакція зменшується та припиняється, тобто настає звикання до подразника.

У перші дні життя дитини з'являється рефлекс Моро: у відповідь на гучний раптовий звук вона розкидає руки в сторони під прямим кутом до тулуба, при цьому розгинаються пальці, тулуб вигинається та витягується. Цей рефлекс змінюється іншою реакцією: при різкому подразненні в дитини виникає загальна рухова реакція з переважанням згинальних рухів, що нерідко супроводжується рухом голови й очей, зміною дихання або затримкою смоктального рефлексу. Ця реакція переляку, або здригання, розглядається як перший прояв орієнтувального рефлексу: при повторних подразненнях вона зникає. З віком відповідь на подразники стає менш узагальненою, із другого тижня життя з'являється зосередження на звуці, а на третьому місяці виникає типова орієнтувальна реакція – поворот голови в бік подразника. Її початкові стадії пов'язані з раннім формуванням рецепторів внутрішнього вуха, провідних шляхів і чотирьохгорбкової пластинки, а вдосконалення реакції – із розвитком колінчастих тіл проміжного мозку й кіркового відділу слухового аналізатора. Рефлекс Моро зникає до четвертого місяця життя, але зберігається в дітей із затримкою розвитку. Припускають, що він пов'язаний із незрілістю мозку.

До кінця плодового періоду та в грудному віці добре розвинені структури, що лежать в основі рефлексів, які виникають у відповідь на зорові подразники. Первинною формою у відповідь на реакції є захисні рефлекси. У новонароджених дітей дотик до вій, повік, кон'юнктиви, рогівки, до кінчика носа й лоба або легкий подих на них, відразу ж викликають зімкнення повік. При освітленні обличчя сплячої дитини повіки зімкнуться сильніше. Рефлекторне кліпання у відповідь на швидке наближення предмета до очей з'являється до 1,5–2 місяців життя.

У новонародженого добре розвинутий зіничний рефлекс, причому він спостерігається навіть у недоношених немовлят. Розширення зіниць на звукові та шкірні подразники з'яв-

ляється пізніше – із 2,5 місяців життя дитини. У віці двох місяців зіничний рефлекс на шкірні подразники відзначено лише у 20 %, тоді як у дітей 7–9 місяців ця реакція спостерігається в 64 % обстежених.

Починаючи з народження й упродовж перших шести місяців життя, у більшості дітей виявляється тонічний рефлекс з очей на м'язи шиї: якщо тримати дитину вертикально, не підтримуючи голову, і при цьому освітити очі, то її голова швидким рухом відкидається назад й одночасно вигинається тіло. Це відбувається внаслідок підвищення тону м'язів-розгиначів. Реакція зберігається до тих пір, поки очі освітлені.

Лабіринтовий (або установчий) рефлекс, який виражається в тому, що правильне положення в просторі займає спочатку голова, а потім усе тіло, у новонароджених у більшості випадків відсутній. Цей рефлекс пов'язаний із формуванням вестибулярного апарату й червоних ядер. У новонароджених цей рефлекс реєструється в поодиноких випадках при похилому положенні тіла вниз головою. Він добре виражений із 2–3 місяців життя дитини.

Лабіринтові рефлекси, що виникають при обертанні, виявляються у відхиленні голови й очних яблук у бік, протилежний обертанню. Вони виявляються відразу після народження й добре виражені із сьомого дня життя дитини. Із перших днів життя виявляється й ліфтова реакція, яка в дитини виражається в піднятті вгору рук при різкому опусканні тіла, тобто коли імітується рух «падіння».

Рефлекси положення тіла в просторі, що залежать від правильного розподілу тону м'язів і суглобів – статичні та статокінетичні – формуються після народження, хоча рецепторні утворення, при стимуляції яких вони виникають, переважно, сформовані (зорові, шкірні, пропріорецептори м'язів і суглобів, рецептори внутрішнього вуха й ін.).

Формування рефлексів положення в просторі пов'язане з подальшим розвитком головного мозку та кори великих півкуль. При цьому прості рефлекторні акти змінюються складнішими. Так, при народженні попередні локомоторні акти

зникають у 4–5-місячної дитини. Першим зникає зоровий рефлекс (три місяці), потім – вестибулярна реакція, пов'язана з кінцівками (4–5 місяців). Скорочення м'язів протилежної ноги, що приводить і супроводжує колінний рефлекс, загасає до семи місяців, перехресний згинальний рефлекс ніг – у 7–12 місяців, а хапальні рефлекси до кінця першого року життя переходять у довільне хапання. До цього часу майже повністю зникає рефлекс Бабінського. Упродовж першого року життя дитина перевертається на живіт, потім повзає на животі та рачки, сидить, устає й до кінця року починає ходити.

У перший рік життя нейронні сітки великих півкуль усе більше залучаються до діяльності інших відділів центральної нервової системи. У зв'язку з цим із 4–5 місяців з'являються довільні рухи, управління якими пов'язане з кірковими нейронами; здійснюються вони через пірамідні шляхи. Рухи в цей час малокоординовані, що пов'язано з недостатньою активністю гальмівних зв'язків. Формування гальмівних реакцій пов'язують із подальшим розвитком смугастих тіл і кори великих півкуль.

Проміжний мозок у новонародженого розвинений відносно добре, розвиток окремих його структур відбувається гетерохронно. До моменту народження диференційовані специфічні та неспецифічні ядра таламуса, завдяки чому сформовані всі види чутливості. Структури гіпоталамуса в новонароджених недостатньо диференційовані, у зв'язку з чим у них недосконалі механізми терморегуляції, регуляції обмінних процесів.

Зоровий горб (таламус) закладається на другому місяці внутріутробного розвитку, на третьому місяці морфологічно розмежовуються таламус і гіпоталамус. На 4–5 місяцях між ядрами таламуса виявляються світлі прошарки нервових волокон, що розвиваються; клітини слабодиференційовані. У шість місяців добре видимі клітини сітчастої формації зорового горба. Інші ядра починають формуватись із шести місяців внутріутробного життя, і до девятого місяця є вираженими, а надалі відбувається їх диференціювання. Посилений ріст

зорового горба здійснюється в 4-річному віці, а до 13 років цей відділ мозку досягає розмірів дорослої людини.

Підзгір'я (гіпоталамус) закладається в ембріональному періоді, ядра гіпоталамуса диференціюються лише на 4–5 місяцях та стають добре вираженими на восьмому місяці розвитку.

До моменту народження структури гіпоталамуса (особливо сірого горба, що відповідає за підтримку гомеостазу) ще повністю не диференційовані, чим пояснюється недосконалість терморегуляції в новонароджених і дітей першого року життя. Ядра гіпоталамуса дозрівають у різний час здебільшого до 2–3 років. Диференціація клітинних елементів сірого горба закінчується до 13–17 років.

У процесі росту й розвитку проміжного мозку зменшується кількість клітин на одиницю площі та збільшуються розмір окремих клітин і число провідних шляхів.

Темпи формування гіпоталамуса вищі, порівняно з часом розвитку кори великих півкуль, та близькі до темпів розвитку сітчастої формації.

Про активність ядер проміжного мозку свідчить наявність рефлекторних реакцій у новонародженого на тактильні, смакові, нюхові, температурні й больові подразнення.

Сприйняття нюхових подразнень пов'язане з дозріванням нюхового та трійчастого нервів, а також відповідних ядер підзгірної ділянки. Рефлекси на нюхові й смакові подразники в перші години після народження виражені навіть у недоношених дітей. Новонароджені розрізняють приємні та неприємні запахи, досить тонко визначають смакові модальності. Дія солодких смакових речовин на рецептори порожнини рота викликає в новонароджених рухи язика й смоктальні, а дія гірких, кислих і солоних речовин – сильне слиновиділення, мімічну реакцію у вигляді морщень та інших негативних проявів. Реакції смакового задоволення або відторгнення свідчать про ранній розвиток смакової сенсорної системи. Деякі смакові реакції мають місце до першого годування новонародженого. Розрізнення смакових речовин

здійснюється краще при частковому насиченні, ніж натщесерце або при повному насиченні.

Базальні ядра в період внутріутробного розвитку дозрівають нерівномірно. Бліда куля достатньо сформована вже до моменту народження. Хвостате ядро та шкаралупа хвостатого ядра формуються до кінця першого року життя. До 7-річного віку проходять остаточне дозрівання базальних ядер та формування їхніх зв'язків із корою, що забезпечує виконання більш точних і координованих довільних рухів.

Бліда куля (паллідум) мієлінізується швидше смугастого тіла (стріатума) і кори великих півкуль – до восьмого місяця розвитку плода. У структурах смугастого тіла мієлінізація починається в пренатальний період, а закінчується до 11 місяця після народження. Хвостате ядро впродовж перших двох років життя збільшується удвічі, що пов'язується із розвитком автоматичних рухових актів.

Рухова активність новонародженого значною мірою пов'язана з блідою кулею, імпульси від якого викликають некоординовані рухи голови, тулуба й кінцівок. Бліда куля має множинні зв'язки із зоровим горбом, підзгірною ділянкою та чорною субстанцією, а зв'язок зі смугастим тілом формується пізніше. Частина стріапаллідарних волокон мієлінізується на першому місяці життя, а інша частина – лише до п'яти місяців та пізніше.

Припускають, що моторна складова такого акту, як плач, контролюється блідою кулею. Із розвитком смугастого тіла пов'язана поява мимічних рухів, а пізніше – уміння сидіти й стояти. Стріатум робить гальмуючий вплив на паллідум, тому створюється поступове розділення рухів. Для того, щоб сидіти, дитина повинна вміти вертикально тримати голову та спину. Ця здатність розвивається до двох місяців: піднімати голову лежачи на спині дитина починає до 2–3 місяців, сидіти – до 6–8 місяців.

У перші місяці життя в дитини з'являється так звана «негативна реакція опори»: при спробі поставити її на ніжки вона підіймає їх і підтягає до живота. Пізніше реакція опори

стає позитивною: при дотику до опори ніжки розгинаються. У дев'ять місяців дитина може стояти за допомогою підтримки, у 10 – стоїть вільно.

Із 4–5-місячного віку досить швидко розвиваються різні довільні рухи, але вони ще тривалий час супроводжуються різноманітними побічними («зайвими») рухами. Появу довільних (схоплювання) і виразних рухів (усмішка, сміх) пов'язують з розвитком стріарної системи й рухової кори великих півкуль. Голосно сміятися дитина починає з восьми місяців.

У процесі розвитку всіх відділів головного мозку й кори великих півкуль рухи дитини звільняються від випадкових, непотрібних компонентів і стають більш координованими. Певна рівновага кіркового та підкіркового рухових механізмів встановлюється тільки до кінця дошкільного періоду.

Гематоенцефалічний бар'єр у плода й новонародженого володіє високою проникністю, тому для цього періоду особливо небезпечний вплив екологічно несприятливих чинників, а також різних лікарських засобів, алкоголю, нікотину.

Розвиток кори великих півкуль головного мозку. Нова кора в структурах півкуль починає формуватися в кінці другого місяця внутріутробного періоду. Протягом усього пренатального розвитку неокортексу виділяють три періоди: 1 – ранній міграційний; 2 – середній, або період попереднього диференціювання на шари; 3 – пізній, або етап завершального диференціювання. Ранній період охоплює проміжок із другого по четвертий місяць: здійснюється міграція нейробластів із глибоких (навколошлуночкових) шарів кінцевого мозкового мішура в коркову пластинку. У період із сьомого по 10-й тиждень починають формуватися нижні (глибокі) шари кори (V і VI). Дещо пізніше (на 13–15 тижнях) відбувається диференціювання верхніх шарів (I, II, III і IV). Починаючи з четвертого тижня внутріутробного розвитку, простежуємо попереднє цитоархитектонічне диференціювання кори на клітинні шари, утворюються первинні борозни й звивини. На п'ятому місяці внутріутробного періоду з'являються такі первинні борозни: бічна, центральна, шпорна, борозна мозолистого тіла. Вторинні

борозни (лобові, скроневі й ін.) починають з'являтися з шосто-го місяця внутріутробного періоду. Після сьомого місяця внутріутробного життя формуються третинні борозни. З'являються індивідуальні варіації рисунка борозен і звивин. Відбувається значне збільшення поверхні кори. До моменту народження кількість нейронів досягає 14–16 млрд, як у дорослої людини.

Нейрони в корі новонародженого мають веретеноподібну форму й слабкий розвиток дендритів. Після народження до трьох років відбувається інтенсивний ріст відростків нейронів, їх мієлінізація, диференціювання нейронів у шарах кори. У період від трьох до 10 років збільшується кількість асоціативних волокон, за рахунок інтенсивного розвитку пірамідного шару стає товстішою кора. У цей період переважно завершуються процеси розвитку коркових формацій. Проте тонке диференціювання в асоціативних полях продовжується до 16–18 років. Дозрівання різних коркових ділянок проходить асинхронно: першими диференціюються поля соматосенсорної зони кори, потім – рухова кора, після якої формуються зорова й слухова проєкційні коркові зони, асоціативні поля формуються найпізніше.

Мозкові міхури ростуть нерівномірно. Найінтенсивніше розвивається передній міхур, який уже на ранній стадії розділяється подовжньою борозною на праву й ліву півкулі. На третьому місяці ембріонального розвитку формується мозолисте тіло, яке сполучає півкулі, а задні відділи переднього міхура повністю покривають проміжний мозок. На п'ятому місяці у плода півкулі проростають до середнього мозку, а в шість місяців повністю покривають його. До цього часу всі відділи головного мозку добре виражені.

На розвиток усіх ділянок кори впливають гормони залоз внутрішньої секреції (гіпофіза, надниркових та ін.), що циркулюють у крові.

До четвертого місяця розвитку плода поверхня великих півкуль гладка, на ній видно лише вдавлення майбутньої бічної борозни, остаточно вона формується тільки до часу

народження. Зовнішній кірковий шар росте швидше, ніж внутрішній, що приводить до утворення складок і борозен. До п'яти місяців внутріутробного розвитку виникають основні борозни: спочатку – бічна, пізніше – центральна, борозна мозолистого тіла, тім'яно-потилична й шпорна. За даними деяких досліджень, потилична та шпорна борозни розрізняються вже в 3-місячного плода. Вторинні борозни з'являються після шести місяців розвитку плода. До моменту народження первинні та вторинні борозни добре виражені, кора великих півкуль має тип будови, як у дорослого. Разом із тим розвиток форми й величини борозен і звивин, формування нових дрібних (третинних) борозен та звивин продовжуються й після народження: до п'ятого тижня рельєф кори можна вважати сформованим, але повністю борозни розвиваються до 6-місячного віку. Після першого року життя з'являються індивідуальні відмінності в розподілі борозен і звивин, їхня будова ускладнюється.

У дітей із віком змінюється співвідношення між поверхнею мозку і його масою (маса мозку росте швидше, ніж поверхня), між прихованою (що міститься всередині борозен і звивин) та вільною (що міститься зверху) поверхнею кори великих півкуль. Поверхня кори в дорослої людини становить 2200–2600 см², із них 1/3 припадає на вільну поверхню. У новонародженого вільна поверхня лобової частки відносно невелика, але з віком вона збільшується. Поверхня скроневої та потиличної часток, навпаки, порівняно велика, та з віком відносно зменшується (розвиток відбувається за рахунок збільшення прихованої поверхні).

Сіра речовина кори великих півкуль слабо менш диференційована, ніж біла. Кіркові шари великих півкуль у новонародженого значно тонші, ніж у дорослого, слабодиференційовані, а кіркові центри недостатньо сформовані. Розвиток кори великих півкуль прискорюється після народження дитини. До чотирьох місяців співвідношення сірої та білої речовин у дитини й дорослого зрівнюється.

Після народження продовжується мієлінізація нервових волокон у різних відділах головного мозку, але в лобових і скроневих частках цей процес лише починається. До першого року життя загальна структура мозку наближається до зрілого стану. Мієлінізація волокон, розташування шарів кори, диференціювання нервових клітин завершуються переважно до трьох років.

У віці 6–9 років і в період статевого дозрівання розвиток головного мозку характеризується збільшенням кількості асоціативних волокон й утворенням нових нервових зв'язків. У цей період маса мозку дещо збільшується.

У розвитку кори великих півкуль зберігається загальний принцип: спочатку формуються філогенетично старі структури, потім – молодші. На п'ятому місяці пренатального розвитку найшвидше з'являються ядра, регулюючі рухову активність, у 6-місячному віці диференціюється чутлива зона соматосенсорної системи та зорова кора в потиличній ділянці. Найпізніше розвиваються філогенетично нові ділянки: лобова та нижньотім'яна – на сьомому місяці внутріутробного розвитку, потім скронево-тім'яна йтім'яно-потилична зони.

Філогенетично молодші відділи кори великих півкуль у новонароджених розвинені слабше та з віком відносно збільшуються, а старіші, навпаки, із віком зменшуються.

У новонародженого великі півкулі головного мозку не здійснюють регулювального впливу на нижчерозташовані відділи ЦНС. Так, наприклад, відсутні рухи з участю пірамідних шляхів; у новонароджених рухи носять генералізований характер, за винятком тих, що пов'язані з їжею.

Підвищення м'язового тонуусу в перші дні після народження пов'язують із недостатньою зрілістю кори великих півкуль. Вважають, що в перші місяці життя функції дитини регулюються переважно проміжним мозком. Рефлекторні дуги безумовних рефлексів проходять через зорові горби й смугасте тіло.

Поведінка новонародженого в навколишньому середовищі формується на основі соматосенсорних, смакових, статичних, статокінетичних безумовних рефлексів.

Для новонароджених характерні підвищена збудливість і легка стомлюваність кори. При дії безумовних подразників спостерігається широка генералізація нервових процесів, яка зменшується при розвитку захисних реакцій. До другого місяця життя процеси збудливості є такими, як у дорослих.

До 20 дня життя дитини зростають сила й концентрація нервових процесів при здійсненні безумовних харчових рефлексів. Це пов'язано зі скороченням рефлексогенних зон, зменшенням латентного періоду рефлексів і розвитком процесів гальмування.

Електрична активність мозку реєструється вже в 5-місячного плода, але регуляторний ритм у ній відсутній. Ця особливість має місце і в 6-місячного плода. У його ЕЕГ переважають коливання з частотою 5 гГ (п'ять коливань за секунду), які поєднуються з повільнішими – 1–3 Гц. Ця активність носить перервний характер, інтервали мають різну, часто велику тривалість.

Електрична активність мозку 8-місячного плода постійна й має схожість із характером електричної активності новонароджених: характеризуються нерегулярними коливаннями різної (переважно невеликої) амплітуди. Спостерігаються відмінності в електричній активності мозку під час сну й неспанья: під час сну амплітуда хвиль ЕЕГ значно збільшується.

Одним із показників функціональної готовності кори великих півкуль є її реакції на зовнішні подразнення. Припускається, що кора великих півкуль до 3-місячного віку не бере участі в реакціях дитини на зовнішні подразнення. У новонароджених установлена наявність реакції залучення кори великих півкуль у відповідь на звукові, світлові та тактильні подразники. Реакція залучення в новонародженого інша, ніж у дорослих: якщо в дорослих у відповідь на зовнішній стимул

виникають десинхронізація та почастищення ритму, то в новонароджених – зменшення частоти й амплітуди всіх хвиль.

Вікові особливості умовнорефлекторної діяльності.

Функціональний розвиток кори великих півкуль пов'язаний із віковими особливостями формування умовних зв'язків.

Дитина народжується з певним набором вроджених рефлекторних реакцій, але вже з другого дня життя в неї починають вироблятися умовні зв'язки (умовні рефлекси), що пристосовують її до зовнішнього середовища. До утворення умовних зв'язків мозок дитини готується з останніх місяців внутріутробного розвитку. Однією з перших формується реакція на положення тіла дитини при годуванні грудьми. Вона виявляється в рухах голови, смоктальних та інших рухах, які з'являються ще до початку годування. Ця реакція реєструється в деяких дітей уже на 2–5 добу після народження, але на 11 добу її відзначено в 66 % дітей.

На другий день після народження з'являється орієнтувальний рефлекс, який виражається своєрідно: при дії будь-яких подразників, які дитина може сприйняти, припиняється рухова активність, а під час годування вона перестає смоктати.

Із шостого дня життя в дітей під впливом їжі збільшується кількість лейкоцитів, а із восьмого – цей же чинник регулярно підвищує обмін речовин. Лейкоцитарна реакція виникає спочатку тільки після годування, але через декілька днів від моменту першого прояву вона реєструється за 15 хв до годування. Зміна термінів годування відповідно зсонує в часі лейкоцитарну реакцію на їжу. Припущення про час утворення штучних умовних рефлексів, які виробляються на різні індиферентні подразники, суперечливі. Неоднозначність даних про терміни появи перших умовних рефлексів при дії різних подразників, пов'язана з великими індивідуальними відмінностями, обумовленими різницею в рівні дозрівання мозкових структур до моменту народження та ступені соматичного розвитку дитини. Тому терміни появи перших умовних рефлексів коливаються, за наявними даними, від перших днів після народження до другої половини першого року життя

дитини. У цілому є підстави вважати, що умовні рефлексі на слухові й вестибулярні подразники можна виробити з першого місяця життя, а на другому місяці можуть бути вироблені рефлексі на будь-яку сенсорну стимуляцію.

У процесі формування умовних рефлексів виділяють чотири стадії. Першу називають *стадією неспецифічних реакцій*: характеризується виникненням орієнтувальної реакції на подразник. Друга одержала назву *стадії гальмування*, коли дія умовного сигналу не викликає в дитини ніяких реакцій. Далі настає *стадія нестійкого умовного рефлексу*, коли реакція-відповідь на дію умовного подразника з'являється нерегулярно. Останню стадію вироблення умовного рефлексу називають *стійкою*: кожна дія індиферентного подразника супроводжується появою умовної реакції.

Швидкість вироблення умовних рефлексів із віком збільшується. Так, у дітей першого місяця життя формування мигального рефлексу, що запізнюється, на звуковий подразник (умовний сигнал – звук, безумовний – потік повітря, спрямований в око) вимагає близько 400 поєднань умовного й безумовного сигналів. У дошкільному віці появу умовної реакції можна спостерігати вже після декількох поєднань (2–5), а після 10–20 поєднань утворюється міцний умовний рефлекс. У дітей молодшого шкільного віку рефлекс виробляється ще швидше, ніж у дошкільників: через 2–15 поєднань. Швидкість утворення умовних рефлексів у дітей віком понад 10 років і в дорослих практично не розрізняються.

У перші 5–6 років життя при виробленні рефлексів на комплексну стимуляцію реакція дитини виникає як на комплекс подразників, так і на його окремі компоненти, незважаючи на те, що підкріплюється тільки комплекс. Лише в 15 % випадків вдавалося зареєструвати реакцію на комплексну стимуляцію й відсутність реакції на компоненти. У дітей 8–9 років такий тип реагування трапляється вже в 50 % випадків, а в 11–12 років – у 66 %.

Особливості вироблення умовних рефлексів на комплексні подразники в дітей різного віку служать показником станов-

лення в онтогенезі таких властивостей вищої нервової діяльності, як узагальнення й аналіз подразників, що діють на організм. Особливо різко збільшується фонд умовно-рефлекторних реакцій дітей із розвитком мови (другої сигнальної системи): у них з'являється умовна реакція на слова. При вивченні цього типу умовних зв'язків в експерименті за допомогою мовно-рухової методики (використовується словесне підкріплення) встановлено, що ці зв'язки стають міцними лише із шести років. У дітей дошкільного віку вони нестійкі й вимагають частого мовного підкріплення.

Гальмування умовних рефлексів можливе з перших місяців життя дитини. Перші гальмівні реакції можна спостерігати при дії нового подразника. Вони виявляються в припиненні рухів дитини, яке позначають терміном «завмирання». При тривалій дії подразника ця реакція зникає.

Вироблення гальмування залежить від міри дозрівання сенсорних систем: із розвитком та ускладненням сенсорних зв'язків збільшуються швидкість утворення гальмування на кожен окремий стимул із декількох стимулів (диференційоване гальмування) і точність розрізнення за цілим комплексом сенсорних ознак.

Терміни появи в онтогенезі диференційованого гальмування, за даними різних авторів, дуже сильно розрізняються. Так, одні дослідники відзначають можливість розрізнення новонародженими тонів, що містяться в межах однієї октави, і відмінних на 80 Гц. Інші вважають, що розрізнення двох тонів, відмінних майже на октаву, можливе тільки на третьому місяці життя, а розрізнення звукових сигналів, відмінних на 5,5 тонів, – лише у віці 5,5 місяців. У 5–6-річних дітей розрізнення предметів і явищ уже добре розвинене й може здійснюватися за найрізноманітнішими показниками. Проте особливість цього процесу в дітей до 6–7 років полягає в тому, що розрізнення виробляється переважно на конкретні, наочні ознаки. Так, розрізнення та узагальнення подразників до чотирьох років відбувається найчастіше за однією ознакою – за кольором, формою тощо. У 5–6 років, завдяки розвитку інтеграційних

можливостей мозку, виявляється можливим диференціювання за 2–4 ознаками. Значущими ознаками для дітей 5–6 років, порівняно з дітьми молодшого віку, стають розташування фігур на картинці, їх кількість і величина. Проте особливість вищої нервової діяльності дітей розрізняти предмети за малоістотними, але наочними ознаками, зберігається і в 7–10 років, коли вони, диференціюючи комплексні стимули, наприклад дві картинки, звертають увагу на розміщення предметів, а не на їх кількість. Здатність виділяти основний, істотний компонент розвивається в дітей пізніше.

У дорослої людини при заміні умовного подразника словом, що його позначає (наприклад заміна звучання дзвінка словом «дзвінок»), виникає без попереднього вироблення така ж умовно-рефлекторна реакція, як на умовний сигнал. У дітей 3–4 років така заміна виявляється неефективною: на слово, замінююче умовний сигнал, реакцій не виникає. Здатність реагувати на словесний подразник, що заміняє умовний сигнал, так само, як і на сам сигнал, розвивається поступово. Вона стає яскраво вираженою лише в 6–7 років.

Закономірності розвитку психіки й мозку. Дозрівання мозку – процес довготривалий і гетерохронний за його зонами та рівнями відповідно до вікових етапів. Розвиток мозку відбувається через нашарування та надбудову нових рівнів над старими. Старий рівень переходить у новий, існує в ньому, створюючи його базис. Формування роботи мозку в онтогенезі проходить низку етапів.

Перший етап – від внутріутробного періоду до 2–3 років. Формуються транскортикальні зв'язки стовбурового рівня – мозкові спайки гіпоталамо-діенцефальної ділянки – і базальні ядра. Закладається базис (*перший функціональний блок мозку*) для міжпівкулевого забезпечення нейрофізіологічних, нейрон-гуморальних, сенсорновегетативних і нейрохімічних асиметрій, які лежать в основі соматичного (тілесного), афективного й когнітивного статусу дитини.

Перший функціональний блок мозку забезпечує регуляцію тону та активності. Структури мозку першого блоку містять-

ся в стовбурових і підкоркових утвореннях, які одночасно тонізують кору й відчують її регулювальний вплив. Головним мозковим утворенням, що забезпечує тонус, є сітчаста формація, висхідні та низхідні волокна якої є саморегульованими утвореннями мозку.

На цьому етапі вперше дають про себе знати глибинні нейробіологічні передумови формування майбутнього стилю психічної й навчальної діяльності дитини.

Церебральні (мозкові) системи організують сенсомоторні горизонтальні та вертикальні взаємозв'язки. Ще внутріутробно дитина сама визначає хід свого розвитку. Якщо мозок за рівнем свого розвитку не готовий до моменту народження, то можлива родова травма. Процес народження багато в чому залежить від діяльності організму самої дитини. Він повинен подолати тиск родових шляхів матері, здійснити певну кількість поворотів і відштовхувальних рухів, адаптуватися до дії сил гравітації тощо. Як наслідок, не лише мама виношує, народжує дитину, але й дитина виношується й народжується сама. Успішність народжування залежить від достатності церебральних систем мозку. Тому є велика ймовірність дизонтогенетичного розвитку дітей, народжених за допомогою кесарського розтину, недоношених або переносених.

Другий етап (від трьох до 7–8 років) характеризується активізацією міжгіпокампульних комісуральних систем, які мають важливе значення в забезпеченні полісенсорної, міжмодальної, емоційно-мотиваційної інтеграції. Ця зона мозку забезпечує міжпівкулеву організацію процесів запам'ятовування. На цьому проміжку онтогенезу закріплюються міжпівкулеві асиметрії, формується переважаюча функція півкуль за функцією мови, індивідуальним латеральним профілем (поєднання домінантної півкулі та ведучої руки, ноги, ока, вуха), функціональною активністю. Порушення формування цього рівня мозку може призвести до виникнення псевдоліворукості.

Другий функціональний блок приймає, переробляє та зберігає інформацію. Він розташований у поверхневих відділах

нової кори мозку, займає її задні відділи, уключаючи зорову (потиличну), слухову (скроневу) і загальночутливу (тім'яну) зони кори, що сприймають зорову, слухову, вестибулярну (загальночутливу) та кінестетичну інформацію. Сюди ж належать і центральні зони смакової й нюхової рецепції. Основні модальноспецифічні зони другого блоку побудовані за єдиним принципом ієрархічної організації: будь-яке предметне сприйняття є результатом полімодальної діяльності, яка першопочатково в онтогенезі має розгорнутий характер і лише потім стає згорнутою. Отже, така діяльність повинна спиратися на співпрацю зон кори головного мозку.

Для дозрівання функцій лівої півкулі необхідне нормальне протікання онтогенезу правої півкулі. Наприклад, відомо, що фонематичний слух (сміслові розрізнення звуків мови) є функцією лівої півкулі. Але перш ніж стати ланкою звукового розрізнення, він повинен сформуватися й автоматизуватися як тональне звукорозрізнення в правій півкулі з допомогою всесторонньої взаємодії дитини з навколишнім світом. Дефіцит або несформованість цієї ланки в онтогенезі фонематичного слуху може призвести до затримки мовного розвитку.

Третій етап (від семи до 12–15 років). Відбувається становлення міжпівкулевої взаємодії. До цього періоду мозолисте тіло забезпечувало взаємодію задніх відділів правої й лівої півкуль і контролювало нижчерозташовані комісуральні рівні. У 12–15 років морфологічна та функціональна зрілість мозолистого тіла забезпечує взаємодію лобових (префронтальних) відділів правої й лівої півкуль на регуляторному рівні (*третій функціональний блок мозку*). Відбувається формування когнітивних стилів особистості та навчання, закріплення пріоритету лобових відділів лівої півкулі. Це дає змогу дитині будувати власні програми поведінки, ставити перед собою мету, контролювати її виконання, рефлексувати, довільно регулювати свою поведінку, емоції, мову. Третій блок організовує активну, свідому психічну діяльність. Людина формує плани й програми своїх дій, слідкує за їх виконанням і регулює свою поведінку. Крім того, вона контролює свою

свідому діяльність, зіставляючи ефект своїх дій із вихідними намірами та корегуючи допущені помилки. Найбільш суттєвою частиною третього блоку є префронтальні відділи, які мають вирішальне значення у формуванні намірів і програм. Лобові частки володіють висхідними та низхідними зв'язками із сітчастою формацією, за рахунок якої отримують імпульси від систем першого функціонального блоку. Цей транс-кортикальний рівень найбільш уразливий: при будь-якій девіації (відхиленні) формування нижчерозташованих структур функціональні системи, що розглядаються, розвиватимуться в умовах постійної енергетичної нестачі.

Отже, після дозрівання гіпоталамо-діенцефальних структур мозку (стовбуровий відділ) починається дозрівання правої півкулі, а потім – лівої. Дозрівання мозолистого тіла, як уже відзначалося, завершується до 12–15 років. До цього віку міжпівкулева взаємодія (особливий механізм об'єднання лівої й правої півкуль мозку в єдину інтегративно цілісну систему, що формується в онтогенезі) здійснюється з допомогою комісур. Дозрівання мозку в нормі відбувається знизу вгору, від правої півкулі до лівої, від задніх відділів мозку – до передніх. Інтенсивний ріст лобової частки починається з 8-річного віку та завершується до 12–15 років. В онтогенезі лобова частка закладається першою, а закінчує свій розвиток останньою. Розвиток центру Брока в лобовій частці робить можливою обробку інформації за рахунок внутрішньої мови, що значно швидше, ніж при вербалізації.

Спеціалізація великих півкуль у кожної дитини відбувається з різною швидкістю. У середньому образна півкуля відчуває стрибок росту дендритів у 4–7 років, логічна півкуля – у 9–12. Чим активніше використовуються обидві півкулі та всі відділи мозку, тим більше дендритних зв'язків формується в мозолистому тілі й мієлінізується. Повністю сформоване мозолисте тіло передає 4 млрд сигналів за секунду через 200 млн нервових волокон, більшою частиною мієлінізованих і поєднуючих дві півкулі. Інтеграція та швидкий доступ інформації стимулюють розвиток операційного мислення й

формальної логіки. У дівчаток та жінок у мозолистому тілі нервових волокон більше, ніж у хлопчиків і чоловіків, що забезпечує в них більш високі компенсаторні механізми.

Мієлінізація в різних зонах кори також відбувається нерівномірно: у первинних полях завершується в перше півріччя життя, у вторинних і третинних – продовжується до 10–12 років. Мієлінізація рухових і чутливих корінців зорового тракту закінчується в перший рік після народження, ретикулярної формації – у 18 років, асоціативних шляхів – у 25. Це означає, що насамперед формуються ті нервові шляхи, які мають найбільше значення на ранніх етапах онтогенезу. Процес мієлінізації тісно корелює з ростом когнітивних і рухових здібностей у дошкільні роки.

До 7-річного віку пластичність мозкових систем через відсутність жорстких мозкових зв'язків має величезний аутокорекційний потенціал. До 9-річного віку за всіма нейробіологічними законами мозок завершує свій інтенсивний розвиток. Його функціональні зв'язки стають дедалі жорсткішими й малорухомими. Розвиток операційного забезпечення психічної діяльності в 9-річному віці стає екстенсивним. Завершується формування електрофізіологічних механізмів довільної уваги. Усі енергетичні ресурси мозку повертаються до передніх відділів лівої півкулі. Має місце зростаюче виснаження внутрішніх компенсаторних функціональних можливостей дитини.

До моменту, коли дитина йде до школи (6–7 років), у неї розвинена права півкуля, ліва актуалізується лише до дев'яти років. У зв'язку з цим навчання молодших школярів повинно проходити природним для них правопівкулевим методом – через творчість, образи, позитивні емоції, рухи, простір, ритм, сенсорні відчуття. На жаль, у школі прийнято смиренно сидіти, не рухатися, букви й числа вчити лінійно, читати та писати на площині, тобто лівопівкулевим способом. Саме тому навчання дуже швидко перетворюється на дресирування дитини, що призводить до зниження мотивації, стресів і неврозів.

У сім років у дитини добре розвинена лише «зовнішня» мова, тому вона думає буквально вголос. Читати й думати їй потрібно вголос до того часу, поки не буде розвинена «внутрішня» мова. Переведення думки в письмову мову – це ще більш складний процес, коли злучаються більшість зон неокортексту: чутлива, основна слухова, центр слухових асоціацій, основна зорова, моторна зона мови й пізнавальний центр.

Названі процеси – необхідна передумова для забезпечення стабільних міжфакторних і міжфункціональних взаємовідношень між різноманітними операційними та регуляторними рівнями цілісної психічної діяльності. Термін переходу від одного етапу до іншого строго обмежений об'єктивними нейробіологічними законами, що слід ураховувати, вимагаючи від дитини виконання того чи іншого завдання. Якщо запропоноване дитині завдання входить у протиріччя або випереджає актуальну для його мозку ситуацію, відбувається енергетичне обкрадання. Це негативно впливає на формування тих процесів, які в цей момент часу активно розвиваються. Наприклад, при ранньому вивченні дитиною (до 5-річного віку) цифр і літер може відбутися викривлення нормального онтогенезу. Реакція на раннє навчання може зберегтись і в подальшому проявитися в різного виду емоційно-особистісних девіаціях, схильності дитини до частих захворювань, алергічних явищ, логоневрози (заїканні), дизартрії (порушення мови), тіках і нав'язливих рухах. Випереджувальне навантаження на кортикальні відділи мозку, яке обов'язкове при навчанні читання, писання, рахування, у зв'язку зі своєю енергоємністю виснажує субкортикальні утворення, які, зі свого боку, закінчили свій розвиток і втратили пластичність та ресурси реадптації (відновлення). Така дитина на фоні високих досягнень у літературі й математиці демонструє несформованість елементарних навиків (невміння зав'язувати шнурівки, застібати гудзики, різати хліб тощо). Дитина читає енциклопедію «до дірок», залишаючись при цьому безпорадною в побуті. Тому раннє вивчення дітьми знаків, цифр,

ракування й читання може спровокувати дизонтогенетичний розвиток.

Для дитини однаково шкідливим є і випередження, і запізнення в розвитку. Так, енергія мозку необхідна в кожен конкретний період, а для розвитку тієї чи іншої моторної або психічної функції еволюційно закладені певні терміни. Ранній розвиток чи навчання дитини призводить до того, що енергія мозку для цього віднімається в тієї функції, яка в цей час повинна активно розвиватись.

Водночас зони мозку, які не отримали своєчасної сенсорної інформації, затримуються або відстають у розвитку. В умовах соціальної депривації зупиняється ріст дендритних сіток. Розвиток дитини завжди проходить слідом за її навчанням, а не навпаки. Навчання ж починається з перших днів життя дитини та є її природним станом. Розвиток мозку сприяє все більш складним процесам навчання. Зі свого боку, сприймаюча й моторна діяльність, освоєння мови та інші види навчання роблять свій внесок в утворення й посилення міжнейронних зв'язків. На кожному віковому етапі розвитку дитина повинна розв'язувати проблеми відповідно до свого віку.

Цікаво відзначити, що старіння головного мозку, припустимо, відбувається у зворотному напрямку. Першими «старіють» лобові частки лівої півкулі (послаблення самоконтролю над своїми діями), потім – скроневі відділи лівої півкулі (зниження слухового сприйняття мови, затруднення в мовному опосередкуванні). На наступному етапі «старіють» мозолисте тіло (зниження інтелектуальної активності) та права півкуля (порушення просторової орієнтації, координації рухів, послаблення сприйняття шуму), а далі – стовбурові структури мозку.

Будь-які нейропсихологічні синдроми виникають як наслідок порушення в роботі відповідного фактора (фактор – специфічний механізм аналітико-синтетичної (інтегративної) роботи окремої мозкової структури, що проявляється в психічному плані у формі усвідомленої або неусвідомленої

якості, які можуть бути зафіксовані в психологічному дослідженні у вигляді поведінкового прояву, що має конкретний значимий зміст). Це обумовлює загальну логіку порушень усіх психічних функцій, які входять у цей синдром.

Психіка й мозок, що формується, дуже пластичні та готові до розвитку базальних (основних) нейропсихологічних факторів, які є основними складниками для подальшого вдосконалення пізнавальних процесів. На них у перспективі вибудовується й тримається складна багаторівнева конструкція індивідуальності людини. До групи базальних факторів відносять такі, як модально-специфічний; кінестетичний; кінетичний; просторовий; довільної регуляції психічної діяльності; енергетичного забезпечення; міжпівкулевої взаємодії.

Інволюційні зміни в нервовій системі розвиваються повільніше, ніж в інших органах. Зниження маси й об'єму мозку, зменшення поверхні кори великих півкуль, збільшення розмірів шлуночків мозку починає відбуватися після 60 років. До 80 років маса мозку знижується всього на 6–7 %. При старінні зменшується густина нейронів (особливо в префронтальній і скроневій зонах кори, у мозочку), але зростає кількість гліальних клітин. Число нейронів у мозку зменшується на 10–20 %, а в деяких його ділянках – на 30–50 %. Характерна ознака старіння – накопичення в міжклітинному просторі амілоїдних субстанцій, а в нейронах – ліпофусцину, що складаються з білків і ліпідів (продуктів життєдіяльності нейрона), швидкість накопичення якого зростає при стресах і при дефіциті вітаміну Е.

Із віком знижується мозковий кровотік, зменшується здатність нейронів утилізувати глюкозу. За рахунок зменшення активності ферментів, що беруть участь у синтезі медіаторів, у різних відділах головного мозку знижується рівень ацетілхоліну, дофаміну, серотоніну, норадреналіну, гамма-аміномасляної кислоти, гомованілінової кислоти й інших нейромедіаторов. Це пояснює інволюційні зміни ВНД людини, а також високу ймовірність розвитку старечої депресії, старечого недоумства, хвороби Паркінсона.

При старінні в нейронах знижується інтенсивність роботи натрій-калієвої й кальцієвої помп, величина мембранного потенціалу клітини, підвищується тривалість потенціалу дії та абсолютної рефрактерної фази, зменшується лабільність, знижується швидкість проведення збудження по нервових волокнах (зокрема за рахунок зменшення товщини мієлінової оболонки), а також швидкість синаптичної передачі, порушується ефективність реципрокного й інших видів центрального гальмування, зменшується взаємодія між різними центрами головного та спинного мозку, що знижує ефективність регуляції й інтеграційної діяльності мозку. Із віком підвищується поріг безумовних рефлексорних реакцій, знижуються сухожилкові рефлексії; особливо виражене послаблення ахіллових рефлексіїв. Після 60 років істотно знижуються кон'юнктивні, черевні та підошовні рефлексії. Із віком наростає ймовірність прояву оральних автоматизмів (наприклад хоботкового рефлексії). При старінні збудливості окремих нервових центрів змінюється нерівномірно, унаслідок чого згладжуються відмінності в збудливості різних відділів мозку, розвивається ізозбудливість. Це призводить до порушення інтеграційної діяльності мозку, сприяє виникненню неадекватних реакцій, неврозів. У старості підвищується чутливість низки мозкових структур до біологічно активних речовин і лікарських препаратів.

Найбільш виражені морфологічні й функціональні вікові зміни в корі великих півкуль, лімбічній системі (зокрема в гіпокампі), базальних гангліях. Меншою мірою вони характерні для мозочка, стовбура мозку та спинного мозку.

Істотні зміни відбуваються у вегетативній нервовій системі, що пов'язано з дистрофічними процесами, які відбуваються у всіх її ланках. Це, зокрема, виявляється в подовженні латентного часу вегетативних рефлексіїв, наприклад латентного періоду дермографізму, в ослабленні сили рефлексіїв. Особливе значення для процесів старіння мають зміни, що виникають у вищих вегетативних центрах. Так, наприклад, при

старінні з'являється «гіпоталамічна дезінформація», тобто неадекватна реакція нейронів гіпоталамуса на інформацію із внутрішнього середовища організму. Вважають, що саме вікові зміни гіпоталамуса є основною причиною розвитку артеріальної гіпертензії, коронарної недостатності, діабету. Цим же пояснюється зниження стрес-реакції в літніх і старих людей, що зменшує їхні адаптивні можливості.

Отже, дитина народжується з усіма функціями, які необхідні для життя на цьому етапі онтогенезу. Але багато мозкових структур є незрілими, тому на перших етапах онтогенезу організм здатен лише на підтримання примітивних фізіологічних процесів життєдіяльності. Характерна особливість дитячого організму – досить виражена автономність у діяльності різних функціональних систем, відносно не тісна взаємодія центральних нервових структур, низький рівень дублювання функцій і, як наслідок, їхні низькі резервні можливості.

Усі ці фактори, разом узяті, зумовлюють низький рівень функціональної, або біологічної, надійності дитячого організму, під якою розуміють здатність біологічних систем від клітини до цілісного організму функціонувати в оптимальному для них режимі, незважаючи на складну мозаїку постійно мінливих зовнішніх умов та подразнень.

Великим недоліком систем керування дитячого організму є також незрілість ендокринної ланки керування, оскільки кінцеве дозрівання ендокринної системи відбувається лише в пубертатний період і до цього моменту ЦНС не має надійного «партнера» в керуванні фізіологічними процесами людини.

Кінцеве звершення морфологічного та функціонального формування всіх рівнів управління діяльністю організму людини завершується до 20–22 років. Надійність їх функціонування до цього віку досягає найвищого рівня, що забезпечує фізіологічним процесам широкі адаптаційні можливості.

Питання для самоконтролю:

1. Значення нервової системи. Загальний план будови нервової системи.
2. Нейрон – основна структурна й функціональна одиниця нервової системи. Будова, розвиток і функції нейрона.
3. Особливості проведення збудження по нервових волокнах в онтогенезі.
4. Утворення синапсів в онтогенезі.
5. Рефлекторний принцип роботи нервової системи.
6. Спинний мозок, його будова, розвиток і функціональне значення.
7. Відділи головного мозку, їх будова й функції.
8. Довгастий мозок, розвиток і функціональне значення.
9. Міст, його розвиток і функціональне значення.
10. Мозочок, його будова, розвиток та функціональне значення. Роль мозочка в регуляції рухової функції в онтогенезі.
11. Середній мозок: його топографія, будова, розвиток та функціональне значення.
12. Проміжний мозок: його будова, розвиток та функції.
13. Функціональна організація кори великих півкуль.
14. Розвиток кори великих півкуль.
15. Особливості розвитку в онтогенезі головного й спинного мозку.
16. Розвиток нейронної організації кори великих півкуль в онтогенезі.
17. Особливості рефлекторної діяльності організму в період внутріутробного розвитку, новонародженості, у дітей грудного віку, а також раннього, першого й другого дитинства.
18. Вегетативна (автономна) нервова система: структурно-функціональна організація та розвиток.
19. Закономірності розвитку психіки та мозку.

РОЗДІЛ 5

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ СЕНСОРНИХ СИСТЕМ

Регуляторна функція центральної нервової системи людини здійснюється на основі інформації про зміни в навколишньому світі та у внутрішньому середовищі організму. Одержана інформація забезпечує пристосувальні реакції організму людини до цих змін. Сукупність периферичних і центральних чутливих утворень, що сприймають та здійснюють обробку інформації, називається *аналізатором*, або *сенсорною системою*. Аналізатор складається з трьох нерозривно зв'язаних відділів:

– *рецептора (периферичний відділ)* – периферичного сприймального апарату, який сприймає подразнення й перетворює його в нервовий імпульс збудження;

– *провідника збудження (проміжний відділ)* – доцентрового нервового волокна, яке передає збудження в головний мозок;

– *нервового центру (центрального відділ)* – ділянки кори головного мозку, у якій відбувається тонкий аналіз збудження й виникають відчуття.

Вікові особливості зорового аналізатора. Більшість наших уявлень про навколишнє середовище пов'язана із зором. Зір забезпечує *зорова сенсорна система* – сукупність світлочутливих органів та відділів мозку, із якими пов'язані одержання й аналіз зорової інформації.

Зорова сенсорна система має три відділи: 1) периферичний, представлений власне рецепторним апаратом (палички та колбочки сітківки ока); 2) провідниковий, що включає чутливий зоровий нерв, зоровий тракт, що міститься в головному мозку, таламуса; 3) центральний (потиличні частки кори головного мозку).

Периферична частина зорової сенсорної системи здатна до сприйняття світла – електромагнітних коливань із довжиною хвиль у межах від 400 до 800 мкм. Око сприймає безліч еле-

ментів навколишнього простору: світло, колір, контури, деталі предметів, їх зміну, переміщення; у просторі може оцінювати його глибину тощо. Ця інформація передається по зоровому нерву до ядер середнього й проміжного мозку, а від них – до зорових ділянок кори великих півкуль.

Ембріональний розвиток зорового аналізатора починається порівняно рано (на третьому тижні), і до моменту народження морфологічно – переважно, сформований. Удосконалення його структури відбувається після народження та завершується в шкільні роки (рис. 22).

В умовах нормального ембріогенезу окремі структури ока плода формуються в певній послідовності: 3–5 тижні вагітності – утворюються очні ямки, лінза кришталіка, диференціація сітківки, зачатки зорового нерва; 6–8 тижнів – утворення склистого тіла, рогівки, зачатків повік, склери; 9–12 тижнів – утворення паличок і колбочок, райдужки, в'їчастого (ціліарного) тіла. Тератогенний вплив із другого по сьомий тиждень мають вірусні інфекції, іонізуюча радіація, шкідливі звички (тютюнопаління та вживання алкоголю).

Очне яблуко в людини розвивається із декількох зачатків. Світлочутлива оболонка (сітківка) розвивається із бокової стінки мозкового міхура (майбутній проміжний мозок), кришталік – з ектодерми, судинна та фіброзна оболонка – із мезенхіми. Наприкінці першого – на початку другого місяця внутріутробного розвитку на бокових стінках первинного мозкового міхура з'являються невеликі парні вип'ячування – очні міхурці. У процесі розвитку стінка очного міхурця занурюється в його середину й міхур перетворюється у двошаровий очний бокал. Зовнішня стінка бокала в подальшому перетворюється в зовнішній пігментний шар, внутрішня стінка дає початок світлосприймаючій (нервовій) частині сітківки (фотосенсорний шар). На другому місяці внутріутробного розвитку ектодерма, що прилягає до очного бокала, потовщується, утворюючи кришталикову ямку, яка є зачатком кришталевого міхурця. Пізніше міхурець відокремлюється від ектодерми й усередині очного бокала формує кришталік.

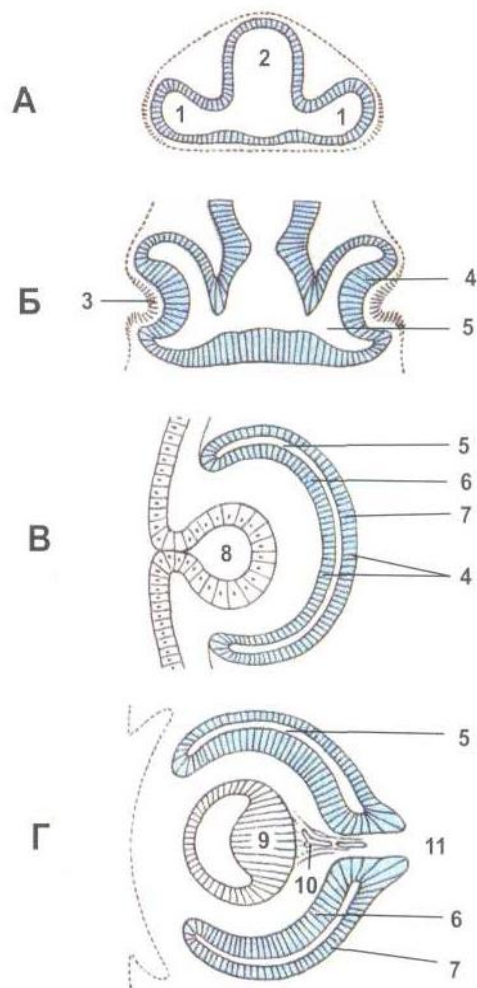


Рис. 22. *Послідовні етапи (А, Б, В, Г) розвитку очей в ембріогенезі: 1 – очний міхурець; 2 – проміжний мозок; 3 – кришталикова плакода; 4 – очний келих; 5 – порожнина між стінками очного келиха (очний шлуночок); 6 – нервовий шар сітківки (stratum nervosum); 7 – пігментний шар сітківки; 8 – кришталиковий міхурець; 9 – волокна кришталіка; 10 – артерія склистого тіла; 11 – ембріональна судинна щілина.*

На другому місяці внутріутробного життя в очний бокал проникають мезенхімні клітини, із яких утворюються кровоносна судинна сітка та склоподібне тіло. Із мезенхімних клітин,

які оточують очний бокал, утворюється судинна оболонка, а із зовнішніх шарів – фіброзна. Передня частина фіброзної оболонки стає прозорою й перетворюється в рогівку. У плода 6–8 місяців кровоносні судини, що містяться в капсулі кришталика та склоподібному тілі, зникають, мембрана, яка прикриває отвір зіниці (зінична мембрана), розсмоктується.

Верхні та нижні повіки починають формуватись у вигляді складок ектодерми на третьому місяці внутріутробного життя. Епітелій кон'юнктиви й передньої частини рогівки розвивається з ектодерми. Із виростів кон'юнктивального епітелію в латеральній частині верхньої повіки формується слізна залоза.

Волокна зорового нерва й зорового тракту до моменту народження мієлінізовані частково, а до шести місяців життя процес мієлінізації завершується. Розвиток сітківки та нейронів зорової кори продовжується тривалий час у постнатальному періоді.

Із центральних відділів зорової системи в 4-місячного плода формуються верхні горби чотиригорбикової пластинки у вигляді прошарків клітин, характерних для дорослої людини. У процесі онтогенезу розміри верхніх горбів збільшуються, його клітинні елементи диференціюються й розташовуються менш компактно.

У латеральних колінчастих тілах проміжного мозку прошарки нервових клітин розвиваються на п'ятому місяці внутріутробного розвитку. Площа їхньої поверхні в цей період становить 22,1 % від кінцевого значення, тоді як у новонародженого – до 46 %, до двох років –73,9 %, до семи років – 95,3 %. У таламусі клітинні групи виділяються лише на шостому місяці ембріонального розвитку. До семи років будова зорового горба не відрізняються від дорослого, але продовжує збільшуватися в об'ємі.

У зоровому центрі кори головного мозку розподіл на прошарки відбувається на шостому місяці ембріонального розвитку. Площа поверхні філогенетично древніших полів кори на п'ятому місяці внутріутробного розвитку становить 5 %, у новонародженого – 23 %, на другому році життя – 44,5 %, а

до двох років цей показник збільшується до 86 % від площі полів дорослої людини.

Ріст філогенетично молодших полів кори відбувається повільніше: на шостому місяці внутріутробного розвитку їх поверхня складає 4,5 % від кінцевої величини, на другому тижні життя – 26,5 %, у сім років – 70,5 %. Разом із ростом зорової кори відбувається диференціювання її клітин, відстані між ними й збільшення кількості зв'язків.

Відповідні нервові структури всіх відділів зорової системи вдосконалюються після народження та повністю формуються до семи років. Процес формування структур залежить від їх функціонування (у сліпих дітей центральні структури зорової системи залишаються недиференційованими). Зорову функцію в новонародженого можна перевірити, піднісши до його очей джерело світла: безсонна дитина зажмуриє очі та прагнучим повернути лице до світла, при яскравому й раптовому світлі в дитини стуляються повіки та закидається назад голівка (рефлекс Пейпера).

Найінтенсивніше очне яблуко росте впродовж п'яти років життя, до 9–12 років його ріст дещо сповільнюється. Збільшення маси ока (у новонародженого – 2,3 г), відбувається паралельно зі збільшенням маси головного мозку. У процесі розвитку істотно змінюється місцезнаходження очей: у 6-тижневого зародка розташовані на бічних сторонах голови, у 8-тижневого – очі починають дивитися вперед, на десятому тижні кут зору – близько 70° , що на 10° більше, ніж у дорослої людини.

У новонароджених очне яблуко за абсолютною величиною менше очного яблука дорослої людини. Повздовжній передньо-задній діаметр очного яблука немовляти становить 17,3 мм та поперечний – 16,7 мм, у дорослого – відповідно, 24,3 і 23,3 мм. До двох років очне яблуко збільшується на 40 %, до п'яти років – на 70 % первинного об'єму, а до 12–14-ти досягає величини очного яблука дорослого. Формування кривизни й товщини рогівки закінчується на першому році життя дитини. Кривизна кришталика та розмір ока з віком змінюються.

Поступове дозрівання периферичних і підкірково-кіркових механізмів зорової системи супроводжується появою в дитини нових рефлекторних реакцій. Першими з'являються зіничні рефлекси (у 6–7-місячного плода реакція звуження зіниці на світло сповільнена, надалі її швидкість поступово зростає). Зіничний рефлекс є в новонародженого, але за своїм проявом він стає «дорослим» тільки до 3–6 років.

В 1-місячної дитини діаметр зіниці – 1,5 мм, до кінця першого року – збільшується до 2,5 мм, у 3–6 років діаметр зіниці наближається до 2,9 мм, як у дорослих, оскільки в цей період на м'яз, що розширює зіницю, здійснюється тонічний вплив симпатичного волокна. Величина реакції зіниці на світло також міняється з віком: у перший місяць життя її діаметр складає 0,9 мм, у друге півріччя – 1,2 мм, а у віці від 2,5 до шести років – 1,5 мм, і лише в дітей старшого шкільного віку стає таким самим, як і в дорослих, – 1,9 мм. У віці 40–50 років зіниця дещо звужується.

Рогівка в новонародженого відносно товста, кривизна її протягом життя майже не змінюється. Кришталік округлий та швидко росте впродовж першого року життя, у подальшому темпи росту знижуються. Райдужка опукла наперед, пігменту в ній мало. Війчасте тіло в новонародженого розвинуте слабо, проте ріст та диференціювання війчастого м'яза здійснюється досить швидко.

Слізна залоза в новонародженого невеликих розмірів, вивідні каналці залози тоненькі. Функції слезовиділення з'являються на другому місяці життя дитини, доти дитина плаче без сліз. Оскільки до моменту народження слізні залози функціонально повністю розвинені, відсутність сліз пояснюють недостатнім розвитком відповідних нервових центрів.

Жирове тіло очної ямки розвинуте слабо. У людей похилого віку жирове тіло зменшується в розмірах, частково атрофується, очне яблуко менше виступає з очної ямки.

Очна щілина в новонародженого вузька, збільшується з віком, медіальний куток ока заокруглений. У дітей до 14–15 ро-

ків очна щілина широка, тому око здається більшим, ніж у дорослої людини.

М'язи очного яблука в новонародженого досить розвинуті, окрім їх сухожилкової частини. Тому рух ока можливий відразу після народження, однак координація цих рухів настає з другого місяця життя дитини. Спочатку зорові функції виявляються в захисних реакціях: зіничний рефлекс, рефлєкторне закриття повік на сильне світло й предмет, що наближається до ока. Як ранню зорову реакцію дитини можна відзначити орієнтувальний рефлекс на світлове подразнення або на мерехтливий збоку предмет. Ці реакції спочатку не координовані та відображаються у вигляді загальних рухів, потім – у поверненні очей і голови в бік джерела світла або предмета, що наближається. У новонародженого координація очей недосконала: рухи поштовхоподібні, періодично може виникати косоокість. Ефективна координація досягається до 3–7 років.

Здатність до більш координованого зору здійснюється завдяки формуванню рефлєкторних механізмів фіксації погляду, конвергенції зорових осей та акомодатції. У новонародженого виражена реакція стеження й руху очей у напрямі предмета, який світиться, а у віці 3–6 тижнів після народження з'являється здатність фіксувати погляд на достатньо тривалий час, при цьому рухи дитини та голосові реакції припиняються, змінюються дихання й серцева діяльність. У перші 1,5–2 місяці життя в дитини з'являється рефлекс мигання при швидкому наближенні предмета до ока, але швидкість мигання нижча (2 рази за 1 хв), ніж у дорослого (20 разів за хв). До 5–6 місяців дитина може зором контролювати переміщення своєї руки. До 5–6 років гострота зору наближається до норми.

У перші два тижні після народження в дитини не рухи очей координовані (можуть рухатися в протилежних напрямках), це триває протягом 2–5 тижнів. Тоді стає можливою конвергенція зорових осей під час розгляду об'єкта двома очима, причому спочатку розвивається здатність конвергувати зображення в горизонтальному, а потім – у вертикальному

напрямку. Пізніша конвергенція у вертикальному спрямуванні пов'язана з нестійким у перші місяці життя триманням голівки.

У перший місяць життя в дитини також некоординовані рухи повік та очного яблука. У цей період можна бачити, що одна повіка в дитини відкрита, а інша – опущена, або очне яблуко рухається в одному напрямку, а повіка – в іншому. До другого місяця координація між ними встановлюється.

Предметний зір, який є найскладнішою функцією зорової системи, у маленьких дітей розвинений слабо. Тільки з 3-го місяця життя поведінка дитини починає визначатися зором: перед годуванням вона за допомогою зору знаходить груди матері, розглядає свої руки, схоплює розміщені на відстані іграшки. Розвиток предметного зору пов'язаний з удосконаленням гостроти зору та моторики очей. Гострота зору досягає рівня дорослої людини до кінця першого року життя дитини, тоді вона краще сприймає предмети, що розміщені на відстані 20 см, наприклад пізнає обличчя матері під час годування. Уже до п'ятого дня життя дитина переважно реагує на людське обличчя, порівняно з іншими округлими предметами.

Поле зору формується в онтогенезі досить пізно – до 5-місячного віку. До цього часу в дітей не вдається викликати захисно-мигальний рефлекс при появі об'єкта з периферії. Межі поля зору в дітей 6–7,5 років значно розширюються.

Оскільки в новонароджених розміри очного яблука менші, ніж у дорослих, то промінь, що йде від віддалених предметів, сходиться в них за сітківкою, тобто новонароджені володіють природною далекозорістю (1–3 діоптрій, D). Із віком ступінь далекозорості зменшується, відповідно збільшується кількість дітей із нормальним зором, проте одночасно збільшується кількість осіб, які страждають короткозорістю.

Із великими можливостями акомодаций пов'язана схильність дітей до короткозорості. Дитина добре бачить дуже наближений предмет, розгляд предметів на близькій відстані від ока можливий лише при надто сильному напруженні м'яза акомодативної м'язової системи. Якщо це повторюється часто, розвивається

гіпертрофія м'язів, що чинить тиск на очне яблуко, унаслідок чого відбувається ущільнення й подовження його передньо-заднього діаметра. При такій зміні форми очного яблука промені від віддалених предметів сходяться перед сітківкою. Неправильне сидіння, читання лежачи, погане освітлення – тобто все, що змушує розглядати предмети на близькій відстані від ока, сприяє розвитку короткозорості.

Гострота зору, а саме здатність розрізняти дрібні деталі цього предмета, у новонароджених дуже низька – у межах 0,004–0,002 ум. од., в один рік вона складає 0,3–0,6; у три роки – 0,6–1,0; у п'ять – 0,8–1,0; у 7–11 – 0,9–1,0; у 14–15 – до 1,15. У далекозорих до 14–15 років гострота зору знижується із 0,73 до 0,68, а в короткозорих – із 0,32 до 0,28. Отже, нормальна гострота зору встановлюється до 3–5 років. Зростання гостроти зору пов'язане з морфологічним розвитком сітківки.

Світлова чутливість ока в перші роки життя дуже низька. Якщо виразити її у відносних одиницях, то у 2–3 роки вона не перевищує 10, до 10 років зростає до 60, до 20 – досягає максимуму, стаючи рівною 120, потім починається її зменшення та в 40 років світлова чутливість знову стає рівною 60.

Найближча точка ясного бачення в дорослої людини міститься на відстані близько 10 см від ока. Це значить, що предмети, розміщені ближче 10 см, не можна чітко побачити навіть за максимального скорочення війчастого м'яза. Найближча точка ясного бачення змінюється з віком: у 10 років найближча точка ясного бачення міститься на відстані менше 7 см від ока, у 20 років – 8,3 см, у 30 – 11 см, у 40 – 17 см, у 50 – 50 см, у 60–70 років – 80 см.

У новонароджених зображення на сітківці перевернуте. Поступово, за рахунок діяльності кіркового відділу аналізатора, формується сприйняття прямого зображення. Цей період відображається в тому, що в перші місяці життя дитина плуває верхню й нижню сторони предмета. Наприклад, якщо їй показати свічку, яка горить, то, прагнучи схопити полум'я, дитина протягне руку не до верхнього, а до нижнього кінця свічки.

Бінокулярний зір, що забезпечує рельєфне сприйняття навколишнього світу, глибину розміщення предметів і відстань, на якій вони передують, розвивається поступово. У 3-тижневому віці дитина стійко фіксує погляд на нерухомих предметах. Після 6–9 місяців з'являються стереоскопічне сприйняття та відчуття глибини, яке досягає досконалості до 16–17 років. Після 40 років ця здатність знижується.

У новонароджених і дітей грудного віку слабо розвинена темнова та світлова адаптація. Здатність до темної адаптації зростає до 20 років, до світлової – до 24 років.

До чотирьох місяців, незважаючи на функціонування паличок, поле зору дуже звужене. Поступово відбувається розширення периферичного зору, особливо в період із п'яти до 10 років.

У новонароджених колбочок менше, ніж паличок, до шести місяців центральна частина сітківки повністю розвивається. Вивчення рефлекторних реакцій показало, що колбочковий апарат, із яким пов'язане кольоросприйняття, функціонує в людини від народження, проте нині диференціація кольору не здійснюється у зв'язку з незрілістю колбочок. За можливістю вироблення умовних рефлексів диференціювання кольорів починається з 5–6 місяців, але усвідомлене відчуття кольорів формується пізніше. Правильно назвати кольори забарвлених предметів діти можуть уже в 2,5–3 роки. У три роки дитина розрізняє абсолютну величину яскравості кольору та співвідношення їх яскравості. Істотне підвищення здатності розрізняти кольори спостерігається в 10–12 років (максимум – у 30 років, після чого ця здатність знижується). У цілому з віком абсолютна чутливість до кольорів знижується, а здатність розрізняти кольорові відтінки – навпаки, збільшується.

Геронтологічні зміни. Під час старіння істотні зміни відбуваються в зоровому аналізаторі, що зводиться до поступового зниження сенсорної чутливості. Вікові зміни функцій зорового аналізатора та його периферичного відділу специфічні й неоднакові в різних анатомічних структурах очей.

Найбільш значні зміни відбуваються з боку акомодативної функції ока. Сила акомодативної функції зменшується з 10 D у 20 років до 1 D у віці 55–60 років, після 60–65 років акомодативна функція вже практично повністю відсутня. У людини кожні п'ять років поступово зменшується розмір осі ока, що впливає на акомодативну функцію. Із віком відбувається втрата кришталиком еластичності, що призводить до втрати здатності акомодативної функції ока й розвитку старечої далекозорості (пресбіопії). Після 60 років знижується адаптаційна властивість очей у разі недостатнього освітлення, знижується швидкість темної адаптації (діаметр зіниці – 7,5 мм у 20 років і 4,8 мм – у 80 років), що зумовлено зменшенням прозорості кришталика й звуженням зіниці.

Гострота зору в людини досягає максимуму у 20–30 років, поступово знижуючись надалі, особливо після 60 років, що пояснюється зменшенням прозорості заломлювальних середовищ ока та змінами сітківки. У сітківці літніх людей змінюється кровообіг, у пігментному епітелії відбуваються атрофічні процеси, що впливає на функцію фоторецепторів. Зміни сприйняття кольорів сильно виражені для короткохвильової частини спектра (зелений колір). Після 40 років погіршується розрізнення кольорів: зелений–синій або синій–жовтий; сприйняття кольорів червоний–зелений погіршується після 60 років. Після 50 років знижується сприйняття та розрізнення яскравості кольорів. У людей похилого віку змінюються різні фази короткочасної пам'яті на геометричні стимули, що пояснює сповільнення обробки зорової інформації.

Спостерігається розростання в сітківці нових кровоносних судин, що володіють підвищеною проникністю, за рахунок чого відбуваються точкові крововиливи та набряк (ексудація). У сітківці накопичуються ушкоджені клітини, які є бар'єром для світлових хвиль, що надходять до фоторецепторів. Дистрофічні зміни сітківки призводять до зниження гостроти зору, появи в склоподібному тілі світлонепроникних тілець, які відображаються у вигляді пливучих у полі зору чорних крапок. Із віком відзначається поява старечої дуги (геронтоксону) або кільцевого помутніння рогівки, пов'язаної з ліпідною інфіль-

трацією рогової оболонки. Спостерігається поява старечого аптозу, обумовленого атрофією м'яза, що піднімає верхню повіку, старечого енофтальма, викликаного атрофією жирової клітковини очної ямки. Відбувається зниження швидкості зіниці на світлове подразнення, критичної частоти миготінь, тобто порога злиття, контрастної чутливості, світлової та колірної чутливості. Прийнято вважати, що для оцінки біологічного віку людини можна використовувати такі показники стану зорового аналізатора, як сила акомодатції, критична частота миготінь, мінімальний поріг чутливості до світла ока, адаптованого до темноти, й інші.

Крім фізіологічних змін, зумовлених старінням організму, для літнього та старечого віку характерні такі захворювання ока, як катаракта, тобто помутніння кришталика, глаукома (підвищення внутрішньоочного тиску) й атрофія зорового нерва. Ці захворювання виникають у результаті дегенеративно-дистрофічних процесів, що відбуваються на етапах пізнього онтогенезу. Поява цих захворювань у молодші роки вказує на передчасне старіння організму.

Вікові особливості слухового аналізатора. Слух є органом чуття людини, який сприяє психічному розвитку повноцінної особистості, її адаптації в соціумі. Зі слухом пов'язані звукові мовні спілкування. За допомогою слухового аналізатора людина сприймає та розрізняє звукові хвилі, які складаються з почергових згущень і розріджень повітря.

Слуховий аналізатор представлений: 1) рецепторним апаратом, що міститься у внутрішньому вусі; 2) провідними шляхами – VIII пара черепно-мозкових (присінково-завиткових) нервів; 3) центром слуху в скроневій частці кори великих півкуль.

Слухові рецептори (фонорецептори) містяться в завитці внутрішнього вуха, розташованій у піраміді скроневої кістки. Звукові коливання, перш ніж дійти до слухових рецепторів, проходять через цілу систему звукопровідних і звукопідсилювальних частин.

Вухо – це орган слуху, у якому міститься рецепторний апарат. Воно складається з трьох частин: зовнішнього, середнього й внутрішнього вуха. *Зовнішнє вухо* складається із вушної раковини (призначена для вловлювання звуків) і зовнішнього слухового проходу (відбувається посилення звукових коливань у 2–2,5 раза).

Середнє вухо складається з барабанної перетинки, барабанної порожнини й слухової труби. На межі між зовнішнім і середнім вухом розташована *барабанна перетинка*, зовні вкрита епітелієм, а зсередини – слуховою оболонкою. Звукові коливання, що підходять до барабанної перетинки, змушують її коливатися з тією ж самою частотою. Із внутрішнього боку перетинки розміщена *барабанна порожнина*, усередині якої розташовані слухові кісточки, рухомо з'єднані між собою – *молоточок, коваделко й стремінець*. Через системи слухових кісточок коливання барабанної перетинки передаються у внутрішнє вухо.

Внутрішнє вухо – це кістковий лабіринт, усередині якого є перетинчастий лабіринт зі сполучної тканини. Між кістковим і перетинчастим лабіринтом циркулює *перилімфа*, а всередині перетинчастого лабіринту – *ендолімфа*. У стінці, яка відділяє середнє вухо від внутрішнього, є овальне та кругле вікна, останнє робить можливим коливання рідини.

Кістковий лабіринт складається з трьох частин: у центрі – *переддвер'я (присинок)*, спереду від нього – *завитка*, а ззаду – *півколові канали*. Усередині середнього каналу завитки, у завитковому ході, міститься звукосприймаючий апарат – *спіральний, або Кортієв орган*, основна пластинка якого складається із близько 24 тис. фіброзних волоконцець. Уздовж неї розташовані опорні та волоскові чутливі клітини, які є власне слуховими рецепторами. Волоскові клітини охоплюються нервовими волосками завиткової гілки слухового нерва. У довгастому мозку міститься другий нейрон слухового шляху, який продовжується до задніх горбів чотиригорбикового тіла, де здебільшого перехрещується, а від них – у скроневу ділянку кори, де розташована центральна частина слухового аналізатора.

Розвиток слухового аналізатора починається на третьому тижні розвитку людини, коли з боків нервової трубки на рівні заднього мозкового міхура виникають потовщення ектодерми голови, що дають початок слуховій ямці (рис. 23). Упродовж четвертого тижня ектодермальні вип'ячування відшнуровуються від нервової трубки й перетворюються на слуховий міхур – закладку внутрішнього вуха. Навколо нього з мезодерми формується хрящова капсула, яка згодом перетворюється на кісткову – майбутню внутрішню частину скроневої кістки. Пізніше слуховий міхур диференціюється на закладки вестибулярного апарату та завитка.

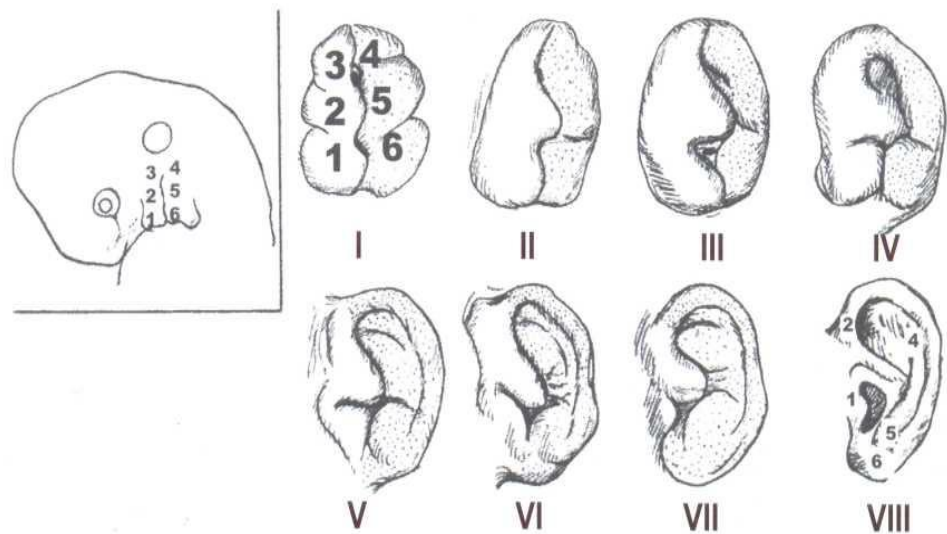


Рис. 23. Стадії розвитку зовнішнього вуха (точками вкриті ділянки, що походять із II зябрової дуги; ділянки, не вкриті точками, походять із I зябрової дуги; арабські цифри вказують на розташування зародкових горбків та їх переміщення на стадіях розвитку).

Із частини завитки розвивається звукосприймаюча ділянка внутрішнього вуха, яка протягом перших двох тижнів розвитку швидко подовжується, її кінець загинається. У результаті цього до 7–8-го тижня утворюється спіраль у 2,5 оберта. Волокна слухового нерва починають мієлінізуватися з 4,5 місяця внутрі-

утробного розвитку, що відбувається дуже повільно: мієлінізація на рівні стовбура мозку завершується до моменту народження, а в проміжному мозку – до чотирьох років. Внутрішнє вухо в новонародженого розвинене добре, його розміри близькі до таких у дорослої людини.

Порожнина середнього вуха (барабанна) розвивається з випинання стінки глотки на другому місяці ембріонального розвитку й залишається зв'язаною з нею через слухову (євстахієву) трубу. Закладка барабанної порожнини оточується мезенхімою, із якої утворюються хрящові зачатки слухових кісточок, пізніше вони заміщуються кісткою. У кінці внутрішнього періоду сполучна тканина, що оточує слухові кісточки, швидко розсмоктується й барабанна порожнина розширюється. Проте в ній зберігається частина ембріональної сполучної тканини, що перешкоджає вільному руху кісточок. Лише через декілька місяців після народження барабанна порожнина заповнюється повітрям, чому сприяють дихальні та ковтальні рухи дитини, кісточки стають рухомими, а викликані звуком коливання барабанної перетинки можуть вільно передаватися на мембрану овального вікна завитки.

Барабанна порожнина в новонародженого за розмірами мало відрізняється від такої в дорослої людини, проте вона здається вузькою через потовщену в цьому віці слизову оболонку. До моменту народження в барабанній порожнині міститься рідина, яка з початком дихання через слухову трубку надходить до глотки й ковтається новонародженим.

Стінки барабанної порожнини тонкі, особливо верхня. Слухові кісточки мають розміри, близькі до таких у дорослої людини. Слухова трубка в новонародженого пряма, широка, коротка (17–21 мм). Хрящова частина слухової трубки розвинена слабо. Протягом першого року життя дитини слухова труба росте повільно, на другому році – швидше. Довжина слухової трубки в дитини першого року життя дорівнює 20 мм, двох років – 30, п'яти – 35 мм. У дорослої людини довжина слухової труби складає 35–38 мм. Просвіт слухової труби звужується поступово: від 2,5 мм у

шість місяців до 2 мм в у два роки й до 1–2 мм – у 6-річної дитини.

Барабанна перетинка в новонародженого відносно велика, висотою 9, а шириною – 8 мм. Нахилена барабанна перетинка в новонародженого сильніша, ніж у дорослого. Кут, який вона утворює з нижньою стінкою слухового проходу, дорівнює 35–40°.

У дітей 2–3 років верхня стінка барабанної порожнини тонка, має широку щілину, обернену в порожнину черепа, заповнену сполучною тканиною з численними кровоносними судинами. Тому при запаленні барабанної порожнини існує небезпека проникнення інфекції по кровоносних судинах у порожнину черепа. Хрящова частина короткої й широкої слухової труби (до 2 мм) легко розтягується, що при запаленні носоглотки в дітей спричиняє проникнення інфекції в барабанну порожнину (розвивається запалення середнього вуха).

Зовнішнє вухо розвивається з мезенхіми з другого місяця ембріонального розвитку, за рахунок зростання декількох мезенхімних гребінців. Вушна раковина в новонародженого потовщена, хрящ її м'який, шкіра, що покриває його, тонка. Найшвидше вушна раковина росте протягом перших двох років життя дитини та після 10 років, причому в довжину росте швидше, ніж у ширину. Розміри й контури вушної раковини встановлюються до 12 років, а після 50–60 років її форма згладжується.

Зовнішній слуховий прохід у новонародженого вузький, довгий (близько 15 мм), круто загнутий, має звуження на межі розширених медіального та латерального його відділів. Стінки зовнішнього слухового проходу хрящові, за винятком барабанного кільця, вистелені тонкою, ніжною шкіркою. У дитини одного року довжина зовнішнього слухового проходу – близько 20 мм, у дитини п'яти років – 22 мм, у дорослих – 25 мм.

Новонароджений чує, але його чутливість до звуків є низькою, оскільки порожнина середнього вуха заповнена амніотичною рідиною та звукові хвилі можуть досягати Кортієвого органа лише за допомогою їх проведення через кістки черепа. Після розсмоктування амніотичної рідини (7–8 тижнів) рецепція звукових хвиль різко зростає.

У процесі онтогенезу чутливість до звукових стимулів поступово зростає, досягаючи максимуму до 14–19 років, після чого знижується. Межі сприйманого звуку в дітей – від 12 до 22000 Гц, із віком верхня межа знижується (у 35 років – 15 000 Гц, у 50 – 13 000 Гц, у шість – 10 000 Гц). Для всіх вікових періодів максимальна чутливість виявляється до звуків із частотою 1000–4000 Гц, тобто до звуків мовного діапазону. У віці від шести місяців до 2,5 року пороги слухової чутливості відрізняються від порогів дорослих на 30 дБ. У віці від чотирьох до 10 років пороги слухової чутливості, виявлені за допомогою тональної аудіометрії, перевищують пороги дорослих на 4–10 дБ. До 12–15 років слухова чутливість досягає рівня дорослих, а іноді перевищує його. Найбільша гострота слуху спостерігається в 14–19 років. Низькі тони діти сприймають краще, ніж високі.

Диференціювання звуку за висотою тону в дітей можливе з 2,5–3 місяців. Диференціювання тембру, тобто різних звуків, наприклад гудка й дзвінка, можливе на 2–3 місяцях. Просторова слухова орієнтація в дитини з'являється з трьох місяців. Розрізнення звуків на 17 музичних тонів виявляється вже в 3,5 місяця життя, на 13–14 тонів – в 4,5 місяця, на 7–10 тонів – у п'ять місяців, що відповідає нормі дорослої людини. Повністю слуховий апарат формується до 12 років.

Із діяльністю слухової сенсорної системи пов'язано багато умовних і безумовних рефлексів, а також мова. Установлено, що 6-місячний плід чує звуки, про це свідчать, наприклад, зміна частоти серцевих скорочень і виникнення рухових реакцій при звуковій стимуляції. Гіпоксичний стан плода знижує цю реакцію. Звуковий тест використовується в акушерській практиці для антенатальної діагностики стану плода. Незадовго до народження плід по-різному реагує на чоловічі та жіночі голоси. Після народження голоси батька й матері можуть здійснювати заспокійливе враження на немовля, особливо якщо вони вимовляють ті ж слова та пропозиції, що й за шість місяців до народження. До 3–4-х місяців слух немовляти досягає рівня дорослих.

У 6-місячної дитини з'являється великий інтерес до звуків мови та музики, що можуть заспокоювати або збуджувати немовля. У приміщенні, де перебуває малюк, не повинно бути постійного музичного фону, шуму, йому необхідні періоди тиші.

Після народження реакції на звук виражаються в міміці обличчя, заплющенні очей, відкритті рота, випинанні губ, у загальному здриганні, зміні дихання й пульсу, а також у припиненні загальних рухів, затримці смоктальних рухів і короткочасному заспокоєнні. Новонароджені діти розрізняють звуки, однакові за інтенсивністю, але різні за тембром і висотою. Перші реакції на звук носять характер орієнтувальних рефлексів, що здійснюються на рівні стовбура головного мозку й таламуса. Якщо в ранньому віці реакції на звук мають яскраво виражений генералізований характер, то з віком вони стають більш локальними, з елементами дослідження: наприклад очі та голова повертаються в напрямку джерела звуку. Реакції на звук виявлені й у недоношених дітей.

Вікові зміни органа слуху виявляються вже після 20 років. Проте суб'єктивне зниження гостроти слуху (стареча туговухість, або пресбіакузія) виявляється після 40 років. Пошкодження слухової ділянки кори, розташованої в скроневій частці, викликає музичну й словесну глухоту, утрату слуху. Як правило, при старінні, передусім, знижується сприйняття звуків високої частоти, а також погіршується розбірливість мови при ще хорошому сприйнятті тонів середніх і низьких частот, тобто частот мовної зони (250–2000 Гц). Під час старіння знижується здатність розрізняти тони, зростають пороги кісткової та повітряної провідності.

Люди похилого віку мають нижчу можливість сприйняття мови за наявності звукових шумів, що свідчить про зниження здатності проводити аналіз сигналів, необхідних для виділення сигналів із шуму (тобто з віком страждають центральні механізми слуху). Із віком сприйняття мови знижується.

Вікові зміни стосуються як звукопровідного, так і звукосприймаючого відділів слухового аналізатора. Так, у

середньому вусі під час старіння відбувається остеопороз слухових кісточок, атеросклероз внутрішньокісткових судин, атрофія суглобів між слуховими кісточками (отосклероз); проте ці зміни не здійснюють істотного впливу на слухову функцію. Стареча туговухість зумовлена переважно змінами у звуко-сприймаючому відділі, серед яких особливе значення мають зниження еластичності й збільшення ригідності основної мембрани, а також атрофія судинної стінки, нейронів спірального вузла завитки, волокон слухового нерва, ядер довгастого мозку, нейронів слухової кори. І в дітей, і в дорослих після скарлатини, грипу або запального процесу слух знижується, що пов'язано з пошкодженням середнього вуха.

Вікові особливості вестибулярного аналізатора. *Вестибулярна сенсорна система забезпечує рівновагу та виконує провідну роль в орієнтації людини в просторі. Чим більша її рухова активність, тим потрібна точніша інформація про положення тіла. Вестибулярна система, як і слухова, стосується механорецепторів (сприймає інформацію про положення тіла, його лінійні та кутові переміщення) і володіє високою чутливістю. Вестибулярний апарат розташований у скроневій кістці черепа в безпосередньому контакті із завиткою внутрішнього вуха.*

Вестибулярний аналізатор складається з *присінка* та *трьох півколових каналів*, заповнених ендолімфою. *Присінок* складається з двох мішечків – овального й круглого, розташованих ближче до завитки. На внутрішній поверхні мішечків є рецептори рівноваги, або *отолітовий апарат*, де містяться рецепторні волоскові клітини – механорецептори. Волоски цих клітин занурені в драглисту масу, яка містить численні вапняні кристали – *отоліти*, що утворюють так звану *отолітову мембрану*. Отолітовий апарат контролює положення тіла відносно сили тяжіння (горизонтальне чи вертикальне положення тіла) та реагує на прямолінійні прискорення при вертикальних і горизонтальних рухах тіла.

Три півколових канали мають діаметр близько 2 мм. На внутрішній поверхні півколових каналів розміщені спеціальні

чутливі клітини, які здатні сприймати подразнення та передавати імпульси в центральну нервову систему. Вони подразнюються рухами ендолімфи, зумовленими переміщенням тіла в просторі. При цьому рухливі реакції, що виникають, забезпечують збереження рівноваги, чому сприяють зір та м'язово-суглобова рецепція. Півколові канали розташовані в трьох взаємно перпендикулярних площинах, тому їхні рецепторні клітини реагують на колові й обертальні рухи голови та тулуба.

Із рецепторів вестибулярного апарату відходять тоненькі чутливі нервові волоконця, які переплітаються й утворюють *вестибулярний нерв*. Від нього імпульси про положення тіла в просторі надходять до довгастого мозку, зокрема у *вестибулярний центр*, з'єднаний нервовими шляхами з мозочком, підкірковими утвореннями, корою головного мозку та зоровими центрами.

Формування вестибулярного апарату відбувається швидше інших рецепторів. У новонародженої дитини він розташований майже так само, як у дорослої людини. Збудливість вестибулярного апарату й вестибулярного аналізатора в головному мозку існує від народження та розвивається в процесі становлення.

Вестибуло-спінальна система забезпечує стабільне відносно центра тяжіння тіла положення голови. При кожному русі голова залишається нерухомою відносно навколишнього простору, тоді як тіло плавно рухається. Рухи голови, тулуба й кінцівок узгоджуються завдяки шийним рефлексам.

Вестибуло-окулярна система регулює рухи очей, що важливо для збереження стабільного зображення на сітківці під час рухів тіла.

Одночасний рух очей забезпечується шістьма парами м'язів очного яблука. Саккадні (стрибкоподібні) рухи очей (ністагми) при нерухомій голові, що спостерігаються під час читання або розгляду близьких предметів, забезпечуються імпульсами, які йдуть від вестибулярних аферентів до мотонейронів очних м'язів. При повороті голови очі поперемінно здійснюють повільні рухи в тому ж напрямку та швидкі – у протилежному.

Вестибуло-мозочкова система забезпечує сенсомоторну координацію. Частина волокон від вестибулярних ядер спрямовується до нейронів мозочка, від них – назад на ці ядра. Отже, мозочок здійснює тонке «налаштування» вестибулярних рефлексів. При порушенні цих зв'язків людина не в змозі підтримувати рівновагу, її рухи набувають підвищену амплітуду, особливо під час ходьби. При ушкодженні (особливо односторонньому) вестибулярного апарату спостерігаються важкі розлади руху й утрата здатності до збереження рівноваги. Такі ушкодження часто бувають у глухонімих від народження людей.

Півколові канали вестибулярного апарату формуються до сьомого тижня внутріутробного розвитку плода. У цей час починається диференціювання клітин гребінців на чутливі (волоскові) клітини та опорні, що їх підтримують. На 8–10 тижні відособлюються мішечки присінка: у 6-місячного плода розмір їх такий самий, як і в дорослих. Мієлінізація волокон усього аферентного шляху від периферичного відділу вестибулярного аналізатора до довгастого мозку відбувається в період від 14 до 20 тижнів внутріутробного розвитку. На 20 тижні встановлюється зв'язок між ядрами присінково-завиткового й окорухового нервів. На 21–22 тижнях починають мієлінізуватися волокна, що сполучають ядра присінково-завиткового нерва довгастого мозку з мотонейронами спинного.

Завдяки ранньому морфологічному дозріванню вестибулярної сенсорної системи, на четвертому місяці внутріутробного розвитку в плода з'являються різні рефлекторні реакції вестибулярного апарату. Вони виявляються в зміні тону м'язів, у скороченні м'язів кінцівок, шиї, тулуба, м'язів очних яблук.

Припускають, що раннє морфологічне й функціональне дозрівання вестибулярного аналізатора важливе для розвитку нейронів спинного та головного мозку, пов'язаних із ним. Імпульси, що йдуть по нервових волокнах від вестибулярних рецепторів, сприяють дозріванню нейронів вестибулярних ядер

довгастого мозку й мієлінізації аксонів, що прямують до мото-нейронів спинного мозку, нейронів мозочка і ядер окорухового нерва. Високу збудливість вестибулярного апарату у внутрі-утробному періоді пояснюють його впливом на розвиток нервової системи.

У грудних дітей можна спостерігати низку рефлексів, пов'язаних із вестибулярним апаратом: розведення рук і розчепірення пальців при різкому струсі ліжечка, рефлекс на положення дитини при годуванні грудьми, рефлекс на похитування. На 2–3 місяці дитина диференціює напрям гойдання. Інформація з вестибулярного апарату важлива для становлення рефлексів підтримки голови, сидіння, стояння.

Багато вестибулярних рефлексів (розведення рук при підкиданні дитини) спостерігаються тільки в перші місяці життя. Збудливість вестибулярного апарату зменшується з віком.

Вікові особливості смакового аналізатора. Сприймання смакових властивостей речовин, які потрапляють у порожнину рота, виконує *смаковий аналізатор*. Він складається з периферичного (смакові рецептори), провідникового (периферичний язикоглотковий нерв, довгастий мозок, гіпоталамус, таламус) і центрального (у парагіпокампальній закрутці близько переднього кінця скроневої частки, морському конику та гачку) відділів.

Відомі чотири основні смакові якості: солодке, солоне, кисле й гірке. Окрім них, розрізняють декілька додаткових смаків: лужний, металевий, терпкий, пекучий та ін. Проте їжа – складний стимул, що включає декілька модальностей: так, запах їжі, який супроводжує смакові стимули, порушує нюхові рецептори, що може підсилити (або послабити) певні відчуття від прийнятої їжі. До того ж слизова оболонка рота і язика володіє термо- й механочутливістю, а також чутливістю до болю. Смакова стимуляція рецепторів язика спричиняє рефлекторні реакції (наприклад секрецію слинних та серозних залоз). При цьому склад секрету залоз і слини залежить від виду їжі. Смакові стимули регулюють виділення шлункового соку й забезпечують відчуття насичення.

Смакова чутливість пов'язана зі смаковими цибулинами, що містяться на спеціальних складках слизової оболонки язика – смакових сосочках. Чутливість до смакових якостей на поверхні язика розподілена нерівномірно: кінчик язика найбільш чутливий до солодкого, бокові зони – до кислого й солоного, корінь – до гіркого.

Смак може змінюватися при різних функціональних станах організму: знижується при втомі, інтенсивній фізичній і розумовій роботі. Спотворення смаку спостерігається при порушенні функцій шлунково-кишкового тракту, ендокринних залоз, простудних захворюваннях.

Периферична частина смакової сенсорної системи починає формуватися на третьому місяці внутріутробного розвитку та на момент народження повністю сформована, хоча в новонароджених не всі смакові цибулини мають пори та функціонують. У постнатальному періоді змінюється характер розподілу рецепторних утворень кінчика язика. У новонародженого смакові цибулини розташовані на ширшій поверхні, ніж у дорослого, – на язичку, на твердому піднебінні, на слизовій губ, щік, нижній поверхні язика. У дітей смакових цибулин більше, ніж у дорослих.

Визначення смакової чутливості в новонароджених дітей засноване на спостереженні за мимічними реакціями, що виникають при подразненні язика смаковими речовинами. Діти реагують на всі чотири види речовин: солодке викликає позитивні реакції – смоктальні рухи, усмішку та загальне заспокоєння (сповільнення частоти серцевих скорочень і дихання); кисле та гірке спричиняє гримаси незадоволення, закриття повік, загальні рухи. Із віком у дітей час розвитку реакції на смакову стимуляцію зменшується: у 10 років цей показник менший, ніж у дорослих, про що свідчить значна величина латентного періоду реакції на смаковий стимул у дітей і високий поріг стимуляції. Пороги чутливості, властиві дорослим, установлюються в дітей до шести років, а «доросла» тривалість латентного періоду – лише до 10 років. Слід ураховувати, що швидкість функціонального дозрівання будь-

якої сенсорної системи значною мірою визначається інтенсивністю її тренування. Якісно різноманітне харчування (своєрідне «тренування») сприяє швидшому вдосконаленню смакової чутливості дитини.

Умовні рефлекси на дію смакових стимулів можна виробити в дитини на другому місяці життя, у кінці якого вона може розрізнити кількість смакової речовини в розчині. У 4-місячному віці здатність розрізнити смакові якості їжі досить значна: дитина може відрізнити розчин із 20 краплями лимонного соку в 100 мл води від розчину із 16 краплями; 15 % розчину цукру – від 2 %-го; 0,2 %-й розчин кухонної солі – від 0,4 %-го.

При старінні число смакових цибулин зменшується, особливо на кінчику язика. На фоні пониженої продукції слини це призводить до зменшення смакових відчуттів. Куріння сприяє регресу смакової функції. До 50 років переважаючим є солодкий смак, менше виражений – кислий.

Вважається, що смак, як і нюх, – це філогенетично древні відчуття, що в онтогенезі формуються дуже рано та зберігаються до глибокої старості. Проте в деяких літніх людей зниження смакової чутливості буває настільки сильним, що спричинює серйозні труднощі: наприклад, людина не може їсти, тому що на смак їй нічого не подобається.

Вікові особливості нюхового аналізатора. Нюх у людини розвинений краще, ніж смак, із допомогою якого можливо розрізнити понад 10 000 нюхових відчуттів. Нюхові рецептори збуджуються газоподібними різноманітними речовинами. Прийнято розрізнити досить велику кількість запахів: квітковий, ефірний, мускусний, камфорний, запах поту, гнильний, їдкий й ін. Хімічно схожі речовини відносять до різних запахових класів і, навпаки, ті, що схожі за запахом, можуть мати абсолютно різну хімічну природу. Запахи, які трапляються в природі, звичайно є різноманітними сумішами (із прийнятої шкали запахів), у яких переважають певні компоненти.

У слизовій оболонці порожнини носа (у верхній носовій раковині, у верхній частині перегородки носа, у верхньому

носовому ході та верхніх відділах середнього носового ходу) містяться нюхові рецептори – *нюхова ділянка*, укрита епітелієм, – де розрізняють опорні й нюхові клітини; останні виконують рецепторну функцію в органі нюху.

Нюхові рецепторні клітини за своєю формою нагадують глечик із довгою горловиною. На одному кінці цих клітин є по 6–12 надзвичайно тоненьких волосин, які в десятки разів збільшують поверхню контакту рецепторів із молекулами запашних речовин. Ці волоски рухаються й активно «виловлюють» запашні молекули. Волоски занурені в слиз (виробляється залозами слизової оболонки носа), що відіграє роль фільтра: одні запашні молекули пропускає швидко, інші – повільніше та затримує на тривалий час. На другому кінці «глечика» містяться аксони, які формують волокна нюхового нерва.

Нервові волокна нюхових клітин проходять крізь отвори решітчастої кістки в порожнину черепа до нюхових цибулин головного мозку. Звідси імпульси, що виникли в рецепторах, ідуть по нюховому тракту через стовбур головного мозку в кору великих півкуль, де здійснюється їх аналіз і виникають відчуття певного запаху.

Чуття нюху надзвичайно гостре й тонке. Людина відчуває запах речовин, що містяться в повітрі в таких малих концентраціях, які не можна виявити ні хімічним, ні спектральним аналізом. Чутливість до запаху підвищується на світлі, після збудження симпатичної нервової системи.

Становлення периферичного відділу нюхової системи людини починається в період внутріутробного розвитку. У 2-місячного плода в слизовій оболонці нюхової ділянки з'являється чутливий епітелій. До шостого місяця його площа зменшується, що свідчить про регресивний розвиток нюху в людини. Структурний розвиток рецепторів закінчується до сьомого місяця внутріутробного розвитку. Відразу після народження нюхові рецептори здатні сприймати запахи. Новонароджений володіє нюховою чутливістю – він реагує на всі види запахів однаково (зміною частоти серцевих скорочень і дихання, мімікою), але чутливість до запахів низька (пороги відчуття в них у 20–100 разів вищі, ніж у дорослих). Гострота

нюху підвищується до шести років, а потім поступово знижується. Витончення нюху (розрізнення запахів) із віком підвищується. На запах молока впродовж першого місяця життя дитина не реагує, на другому місяці можна виробити умовний рефлекс (як і на інші запахові подразники), із віком цей процес полегшується. Нюховій системі новонароджених властива швидка адаптація: діти перестають реагувати на повторні подразнення. У них легше викликаються рефлексорні відповіді на речовини, що подразнюють закінчення трійчастого нерва (аміак, оцтова кислота). У дітей раннього віку менше розвинене чуття нюху пов'язане з недорозвиненням у них носової порожнини.

На четвертому місяці дитина починає розрізняти приємні та неприємні запахи й реагувати на них адекватною емоційно-руховою реакцією. До шести років нюхова сенсорна система помітно не відрізняється від дорослих. Диференціація складних запахів удосконалюється до 10 років, а то й пізніше.

У людини з функцією нюху пов'язане пізнання навколишнього світу: із його участю визначається якість удихуваного повітря, його склад й ін. Крім того, нюх діє на перебіг різних процесів в організмі та може значно впливати на емоційний стан. Так, приємні запахи позитивно впливають на настрій і самопочуття людей, їх стан та працездатність, активізують слиновиділення й діяльність травних залоз, викликають апетит, приносять насолоду, під впливом запаху може знизитись артеріальний тиск, покращитися робота серцево-судинної системи, підвищується тонус нервової системи. Неприємні запахи, навпаки, можуть пригнічувати стан людини до нудоти, неприємності; здатні змінювати температуру шкіри, викликати відразу до їжі, загострити чутливість нервової системи. Деякі запахи, наприклад аміак, викликають у людини захисні рефлекси, такі як чхання та затримка дихання. Ці впливи, можливо, зумовлюються зв'язками між нюховими рецепторами та лімбічною системою мозку.

Запахи можуть впливати на стан інших сенсорних систем. Так, вони можуть значною мірою поліпшити слух (бензол),

тоді як інші погіршують (індол). Аромати розмарину, трояндової олії, тімолу й аміаку покращують оптичні показники; запах розмаринового масла розширює поле зору для зелених і звужує для червоних об'єктів.

У людини часто трапляються порушення сприйняття запахів, рідше – їх повна несприйнятливість. Ці порушення можуть бути вродженими або набутими. Вроджена відсутність нюху в дітей може бути пов'язана з вадами розвитку, наприклад ендокринної (статеві залози) системи або з аномаліями розвитку лицьового відділу черепа.

Нюх порушується при розростанні мигдалин, запаленні слизової оболонки порожнини носа, захворюванні на грип, туберкульоз, при мозкових розладах тощо. Нюхова чутливість може змінюватися під впливом різних зовнішніх і внутрішніх чинників: на нюх істотно впливають забруднення навколишнього повітря, підвищення атмосферного тиску, освітлення тощо. Найінтенсивніше запахи відчуються при температурі довкілля 37–38°C, вологість вдихуваного повітря й світло сприяють кращому сприйняттю запахів.

При старінні відбувається атрофічні зміни в слизовій носа, а також дегенерація нюхових нейронів. Усе це призводить до зниження нюху й адаптаційних процесів, що яскраво виявляється після 60 років. Зміни нюху в старечому віці пов'язані зі старінням рецепторів слизової оболонки носа та вищих відділів аналізатора. В окремих випадках зниження нюху є трагічним: стара людина, наприклад, може не відчувати витоку газу. Проте, як і смакова чутливість, нюх зберігається навіть у довгожителів.

Вікові особливості сомато-сенсорної системи. *Сомато-сенсорна система* забезпечує тактильну, температурну та больову чутливість. До рецепторних утворень сомато-сенсорної системи відносять рецептори шкіри й слизових оболонок, що реагують на дотик, тиск, температуру та больовий стимул, а також пропріорецептори м'язово-суглобового апарату. Більшість рецепторів сомато-сенсорної чутливості міститься в шкірі й м'язах тулуба та кінцівок.

Для шкірних рецепторів характерна структурна різноманітність. Шкірні рецептори представлені або вільними нервовими закінченнями, або укладені в сполучнотканинну капсулу (інкапсульовані закінчення). Вільні закінчення соматосенсорних аферентних волокон розташовані в різних ділянках тіла – це рецептори, чутливі до холоду, тепла й болю, а також рецептори волосяних цибулин. У рогівці ока є вільні закінчення, чутливі до механічних стимулів, що викликають больові відчуття. До інкапсульованих рецепторів відносять тільця Мейснера, диски Меркеля, колби Краузе, закінчення Руффіні, тільця Пачіні.

М'язові рецепторні утворення представлені м'язовими веретенами двох видів – із ядерною сумкою та ядерним ланцюжком (мають первинні й вторинні сенсорні закінчення) та м'язовими волокнами з гамма-моторною іннервацією. Завдяки їм створюється можливість досить складної комбінації сенсорної сигналізації в ЦНС при різній м'язовій активності, важлива роль у якій належить рецепторним утворенням сухожилків м'язів, зокрема сухожилковим рецепторам Гольджі.

М'язові веретена й сухожилкові рецептори Гольджі налаштовані на сприйняття змін довжини та напруги в м'язі, сприймають відчуття положення тіла й рухів кінцівок. М'язові рецептори – веретена – є в усіх скелетних м'язах, особливо в тих, що здійснюють тонкі рухи: у м'язах кисті, стопи, шиї, окорухових м'язах. Менше веретен містяться в м'язах, скорочення яких пов'язане з грубими рухами (у м'язах стегна, плеча). Ці рецептори беруть участь у підтримці пози.

Суглобові рецептори Гольджі вплетені в щільну сполучну тканину суглоба або сухожилка м'яза. Існує декілька типів суглобових рецепторних утворень, серед яких – швидко- та повільноадаптивні. Вони сигналізують про положення суглоба й реагують на зміну його руху; інформація від суглобів надійно забезпечує відчуття положення тіла в просторі.

Аферентні волокна шкірної чутливості від рецепторів тулуба та кінцівок ідуть у складі спинномозкових нервів, а від рецепторів голови – у складі черепно-мозкових нервів.

Аферентні волокна соматосенсорної системи, що передають стимули різної модальності, відрізняються за швидкістю проведення збудження, яка залежить від діаметра волокна. Найшвидше інформація поступає від рецепторів м'язових веретен і від рецепторних утворень сухожилок. Менша швидкість характерна для аферентних нервів шкіри, що передають сигнали від рецепторів дотику та тиску й від деяких м'язів. Ще повільніше надходить інформація по волокнах больової та температурної чутливості.

Сомато-сенсорний шлях – це трьохнейронний ланцюг, через який імпульси від рецепторів надходять до соматосенсорної кори. У цей ланцюг включені: 1) чутливі нейрони спінальних гангліїв (перший нейрон); 2) нейрони спинного або довгастого мозку (другий нейрон); 3) нейрони таламуса (третій нейрон). Рецептори збуджуються при слабкому дотику або натисканні на шкіру. Нейрони цього шляху передають інформацію про точну локалізацію подразника на поверхні тіла в кору.

Сомато-сенсорна інформація надходить у постцентральну (первинну) ділянку кори великих півкуль. Нейрони кори розташовуються у вигляді вертикальних стовпчиків (колонок), перпендикулярних до її поверхні. Із кожною колонкою пов'язана інформація про якість стимулу (гострота, шорсткість, інтенсивність) та його локалізації. Для кожної точки поверхні тіла в первинній сомато-сенсорній корі існує своя колонка; аналогічні колонки обробляють інформацію від пропріорецепторів про рух, тонус м'язів і положення суглобів.

Вторинна сомато-сенсорна ділянка кори одержує сигнали від обох половин тіла й бере участь в інтеграції соматосенсорної інформації від усього організму.

Сомато-сенсорна система формується в ембріогенезі однією з перших. Розвиток рецепторів шкірної чутливості в людини починається з восьмого тижня ембріонального життя. Першими з'являються вільні нервові закінчення, інкапсульовані рецептори утворюються з 3–4 місяця ембріогенезу й після народження. У різних ділянках шкіри рецепторні утво-

рення з'являються гетерохронно: найшвидше – у шкірі уст і слизовій оболонці язика, потім – у подушечках пальців руки й ноги, у шкірі лоба, щік, носа. У шкірі шиї, грудей, соска, плеча, передпліччя, пахвової западини формування рецепторів відбувається пізніше.

Мієлінізація нервових шляхів у цілому збігається за часом із формуванням інкапсульованих рецепторів. Стовбурові та підкіркові утворення сомато-сенсорної системи сягають до моменту народження досить високого рівня розвитку. Сомато-сенсорні зони кори переважно дозрівають після народження дитини: формування постцентральної ділянки кори, куди надходить інформація про всі види шкірної чутливості, здійснюється впродовж 1–4 років життя. До 7–13 років збільшуються площа й товщина сомато-сенсорної кори.

Рефлекторні рухові реакції при тактильній стимуляції різних зон шкірної поверхні виявляються гетерохронно вже в плодовий період. При стимуляції певних зон плода виникає низка харчових реакцій (витягування губ у вигляді трубочок – хоботковий рефлекс, смоктання й ін.), а також рухові та захисні рефлекси – поворот голови, мимічні реакції, заплющення очей тощо. Ранній розвиток рецепторних утворень у шкірі уст забезпечує виникнення смоктального акту при дії тактильних подразнень. На шостому місяці розвитку смоктальний рефлекс є домінуючим відносно різних рухів плода, що здійснюються в цей час, та спричиняє виникнення мимічних рухів. При тактильній стимуляції кінцівок і тулуба виникають згинальні й розгинальні рефлекси різної складності, реакції приведення руки або ноги, а також згинання тіла плода.

Шкіра та слизові оболонки новонародженого рясно забезпечені рецепторними утвореннями. Характер їх розподілу такий самий, як у дорослої людини. У постнатальному онтогенезі продовжується кількісний і якісний розвиток сомато-сенсорного рецепторного апарату. Інтенсивне збільшення числа інкапсульованих рецепторів відбувається в перші роки після народження, особливо в ділянках, що піддаються тиску. Так, коли дитина починає ходити, росте число рецепторів на підшовній поверхні ноги. На долонній поверхні кисті й

пальців рук збільшується число рецепторів, до яких підрастають розгалуження волокон. Одне таке рецепторне утворення передає інформацію в центральну нервову систему по багатьох аферентних шляхах і, отже, представлене великою ділянкою в корі. Таким чином, очевидне збільшення в онтогенезі числа таких рецепторів: із віком усе більшого значення в житті людини набуває тактильна чутливість руки, тому зростає роль її рецепторних утворень в аналізі й оцінці предметів навколишнього світу, здійснюваних рухів. Збільшення кількості рецепторів шкіри можливе й у дорослої людини, наприклад у тих, котрі втратили зір.

Упродовж першого року життя відбуваються досить інтенсивні якісні перетворення шкірних рецепторів і вже в однорічної дитини вони набувають будови, характерної для дорослого. У цьому ж віці типової структури набувають тільки Мейснера, тоді як у новонароджених вони лише віддалено нагадують звичну структуру.

У новонародженого дуже різко знижуються пороги тактильної чутливості, порівняно з плодом. Їх величина відразу після народження стає неоднаковою для різних ділянок шкіри, причому зони найбільшої чутливості в дитини ті ж, що й у дорослого. Пороги тактильної чутливості в новонароджених дітей у 7–14 разів вищі, ніж у дорослих; до 18–25 років вони зменшуються.

Диференціальні пороги розрізнення двох тактильних подразників у дітей нижчі, ніж у дорослих, причому ця різниця зберігається також у 12-річному віці. Так, у дорослого два подразнення шкіри в ділянці виличної кістки сприймаються як роздільні лише на віддалі між подразнювальними ділянками 15,8 мм. Водночас у 12-річного підлітка відчуття подвійного подразнення виникає вже на відстані між стимулами 9 мм. Вікове зменшення розмежувальної здатності пов'язане зі значним збільшенням поверхні шкіри при менш вираженому зростанні числа її рецепторних елементів.

Усі рефлекторні реакції, що виникають при тактильних подразненнях, відрізняються спочатку узагальненим, генералізованим характером. Локальні реакції з'являються лише з 1–

1,5 місяця й починаються зі шкіри голови, пізніше їх можна викликати з інших ділянок. Із віком тактильна чутливість шкіри збільшується: так, у 10-річних дітей вона більша, ніж у 6-річних, але менша, ніж у представників старшого віку.

Подразнюючи шкіру новонародженого, можна викликати різні рухи у відповідь на больову та температурну стимуляцію. Больові реакції при подразненні шкіри різкими механічними, термічними й іншими стимулами виникають ще в період внутріутробного розвитку; у недоношених дітей вони виражені в перші дні після народження, причому найбільша чутливість до больових стимулів характерна для шкіри обличчя. Новонароджені діти на больові подразнення відповідають загальними й місцевими захисними реакціями, що супроводжуються емоційним проявом, залежно від місця та сили дотику больового стимулу. Чутливість до больових подразнень із віком збільшується: упродовж перших двох тижнів після народження больовий поріг змінюється дуже мало, до кінця першого місяця зменшується і потім до дев'яти місяців фактично залишається без змін. Із дев'яти місяців больова чутливість зростає: до п'яти років її поріг зменшується у два рази, а до шести – ще у 2,5 рази. Усього з моменту народження й до шести років пороги больової чутливості знижуються у вісім разів.

Температурна чутливість шкіри до моменту народження достатньо сформована, про що свідчить здатність немовляти реагувати на різкі зміни температури довкілля руховими реакціями загального та місцевого характеру. У новонародженої дитини дія температурних подразників (як теплових, так і холодних) викликає безумовно-рефлекторні реакції, що проявляються в загальному руховому занепокоєнні, крику, затримці дихання. Спочатку реакції дуже узагальнені, у них бере участь практично все тіло дитини, із віком вони стають більш локальними. Чутливість до дії температурних подразнень з віком збільшується: прихований (латентний) період дії подразника в дорослих майже в 10 разів менший, ніж у новонароджених.

Чутливість пропріорецепторів м'язів, сухожилок і суглобів також змінюється з віком, забезпечуючи становлення

складних координованих маніпуляційних рухових актів, локомоцій і мовної функції. Морфофункціональний розвиток пропріорецепторів, що беруть участь у цих реакціях, починається на ранніх етапах ембріонального розвитку. До моменту народження вони вже сформовані, але процес їх розвитку продовжується в постнатальний період, досягаючи рівня дорослої людини до 7–14 років.

Сомато-сенсорна кора починає формуватися на 22 тижні внутріутробного розвитку, дозрівання продовжується в постнатальному онтогенезі впродовж декількох років. У процесі дозрівання в корі утворюються шари нейронів, вони збільшуються й диференціюються, змінюється їх розташування, зменшується густина на одиницю площі. У постцентральной ділянці формування шарів із розміщенням у них клітинних елементів закінчується до 1–2 років життя, а у верхній тім'яній частці – до 1–4 років. Водночас збільшення площі відповідних полів кори, її розширення, а також збільшення розмірів клітин продовжується до семи років.

У процесі старіння больова й температурна чутливості знижуються не так виражено, як інші види чуття. Вважається, що перші ознаки зменшення больової чутливості з'являються в 30 років. Тактильна чутливість знижується після 60 років; при цьому знижується сприйняття дотику, тиску та, особливо, вібрації. Наприклад, у довгожителів часто спостерігається повне випадання вібраційної чутливості. Вважають, що тест на вібраційну чутливість може використовуватися при визначенні біологічного віку на пізніх етапах онтогенезу.

Отже, розвиток різних за модальністю аналізаторів відбувається гетерохронно: спочатку розвивається вестибулярний аналізатор, далі – нюховий, смаковий і шкірний, найпізніше – слуховий та зоровий. В онтогенезі найшвидше формується й дозріває периферична частина аналізатора, потім – провідникова та лише після цього – кіркова.

У новонароджених функціонують усі види аналізаторів, але їх чутливість до адекватних подразників значно менша, ніж у дорослих. У процесі постнатального онтогенезу за рахунок постійного спілкування із зовнішнім середовищем, зокрема

цілеспрямованого спілкування (навчання, виховання), усі аналізатори істотно розвиваються. При цьому важливу роль виконує механізм сприйняття – це аналіз і синтез одержаної мозком інформації, результатом якого є формування образу. У первинних проекційних зонах кори відбуваються прийом та аналіз окремих ознак сигналу, у вторинних – інформація про окремі ознаки синтезується в складні сенсорні комплекси, в асоціативних зонах відбувається зіставлення з еталоном, який формується в мозку на основі минулого досвіду (пам'яті), тобто тут здійснюється прийняття рішення про характер інформації, відбувається пізнання образу.

В онтогенезі дозрівання окремих ділянок кіркової частини аналізатора відбувається також гетерохронно, що відображається на вікових особливостях сприйняття. До моменту народження відносно сформовані первинні проекційні зони, до 2–3 місяців – вторинні проекційні зони, задня (тім'яно-скронево-потилична) асоціативна зона дозріває до 2–5 років, передня (лобова) асоціативна – до шести років, у підлітковому віці встановлюються зв'язки між асоціативними зонами обох півкуль – усе це розширює межі сприйняття.

Питання для самоконтролю:

1. Загальна організація сенсорних систем та їхні властивості.
2. Зорова сенсорна система, вікові особливості. Порушення зору, їх аналіз і причини виникнення.
3. Вікові особливості розвитку слухової системи. Особливості сприйняття слухових подразників у різні вікові періоди.
4. Сенсорне забезпечення сприйняття положення тіла в просторі в різні вікові періоди. Морфологічний і функціональний розвиток структур вестибулярного апарату.
5. Вікові особливості розвитку нюхових структур і сприйняття запахів.
6. Вікові особливості смакового аналізатора.
7. Вікові особливості сомато-сенсорної системи.

РОЗДІЛ 6

ФІЗІОЛОГІЯ ВИЩОЇ НЕРВОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДІТЕЙ ТА ПІДЛІТКІВ

Специфічні особливості вищої нервової діяльності людини. Вища нервова діяльність (ВНД) – це сукупність складних форм діяльності кори великого мозку й найближчих до них підкіркових утворень, яка забезпечує індивідуальні фізіологічні та поведінкові реакції людини на змінні умови навколишнього й внутрішнього середовищ, що сформувалися та закріпилися в процесі еволюції й передаються спадково. Це психічна діяльність мозку, що складається з актів поведінки, кожен із яких має певну етапність.

На сучасному етапі розвитку ВНД розглядають як функціональну систему, яка під дією подразника вибірково об'єднує різнорідні центральні та периферичні нервові утворення для отримання корисного пристосувального результату.

Підтримання сталості внутрішнього середовища як основи незалежного (від постійних змін чинників довкілля) життя людини можливе завдяки безумовно-умовно-рефлекторній діяльності ЦНС.

Безумовні рефлекси – це природжені реакції організму на подразнення із зовнішнього або внутрішнього середовища, що сформувалися і закріпилися в процесі еволюції та передаються спадково. Їх здійснення пов'язане з діяльністю нижчих відділів центральної нервової системи – спинного мозку й стовбура головного мозку. *Умовні рефлекси* – функція вищого відділу центральної нервової системи – кори великих півкуль головного мозку. Умовні рефлекси, на відміну від безумовних, є індивідуальними: в одних організмів певного виду вони можуть бути, а в інших – ні. Умовні рефлекси виробляються на основі безумовних.

І. П. Павлов сформулював закони вищої нервової діяльності:

– для формування умовного рефлексу необхідне утворення в ЦНС тимчасових зв'язків між нейронами, що спри-

ймають умовний подразник, та нейронами, які входять до складу дуги безумовного рефлексу;

– умовний подразник здатний викликати випереджальне збудження ЦНС, яке дає змогу організмові заздалегідь підготуватися до відповідної поведінкової реакції;

– тимчасові нервові зв'язки зберігають своє значення доти, доки вони відповідають реальним умовам дійсності. За порушення такої відповідності умовно-рефлекторна реакція згасає й умовний подразник утрачає своє сигнальне значення;

– вища нервова діяльність являє собою сукупність складних аналітико-синтетичних процесів.

Вікові особливості вироблення умовних рефлексів. Перші позитивні натуральні умовні рефлекси в новонароджених можна виробити на сьомий день: вони виникають на базі харчових безумовних рефлексів і виявляються в реакції на час годування й на положення дитини за декілька хвилин до годування (умовний смоктальний рефлекс, умовно-рефлекторне підвищення рівня в крові лейкоцитів, умовно-рефлекторне підвищення рівня загального обміну). Із першого місяця з'являється можливість виробити (на базі таких безумовних рефлексів, як смоктальний або моргальний) штучні рефлекси, причому з двох місяців – на всі подразники першої сигнальної системи. В усіх випадках основу утворення умовного рефлексу складає *орієнтувальний*. У 3–4 місяці з'являється здатність виробляти умовний рефлекс на комплекс послідовних подразників, тобто *динамічний стереотип*. До 9–10 місяців зростає значення сигналів зовнішнього світу: для дитини важливі режим дня, навколишнє оточення, обличчя людей. У міру росту дитини в умовних рефлексах усе більше місце займає емоційний компонент. У новонароджених і грудних дітей спочатку умовний рефлекс формується понадміру, при цьому прикладається невелика сила, інертність процесів збудження й гальмування, їх невірноваженість і широка іррадіація. Наприклад, у 15-денної дитини захисний мигальний рефлекс на світло виникає тільки після 200 поєднань; у 1,5-місячної – після 40 поєднань. Поведінка дітей на першому році життя визначається переважно довкіллям. Уже у 2-річних

дітей можуть виокремлюватись із загального середовища абстрактні образи предметів. Поступово формується адекватна поведінка, яка узгоджується з предметами. Діти починають самостійно їсти ложкою, сідати на стілець, лягати в ліжко тощо. На першому році життя найсильнішими є безумовні рефлекси, зокрема харчові. На 2–3 роках життя найбільш ефективними стають орієнтовні, захисні, ігрові рефлекси. Тому формується велика кількість різноманітних рефлексів стосовно предметів та їхніх властивостей.

Упродовж постнатального розвитку відбувається вироблення умовних натуральних і штучних умовних рефлексів (умінь і навиків). Їхній фонд зростає (особливо швидкими темпами – у перші два роки), при цьому важливе значення має так зване позитивне або негативне перенесення навиків. У першому випадку йдеться про те, що умовні рефлекси, які наявні у фонді дитини, сприяють виробленню нових, а в другому – навпаки, вони перешкоджають цьому (явище інтерференції). На прикладі вироблення рухових умовних рефлексів (навиків та вмій) у дітей різного віку добре видно, що зміцнення рефлексу вимагає його досить частого відтворення й підкріплення.

Становлення в дітей будь-якого рухового (оперантного) рефлексу відбувається в три стадії. На першій відповіді носять слабкий і нестійкий характер, а сам рух супроводжується вираженим вегетативним компонентом. На другій стадії відповіді стають сильними й стабільними; проте при цьому ще зберігається вегетативний компонент. На третій стадії у відповідь сильна й стабільна реакції протікають без вегетативного компонента. Із віком вироблення рухового рефлексу відбувається економно, без перших двох стадій. Ці закономірності стосуються й класичного (сенсорного, або вегетативного) рефлексу.

Велике значення для дітей 2-річного віку мають стереотипи зовнішніх подразнень і дій, таких як етапи вмивання, годування, ігор, одягання тощо. У дітей ще не розвинута рухомість нервових центрів, а тому їм важко переключитися з одного виду діяльності на інший. Важким завданням для дитини трьох років є зміна порядку сигналів у стереотипі. У

процесі вироблення динамічного стереотипу також простежується стадійність процесу. На першій стадії виражене явище іррадіації збудження й генералізування рухів – відповідь неточна, неекономна та включає низку непотрібних рухових компонентів.

На другій стадії має місце концентрація збудження, що виявляється в точності рухової відповіді, його економності; проте при цьому ще відсутній елемент автоматизації, тобто потрібна постійна увага для правильного виконання руху. На третій стадії виникає точний, економний, координований із вегетативним забезпеченням стереотипний рух, що має всі ознаки автоматизму. Із віком швидкість проходження перших двох стадій істотно зростає. Багато в чому цьому сприяє розвиток рухового аналізатора, механізмів координації, а також висока усвідомленість необхідності вироблення цього вміння або навичку.

Зовнішнє, або безумовне, гальмування в корі проявляється в дитини з перших днів життя. У відповідь на сильний зовнішній подразник, наприклад яскраве світло, сильний звук, немовля перестає смоктати груди. Усі види подразників, включаючи інтероцептивні та екстероцептивні, легко гальмують умовно-рефлекторну діяльність у грудних дітей, що пов'язано з нестійкістю умовного рефлексу в цей період. У подальші роки поступово знижується ступінь впливу зовнішнього гальмування на умовно-рефлекторну діяльність дитини. Це зумовлено тим, що з віком дитина дуже швидко гальмує орієнтувальний рефлекс (рефлекс «що таке?»), що є основою зовнішнього гальмування. Проте для молодших школярів усе ще існують відволікання, мала стійкість уваги, тому для збереження розумової та фізичної працездатності їм потрібна постійна зміна видів діяльності. У 6–7 років значення зовнішнього гальмування для ВНД помітно знижується, зате зростає роль внутрішнього.

Внутрішнє гальмування з'являється в дитини приблизно з двадцятого дня – це примітивна форма диференційованого гальмування. Виражене диференційоване гальмування як

основа всіх форм внутрішнього гальмування проявляється з 3–4 місяців. Саме в цей період дитина починає пізнавати маму, відрізнити її від інших членів сім'ї. Упродовж життя диференційоване гальмування «шліфується» та досягає значної досконалості. Диференціювання (тобто розрізнення подібних за значенням сигналів) має важливе значення, оскільки дає змогу адекватно пристосуватися до зовнішнього середовища. Початкові ознаки *загасального гальмування* (тобто фізіологічного механізму, що лежить в основі забування) спостерігається у 2–2,5 місяця, умовне гальмо – у 2,5–3-місячному віці, а *запізнювальне гальмування* як фізіологічна основа сили волі й витримки, – у п'ять місяців. Процеси гальмування формуються в дітей дошкільного та шкільного віку значно повільніше, ніж у дорослих, тому їх важче відучити від шкідливих звичок. Аналогічно дошкільнята й діти молодшого шкільного віку ледве виробляють запізнювальне гальмування: вони не можуть стримувати своїх емоцій, чекати, коли їм нададуть можливість відповісти на поставлене запитання. У цілому вироблення внутрішнього гальмування як фізіологічна основа виховання є складним процесом. На першому році життя доцільно виховувати гальмування, використовуючи міміку й жести, що характеризують негативне ставлення дорослого, а також відволікати зовнішніми подразниками, тобто застосовувати зовнішнє гальмування. Загалом успішність розвитку всіх форм внутрішнього гальмування є фізіологічною передумовою для швидкого вироблення численних умовних рефлексів.

Динамічний стереотип як фізіологічна основа режиму дня. Для правильного розвитку дитини в перші 7–10 років дуже важливим є строгий режим дня, тобто певна послідовність чергування сну, неспання, годування, прогулянок. *Динамічний стереотип – це своєрідна реакція адаптації організму до швидко змінного зовнішнього середовища, яке компенсує на ранніх етапах онтогенезу недостатність сили й рухливості нервових процесів.* На основі динамічного стереотипу в дитини формуються вміння, навички та звички, тобто потреба в

реалізації певних рефлексів. Сформовані в цей період комплекси умовних рефлексів дуже міцні, а їх переробка здійснюється надміру й негативно відображається на стані дитини. Тому важливо з перших років життя використовувати правильні прийоми виховання дитини. Порушення стереотипу завжди бурхливо переживаються дитиною як результат деривату виконання дій, що приносять дитині задоволення (дитина вередує, плаче, проявляє всі ознаки негативних емоцій). Чим більше вироблено динамічних стереотипів, тим легше виробляються нові й тим легше вони піддаються переробці або гальмуванню без негативного впливу на дитину. Поступово, як і при виробленні будь-яких умовних рефлексів, потрібне введення елемента варіативності. Це – шлях до розширення можливостей динамічного стереотипу як механізму адаптації до зовнішнього середовища.

Формування другої сигнальної системи діяльності й розвиток спільної діяльності сигнальних систем в онтогенезі. Найскладніша діяльність кори великих півкуль головного мозку людини здійснюється за допомогою аналізу й утворення тимчасових зв'язків (синтезу). У ній відбуваються процеси іррадіації та концентрації збудження й гальмування, формування складних динамічних стереотипів. Ці закономірності в людини формуються складніше, ніж у тварин. Якщо у тварин умовні рефлекси виробляються на безпосередні сигнали дійсності – зорові, слухові, нюхові, смакові тощо, то в людини умовні рефлекси утворюються ще й на словесні подразники, тобто на слова.

Сукупність безпосередніх сигналів (звуків, кольорів, запахів й ін) називають *першою сигнальною системою* (I СС) дійсності, яка властива всім тваринам і людині. Словесні подразники утворюють *другу сигнальну систему* (II СС), властиву людині. Слово, мовні сигнали можуть не лише змінювати безпосередні сигнали, а й узагальнювати їх, виділяючи окремі ознаки предметів і явищ, установлювати їхні зв'язки. У взаємодії I та II сигнальних систем провідна роль належить другій: вона регулює діяльність першої сигнальної

системи й безумовні рефлекси. Людина може свідомо загальмувати умовні та безумовні рефлекси. Завдяки другій сигнальній системі можливе узагальнення, абстрактне мислення, що є спеціальним людським, вищим мисленням.

Значення словесної, II СС у житті людей надзвичайно велике: мова слугує засобом спілкування, словами передають один одному досвід і знання, виражають свої думки й почуття, бажання тощо.

Важким завданням для дитини трьох років є зміна порядку сигналів у стереотипі. У цей період значно збільшується запас слів, розвиваються умовні рефлекси, пов'язані з мовою. У два роки дитина знає 200–400 слів, у три – 2000 слів і більше. У дітей спочатку виникає сенсорна мова (розділення слів), а потім – артикуляція (відтворення почутих слів). Активне вивчення зовнішнього світу, пізнання предметів у дітей 2–3 років пов'язане з рухами. Спочатку їхні рухи хаотичні, однотипні, потім стають цілеспрямованими й організованими. На другому році життя відбувається поєднання слів у короткі речення. Після двох років слово починає виконувати функцію узагальнення в процесі мислення.

Розрізняють такі ступені узагальненої функції слова:

1-й ступінь інтеграції – слово замінює образ предмета, воно є його еквівалентом («лялька» – це тільки одна конкретна лялька);

2-й ступінь інтеграції – слово замінює декілька однотипних предметів («лялька» стосується всіх ляльок, які має дитина);

3-й ступінь інтеграції – слово замінює образи різноманітних предметів («іграшка» – це ляльки, м'ячики, кубики тощо). Така функція слова з'являється наприкінці третього року життя;

4-й ступінь інтеграції – слово може визначати низку узагальнень («рослина» містить у собі узагальнення багатьох значень – «дерево», «кущ», «квітка» тощо). Цей ступінь інтеграції досягається в п'ять років.

У дітей трьох років мислення залишається предметним. Після двох років діти роблять спробу малювати. Малюнок є важливим показником розвитку вищої нервової діяльності.

Дитина поступово переходить від хаотичних ліній до відтворення чітких контурів фігур. Спочатку малюк чітко обводить намальовану фігуру, а потім правильно малює фігуру самостійно.

Отже, у процесі онтогенезу відбувається поступова зміна співвідношень між I та II сигнальними системами. На перших етапах постнатального розвитку переважає I СС, у процесі розвитку дитини в результаті її спілкування з дорослими й навчання сигнального значення набуває слово (до кінця першого – початку другого). Коли дитина починає володіти вільною мовою (5–7 років), II СС стає провідною, проте значний вплив I СС зберігається. У шкільний період роль II СС зростає, проте в пубертатний період унаслідок значних фізіологічних перебудов в організмі вплив I СС знову посилюється. Із настанням старшого шкільного віку II СС знову набуває провідного значення, що зберігається впродовж життя, постійно розвивається й удосконалюється.

Фізіологічні основи мови. Становлення мови – це варіант вироблення особливого класу умовних рефлексів, які називаються інтелектуальними рефlekсами. Механізм становлення мови, по суті, відображає процес вироблення умовного рефлексу. Швидкість цього процесу дивно висока – дитина за 1–2 роки опановує основами рідної мови. Лімітуючим чинником цього процесу, з одного боку, є швидкість дозрівання центрів мови, з іншого – інтенсивність спілкування дорослих із дитиною, оскільки в основі розвитку мови лежать звуко-наслідування, здатність вироблення умовного рефлексу на слово, а також здібність до диференційованого гальмування. Важливу роль у становленні мови відіграє фонд оперантних умовних рефлексів: чим він вищий, тим успішніше відбувається становлення мови. Тому заняття фізичним спортом, малюванням, співом, а також навчання гри на музичних

інструментах – усе це сприяє розвитку мови, зокрема внутрішньої як основи мислення.

Розвиток мови починається з формування звуків мови. Уже з першого місяця життя дитина вимовляє в спокійному стані голосні звуки «а» і «у», із 3-місячного віку наявне «гуління» – у звуко-мовному репертуарі дитини з'являється багато приголосних звуків («г», «д», «х») у різних поєднаннях із голосним, із 5–7 місяців з'являється лепетання – різні поєднання приголосних із голосними звуками, утворення складів; одночасно проявляються різні інтонації.

Давно помічено, що якщо дитина не зперебуває у відповідному мовному середовищі, її потенційні можливості говорити та розуміти мову залишаються невикористаними. Мозок дитини мову не продукує й не вибирає, яка йому до вподоби: якою мовою говоритиме дитина (українською, російською, китайською чи англійською), цілком залежить від того мовного специфічного середовища, у якому вона росте. Потенційна можливість людського мозку навчитися говорити повинна бути максимально використана в певний період розвитку – зазвичай до 5–6 років. Спостереження за дітьми раннього віку, позбавленими мовного спілкування, показали, що навчити дитину «чути» або «бачити» мову з віком важче. Людині представлено певні терміни на формування мовної функції, про що зі всією переконливістю свідчать невдалі спроби навчити людської мови дітей, котрі виховувалися дикими тваринами (вовками, ведмедями тощо). У світі відомо близько 40 таких випадків, але результати навчання були невтішні.

Для новонародженої дитини потік аферентної інформації вже в перші дні після народження надзвичайно важливий для загального розвитку. Сенсорна інформація впливає на формування зв'язків між нейронами різних структур мозку, які забезпечують перші сенсомоторні реакції дитини. Добре відомо, що в новонародженого у віці 7–10 днів можуть бути вироблені перші рефлексивні на положення тіла: наприклад у положенні, яке вона займає при годуванні грудьми, з'являють-

ся смоктальні рухи; зі свого боку, сенсорне забезпечення цих рухів важливе для подальшого розвитку процесів артикуляції. До кінця першого місяця життя можна виробити умовні рефлексії на прості акустичні подразники.

Починаючи із шести місяців, дитина звертає увагу на звуки мови та віддає їм перевагу над іншими звуковими стимулами; при спілкуванні з оточуючими окремі слова починають набувати сигнального значення. Пізніше вдосконалюється й сприйняття мови. У кінці першого року життя діти реагують на тиху мову з відстані 1,5–3 м, а 1,5-річна дитина виконує словесну інструкцію з відстані 4–7 м, причому добре локалізує джерело мови. Із віком у дітей розвивається здатність до сприйняття мови як засобу комунікації. Проте в дитини 2–3 років чутливість до мовної стимуляції на 14–16 дБ нижча, ніж у дорослих. Процес сприйняття мови тісно пов'язаний зі становленням функції лобових часток головного мозку й механізмів уваги.

Щоб слово стало сигналом «сигналів», потрібно кілька разів повторити поєднання словесного позначення, наприклад людей, предметів із конкретними їх образами. Так, якщо багато разів називати та показувати один і той самий предмет, то вже при одній назві предмета в дитини з'являється реакція «впізнання» його словесного позначення.

Коли дитина впізнає слово, яке набуває для неї значення сигналу, вона, наслідуючи дорослого, намагається вимовити це слово самостійно.

Акустична імітація – процес тривалий і складний. Спочатку діти імітують слова неправильно, що пов'язано зі включенням усіх наявних елементів репертуару артикуляції дитини, тому звуковий і словниковий запас мови маленької дитини збіднений.

Звичайно діти аналізують слова в їхній комбінації з рухами (жестами), але через гетерохронний розвиток моторних і сенсорних систем вони не можуть керувати власними жестами, щоб досягти правильного моторного оформлення мови. Дитина не може негайно відтворити послідовність жестів. Навчившись говорити, малюк багато разів повторює

почуте слово (*ехолалія*). Мовний розвиток супроводжується розвитком тонкої координації м'язів гортані та ротової порожнини, уключенням нейронних нейрональних структур, що контролюють їхній активний рух; це – складноорганізований процес, що ієрархічно залежить від розвитку різних рівнів нервової системи. Коли дитина починає користуватися наявним запасом слів для спілкування з оточуючими та дією на них, подальший розвиток і вдосконалення мови відбуваються в процесі навчання й виховання. Поступово, разом із розвитком сенсорних, моторних і центральних компонентів мови збільшується швидкість утворення поведінкових реакцій дитини та відбувається їх ускладнення.

Розвиток мови має два аспекти – універсальний і мовно-специфічний. Універсальний аспект характерний для всіх людей і пов'язаний зі становленням і перетворенням сенсорного й моторного розвитку в мовну сенсомоторну поведінку. Розвиток специфічної мови відбувається в певному мовному середовищі.

Розвиток моторних програм мови в різні періоди онтогенезу має різне сенсорне забезпечення та відбувається поетапно. Перший етап – формування «лепетного репертуару» дитини, фонація й артикуляція стають можливими лише завдяки розвитку механосенсорного апарату язика та ротової порожнини. У звуковому репертуарі немовляти до 3-місячного віку з'являються тільки голосні звуки, починаючи з п'яти місяців життя – задньоязикові приголосні: «г», «д», «х», а до семи місяців з'являється середньоязиковий приголосний «й», до дев'яти місяців – передньоязикові «л», «д» та ін. Послідовність становлення звукового репертуару немовлят першого року життя визначається гетерохронним структурним формуванням механорецепторних утворень язика: спочатку дозрівають тактильні рецептори кореня, а потім – тіла й кінчика язика. Саме це визначає можливість процесу артикуляції та послідовність появи язичних приголосних, про що свідчить однаковий віковий репертуар мовних звуків немовлят усіх національностей. Цікавий той факт, що точно така сама

послідовність появи звуків характерна й для лепету глухої дитини.

Наступний етап розвитку мови дитини пов'язаний із розвитком словесних язикоспецифічних звукосполучень (патернів) і повністю залежить від її мовного середовища. Формування язикоспецифічного репертуару дитини в цей період відбувається під впливом переважно слухової інформації. Уже в сім місяців у лепетанні дитини можуть почути типові для натуральної мови звукосполучення. У глухих дітей звуки мови, типові для їхнього мовного оточення, не формуються. Лепетний репертуар, сформований без участі слуху, під впливом виключно вібротактильних рецепторних утворень язика, до кінця року зникає. Оволодіння інтонацією мови відбувається до кінця першого року життя дитини.

Розвиток емоцій у постнатальному онтогенезі. Емоції – це суб'єктивні реакції людини й тварин на дію внутрішніх і зовнішніх подразнень, що проявляються у вигляді задоволення або незадоволення, страху, гніву, журби, радості, надії, смутку тощо.

Під емоційним станом розуміють суб'єктивне переживання, яке відображає ставлення індивідуума до довкілля й самого себе. Тривалий характер – характерна риса емоційного стану, який характеризується зміною вегетативних реакцій (ЧСС, стан потових залоз, артеріальний тиск, показники дихання, тремтіння м'язів, зміна міміки тощо) та поведінки, що мають пристосувальний характер.

У системній організації емоцій особлива роль належить гіпокампу, гіпоталамусу, мигдалині й фронтальним відділам кори, із їх нейронами пов'язана організація різних функціональних станів людини. У реалізації різних емоційних станів задіяно багато нейромедіаторних систем мозку.

Емоційні реакції новонароджених недиференційовані та виникають у відповідь на несприятливі ситуації у вигляді крику й плачу. Лише на другому місяці життя дитини емоційні прояви, зумовлені біологічними потребами в їжі, теплі, сні, можна виявити за її мімікою, голосом, руховою активністю.

Ранній прояв негативних емоцій може бути наслідком незрілості регуляції моторики м'язів, оскільки в ранньому віці центральні механізми, що забезпечують прояв позитивних емоцій, розвинені недостатньо.

Для дітей першого року життя виразом позитивних емоцій на комунікативні взаємодії є так званий «комплекс пожвавлення», що виникає при появі дорослого в полі зору дитини та включає орієнтувальні, мімічні (зосередження, усмішка), рухові (рухи голови, підкидання рук і ніг, пересування, вигнання спина) та голосові (гуління, вигуки) прояви. У період від трьох до семи тижнів життя прояви емоцій у вигляді усмішки й рухової активності легше викликаються під час розмови з дитиною (або при появі знайомого обличчя дорослого).

Із віком розвивається вибіркоче реагування на зовнішні стимули, емоційні реакції у відповідь на які стають різноманітнішими. Дослідження зорових викликаних потенціалів на емоційно забарвлені стимули (зображення осіб) у дітей 6–7 і 15–17 років показало, що вікові зміни торкаються переважно емоційного методу обробки зорової стимуляції: в оцінці стимулів починає переважати аналіз смислового значення зображень, що приводить до якої-небудь дії. Цей новий етап сприйняття пов'язаний із розвитком передньоасоціативних ділянок мозку.

Отже, через емоції опосередковується сприйняття дитиною зовнішнього світу, але при цьому її розвиток перебуває в рамках домінуючої мотивації.

На емоційний стан дитини надто сильний вплив здійснює її адаптація до нового мікросоціального середовища (наприклад до дитячого саду), що виражається в зміні вегетативних, імунореактивних і нейроендокринних показників. При цьому в дітей раннього віку, які до відвідування дитячих закладів відрізнялися низьким рівнем позитивних емоцій, обмеженням соціальних контактів, слабкою орієнтувальною реакцією й низькою мовною активністю, простежувався несприятливий перебіг адаптації.

Емоції можна розглядати як найважливіший внутрішній чинник, що сприяє виробленню умовного рефлексу. Позитивні

емоції підкріплюють умовний рефлекс, а негативні слугують інструментом вироблення внутрішнього гальмування. Механізми емоцій виконують виключно важливу роль у розвитку дитини – саме тому в іграх, у процесі навчання емоційний компонент займає важливе місце. Новонароджений проявляє переважно негативні емоції (крик, плач). Уже в перші дні життя виявляються зовнішні ознаки позитивних емоцій, наприклад, рухова активність при появі людини. У шість тижнів формується усмішка, у 9–12 з'являються елементи сміху. У грудних дітей, дошкільнят і молодших школярів зовнішні прояви емоцій (вегетативний, мімічний, вокальний компоненти) – дуже яскраві, безпосередні, ними важко керувати за рахунок структур II сигнальної системи. У 9–11 років з'являється можливість контролювати прояв емоцій із боку кори великих півкуль, проте в період статевого дозрівання цей контроль тимчасово втрачається. «Невгамовування» емоційної реакції підлітка є однією з найхарактерніших ознак зміни особистості в цей період. Надалі друга сигнальна система знову бере під контроль емоційні реакції, що обумовлено встановленням нових міцних зв'язків із лімбічною системою мозку. У процесі розвитку відбувається тонке диференціювання емоцій, завдяки чому поступово формуються їхні основні види (інтерес, радість; здивування, горе, гнів, огида, зневага, страх, сором, вина), що дають можливість утворювати комплекси емоцій, тобто всю гамму відчуттів і настрою людини. Провідна роль у цьому диференціюванні належить II сигнальній системі, що «мовою» нейронів означає, що в корі великих півкуль, зокрема в структурах II сигнальної системи, формується скупчення нейронів, збудження яких породжує відповідне відчуття або настрій, тобто своєрідний емоційний аналізатор, а також виникають умовні рефлекси, що забезпечують вегетативний, мімічний і руховий компоненти емоцій.

Розвиток мислення. Уявне моделювання людиною різних подій складає суть її мислення. Людина оцінює свої дії, що ведуть до поставленої мети, умови, які дають успішний

результат. Структури, які виконують основні розумові операції (аналіз, синтез, порівняння, абстрагування, узагальнення, конкретизацію, класифікацію й систематизацію), завдяки яким формується поняття, думка або висновок, – це структури II сигнальної системи, розміщені в передніх і задніх асоціативних полях правої й лівої півкуль. Самобутність, глибина, широта, гнучкість, критичність, швидкість та інші індивідуальні якості мислення визначаються, з одного боку, об'ємом наявних ознак, які накопичуються та зберігаються в процесі онтогенезу в задніх асоціативних зонах кори, а з іншого – здатністю нейронів передніх асоціативних ділянок вилучати інформацію про ці ознаки для здійснення над ними необхідних операцій.

Розвиток свідомості. Свідомість розглядається багатьма як психічний процес вербалізації відчуттів, сприйняття, а також як здатність говорити й розуміти мову. Про наявність у людини свідомості судять за її здатністю до виділення себе з довкілля, у тому числі й із середовища соціального, за її здатністю активно впливати на середовище та передавати свої знання про зовнішній світ будь-якій іншій людині, яка володіє свідомістю. Із цього погляду, свідомість тотожна мисленню, а структури кори, відповідальні за свідомість, є ділянками II сигнальної системи. Тому в онтогенезі розвиток свідомості (і мислення) відбувається паралельно з формуванням мови. Перші ознаки свідомості, що виявляється, – це здатність дитини пізнавати себе в дзеркалі, тобто здатність виділяти себе з навколишнього середовища. Тварини, за винятком окремих видів вищих мавп, такою властивістю не володіють. Подальший етап формування свідомості полягає в набутті дитиною можливості вживати займенник «Я». Рівень залучення індивідуума до людського знання й визначає рівень його свідомості.

Одночасно в корі великих півкуль наявні структури (I і II сигнальні системи дійсності), у яких відбувається «неусвідомлювана» (тобто невербалізована) обробка інформації. Ця сфера психіки людини одержала назву «несвідомого» й «надсвідомого». Завдяки несвідомому здійснюється аналіз

величезного потоку, входить у мозок аферентації автоматичне виконання багатьох умовних рефлексів – сенсорних (вегетативних), оперантних, інтелектуальних, а також оцінка потреб організму та можливості їх реалізації; за допомогою «надсвідомого» розв'язуються евристичні задачі. З. Фрейд вважав, що зміст несвідомого (статеві інстинкти, інстинкти самозбереження) формується в дитини в ранньому дитинстві, а в подальші роки цей зміст перебуває в постійному конфлікті зі свідомим («Воно» проти «Я»).

Розвиток механізмів уваги. Увага – це психічний процес, завдяки якому підвищується рівень активності кори великих півкуль. Фізіологічним механізмом мимовільної й довільної уваги слід вважати активацію передніх асоціативних зон кори великих півкуль (за типом домінантного вогнища збудження), яка виникає за участю висхідної частини ретикулярної формації та лімбічної системи, а також структур II сигнальної системи, зокрема центрів мови. Зі свого боку, ці утворення збуджуються під впливом умовного рефлексу, сформованого на базі безумовного орієнтовного рефлексу (рефлексу «що таке?»). Передбачається, що в корі великих півкуль постійно відбувається звірення вхідного сигналу з інформацією про нього, яка зберігається в мозку. Чим більше розузгодження, тим яскравіше виявляється рефлекс «що таке?» і, отже, тим вищі ступінь активації кори й прояв уваги. У новонародженого вже є деякі ознаки мимовільної уваги – у відповідь на зовнішній подразник у корі великих півкуль спостерігається генералізована реакція збудження, яка завершується загальною руховою реакцією; при цьому дослідницький компонент у цій реакції відсутній. У 2–4 місяці дитина може розвивати тільки мимовільну увагу, але її відповідь містить дослідницький компонент, тобто включає умовний орієнтувальний або дослідницький рефлекс. В основі – дифузна активація кори великих півкуль під впливом сітчастої формації у відповідь на дію різних за природою подразників. До 3-річного віку увага продовжує бути лише мимовільною. Умовний орієнтувальний рефлекс при цьому виникає на сигнали, що викликають позитивні

емоції. У цей період з'являється можливість формувати орієнтувальний рефлекс на слово, мовну інструкцію, тобто з'являються зачатки довільної уваги. Проте така форма довільної уваги легко гальмується. У 3–5 років переважаючою формою уваги стає довільна, тобто під впливом зовнішньої або внутрішньої мови (мислення); у 6–7 років з'являється виражена форма довільної уваги (за рахунок локальної активації кори великих півкуль із боку лобових часток). У 9–10 років має місце добре виражена довільна увага, яка, проте, в період статевого дозрівання послаблюється. У цілому в основі становлення уваги лежить процес внутрішнього гальмування, за рахунок якого оцінюються подразники, що викликають орієнтувальний рефлекс, а також диференціювання відповіді на нього за силою, тривалістю й стійкістю. Могутнім підкріпленням для умовного рефлексу, що лежить в основі уваги, слугують позитивні емоції. Отже, формування довільної уваги в онтогенезі відображає процес становлення внутрішнього (диференційованого) гальмування, потребно-мотиваційних механізмів, а також механізмів, що забезпечують емоції.

Розвиток механізмів пам'яті в онтогенезі. У новонародженого є чудовий механізм – *імпринтинг*, завдяки якому відбувається миттєве запам'ятовування величезної кількості інформації. Це – природжений безумовний рефлекс, на основі якого виробляються велике число умовних рефлексів, що дають можливість запам'ятовувати різну за формою й змістом інформацію, зберігати та відтворювати її в потрібний момент часу. Імпринтинг зберігає своє значення до кінця життя – фотографічна пам'ять – це найбільше досягнення природи. Основна проблема полягає у відтворенні потрібної інформації в потрібний момент часу. Онтогенетичний розвиток доводить, що цей процес відбувається за тими принципами, що й вироблення оперантного рефлексу. Величезну роль при цьому відіграє процес внутрішнього гальмування, що забезпечує пошук необхідної інформації в центрах пам'яті (гіпокамп, задня асоціативна зона). Спілкування із зовнішнім світом, процес направленої навчання, постійне звернення до мнеморефлексів,

їх підкріплення позитивними емоціями – усе це дає змогу мозку достатньо швидко вміщати в себе величезну кількість інформації та ефективно використати її вже в перші роки життя.

Вікові особливості циклу «сон–неспання». У плода виявлені коливання циклу «сон–неспання». Зі збільшенням терміну вагітності тривалість повільного сну зростає, а парадоксального (швидкого) сну – знижується. Новонароджений спить 20–21 годину на добу, а його сон – багатократний. Діти у віці 1–3 місяців сплять 16–19 год, в один рік – 14 год (три рази на добу), у 3–5 років – 13–12 год (два рази на добу), у сім і 10 років – 10–11 год, у 14–17 років – 8–9 год. При цьому частка швидкого сну в загальній годинній його структурі поступово знижується: у новонародженого вона складає 50 %, у 3–5-річних – 30 %, у п'ять років – 22–28 %, у дорослих – 20 %.

Швидкий сон – це механізм «пробудження», за допомогою якого активуються інші потреби організму та відбувається перехід від сну до неспання. Депривацію сну переносять погано всі: і дорослі і діти, – оскільки, на всіх етапах онтогенезу сон є одним із наймогутніших механізмів реституцій, відібраних еволюцією (сон – це реалізація потреби в щодобовому відпочинку). На всіх етапах онтогенезу під час сну відбувається переробка інформації, яка поступає за день у мозок. Уві сні в дітей частіше, ніж у дорослих, спостерігаються парасомнії, зокрема рухові (сомнабулізм, говоріння уві сні), психічні (нічні кошмари, «страхотливі сновидіння») і вегетативні (нічний енурез). У дітей, особливо при порушенні режиму дня або надмірних навантаженнях, легко виникають невротичні стани, що відбиваються, передусім, на характері сну.

Формування поведінки в онтогенезі. Будь-яку поведінку людини слід розглядати як діяльність, направлену на задоволення потреб. Існують природжені форми поведінки, або інстинкти, і набуті, тобто реалізовані за рахунок умовних рефлексів. В онтогенезі людини обидві форми поведінки змінюються. Наприклад, поведінка, направлена на задоволення статевого ваблення, тобто статеві інстинкти в період від народ-

ження до статевої зрілості зазнають істотних змін. Набуті форми діяльності – це наочна, ігрова, навчальна й трудова. Кожна з них виникає у зв'язку з появою нових потреб, оскільки колишньої форми поведінки вже недостатньо для їх задоволення. В основі становлення різноманітних форм поведінки лежить індивідуальне навчання, яке в процесі онтогенезу здійснюється за типом неасоціативного (реакція звикання, імпринтинг), асоціативного («класичні» умовні рефлекси, оперантні або інструментальні умовні рефлекси, інтелектуальні рефлекси) і когнітивного (психонервове навчання, навчання з участю елементарної розсудливої діяльності або прогнозування ймовірності). В онтогенезі становлення різних форм діяльності повторює філогенез.

Поведінковий акт здійснюється не тільки за принципом рефлексу, тобто від стимулу до дії, але й за принципом саморегуляції – відхилення того або іншого фізіологічного показника організму від рівня, що забезпечує його нормальну життєдіяльність, негайно активізує поведінкову реакцію, направлену на відновлення гомеостазу.

В організації поведінки беруть участь сенсорні, центральні та моторні системи, а також низка нервово-гуморальних механізмів.

Сенсорні системи забезпечують розпізнавання стимулів (сигналів для мозку, на основі яких будується форма поведінки) зовнішнього й внутрішнього середовищ. Моторні системи реалізують рухову поведінкову програму відповідно до сенсорної інформації, тобто беруть участь в організації адекватної поведінкової реакції для пристосування організму до довкілля. Формування поведінкової реакції вимагає координації роботи сенсорних і моторних центрів мозку. Проте їх розвиток у процесі онтогенезу спочатку проходить гетерохронно й незалежно один від одного. На ранніх етапах постнатального розвитку моторні компоненти активної поведінки часто незалежні від сенсорних, тільки пізніше вони об'єднуються в комплексну сенсомоторну поведінкову реакцію. Центральні системи – це інтегруюча ланка,

що зв'язує сенсорні та рухові системи для забезпечення адаптивної поведінки цілого організму відповідно до змінних умов навколишнього середовища й на основі домінуючої мотивації.

Комунікативна поведінка спрямована на взаємодію між людьми; ґрунтується на залученні сенсорних систем для встановлення таких контактів. Інформація поступає відразу декількома сенсорними каналами й формує в людини складний образ комуніканта – особи, яка вступила в спілкування.

При комунікативних взаємодіях дальньої дії особливе значення мають зорові контакти (погляди), що звичайно передують мовному спілкуванню. Так, одяг, поза, міміка комуніканта дають уявлення про вік, індивідуальні особливості, стан, емоційний настрій людини. Зорові контакти комунікантів можна розділити на дистанційні та діючі на коротких відстанях. Дистанційна оцінка (забезпечує переважно розпізнавання силуету й характер рухів взаємодіючих людей) звичайно менш інформативна, ніж під час контактів на коротких відстанях (міміка, деталі рухових реакцій тощо).

Вважається, що дитина реагує на звуки мови з народження. Разом із зором і слухом важливу роль у комунікативних взаємодіях відіграє тактильна чутливість з участю шкірних рецепторів, що забезпечує сприйняття зовнішніх сигналів – від легкого дотику до тиску. У комунікативній поведінці дорослих людей дотик використовується нечасто (за винятком статевої поведінки). Особливе значення мають тактильні комунікації в новонароджених і дітей молодшого віку. Найперші тактильні взаємодії матері й дитини виникають із початком грудного годування. Тактильні контакти матері з новонародженим залежать від індивідуальних характеристик матері та дитини: тривалість дотиків корелює з вагою новонародженого й кількістю днів між очікуваним і реальним термінами народження, причому до дівчаток дотиків буває більше, ніж до хлопчиків (максимальну частоту дотиків матері до дитини спостерігають у той час, коли дитина спить).

На ранніх етапах онтогенезу комунікації здійснюються завдяки контактним рецепторам (тактильним, смаковим, нюховим); у міру розвитку до них приєднуються дистантні рецептори (зорові, слухові). Це забезпечує адекватніше реагування на комунікативні сигнали. Поступове та неодноразове включення сенсорного апарату комунікативної поведінки відображає принцип гетерохронії ембріонального розвитку: передусім розвиваються ті функціональні системи, які будуть потрібні для здійснення життєво важливих функцій новонародженого, що пристосовують його до нових умов життя.

Гетерохронний розвиток сенсорних систем визначає неоднакову частку участі різних видів чутливості в забезпеченні комунікативної поведінки та її складових частин на кожному етапі онтогенезу. Із віком підвищується роль зору й слуху в забезпеченні комунікативних актів. Тактильна чутливість, найбільш виражена для комунікації на ранніх етапах постнатального онтогенезу, продовжує брати участь у становленні комунікативної поведінки та на подальших етапах. На цьому засноване використання тактильної чутливості для діагностики сенсорного розвитку дитини.

На розвиток комунікативної поведінки істотно впливають сенсорне забезпечення та його дефіцит. Водночас ранні комунікації забезпечують сенсорний розвиток дитини й формування відповідного досвіду взаємодій. Дефіцит сенсорної стимуляції в ранньому постнатальному онтогенезі призводить до затримки сенсорного розвитку та, як наслідок, – порушення становлення комунікативної поведінки.

Сенсорна депривація спричиняє порушення поведінки. Пристосування до незвичайних умов комунікацій досягається дитиною по-різному. Так, діти із сенсорними недоліками більше використовують вербальне (мовне) спілкування, а сенсорно-депривовані – невербальне. Виняток становлять глухі діти, яким зір забезпечує дактильну мову (за допомогою пальців). Проте, незважаючи на це, в обох випадках у таких дітей спостерігають зниження комунікативної активності.

Перші комунікативні взаємодії виникають ще до народження дитини в системі «мати–плід». Зв'язок між матір'ю й плодом здійснюється за рахунок тканинних контактів. Відомо, що при дії зовнішніх звуків певної частоти в плода виникають рухові реакції, змінюється частота серцевих скорочень тощо.

Після народження продовжуються дитячо-материнські відносини в екосистемі «мати–дитя». Уже з третього дня після народження малюк здатний відрізнити запах молока, грудей, шиї своєї матері від запаху інших людей. За умови контакту з новонародженим через 30–40 хв після народження мати також здатна розрізнити запах своєї дитини. Пізнавання запаху дитини приблизно з третього дня пов'язане з посиленням секреції її сальних залоз. Перші два місяці після народження взаємодія матері й дитини носить характер безперервного діалогу, заснованого на тактильних, зорових, мімічних і голосових реакціях. У перші місяці життя воно регулюється і через біологічно активні речовини молока.

Парні соціальні стосунки з матір'ю поступово переносяться на групові відносини. Простою групою є сім'я. Після третього місяця життя парна поведінка дитини істотно змінюється: поступово включаються парні взаємодії з іншими дорослими членами сім'ї. Пізніше виникають взаємодії дітей з дітьми. Спілкування малюка з однолітками зазнає істотних змін в період від шести місяців до трьох років, причому напрям їх змін значною мірою визначається системою відносин дитини в сім'ї.

Хоча комунікації між дітьми виникають досить рано, ще в довербальний (домовний) період, вони довго носять парний характер: дитина – доросла, дитина – старша дитина. Починаючи з 2–2,5 років, діти можуть створювати групи з 3–4 осіб із різною тривалістю та частотою взаємодії в ній. Хлопчики звичайно вступають у спілкування частіше від дівчаток. У присутності матерів соціальна поведінка дітей змінюється: незалежно від характеру групи, діти надають перевагу взаємодії з дорослими.

Отже, становлення соціальної поведінки пов'язане з послідовним переходом від парної поведінки до групової, характерним для певного періоду розвитку дитини. Прискорений перехід від однієї стадії до іншої, ігнорування особливостей соціального розвитку дітей на кожному віковому етапі призводить до порушення групової комунікативної поведінки.

Порушення комунікативної поведінки в дітей можуть бути викликані порушеннями артикуляції, голосу, плавності мови (заїкання), афазією (трудність уживання слів). Найчастіше причиною цього стає пошкодження мозку й затримка розвитку нервової системи. Водночас затримка мовного розвитку може бути обумовлена й іншими чинниками, наприклад особливостями навколишнього мовного середовища, частковою втратою слуху або повною глухотою.

Комунікативні порушення в дітей можуть виникати в результаті нездатності до навчання, пов'язаної із затримками психічного розвитку.

Типи ВНД у дітей. Як відомо, І. П. Павлов виділив три основні якості, або властивості, що визначають типи ВНД: силу, рухливість і врівноваженість нервових процесів. Їх поєднання дає підставу говорити про чотири типи ВНД, що узгоджується з відомою класифікацією темпераменту людини, даною Гіппократом і Галеном. Доповнене американським психологом Айзенком уявлення про процеси екстраверзії й інтроверзії, а також про емоційну стабільність сучасна класифікація типів ВНД у дорослої людини може бути представлена таким чином: *сангвінік* – сильний, урівноважений, рухливий тип, або екстраверт стабільний; *холерик* – сильний, нерівноважений, рухливий тип, або екстраверт нестабільний; *флегматик* – сильний, урівноважений, інертний тип, або інтраверт стабільний; *меланхолік* – слабкий тип, або інтраверт нестабільний. І. П. Павлов вважав, що виділені ним властивості нервової системи є вродженими, але їх прояв стає достатньо вираженим лише з певного моменту онтогенезу. М. І. Красногорський та А. Г. Іванов-Смоленський запропонували свою класифікацію типів ВНД дітей дошкільного й

молодшого шкільного віку. Н. І. Красногорський виділив чотири типи ВНД: швидкий тип, або врівноважений (близький до сангвініка) – сильний, урівноважений, який володіє підвищеною збудливістю, зі швидкою мовою, високою швидкістю вироблення умовних рефлексів, зокрема диференційованого гальмування при рівності стосунків між корою та підкірковими структурами; повільний, або кортикальний тип (відповідає флегматику) – сильний, урівноважений, із повільною мовою, низькою швидкістю вироблення умовних рефлексів, але здібний до вироблення диференційованого гальмування, із характерним переважанням кори над підкірковими утвореннями; емоційно-запальний, або підкірковий, тип (відповідає холерику) – сильний, неурівноважений, із підвищеною збудливістю, зі швидкою мовою, здатний швидко виробляти умовні рефлекси при недостатній здібності до вироблення диференційованого гальмування, із явним переважанням підкіркових структур над корою; слабкий, або гіподинамічний, тип (відповідає меланхоліку) – слабкий, із пониженою рухливістю нервових процесів у корі й підкіркових утвореннях, зі зниженою збудливістю, із повільною швидкістю вироблення умовних рефлексів і низькою здатністю до вироблення диференційованого гальмування, із переважанням підкіркових утворень над корою. А. Г. Іванов-Смоленській на основі здатності дитини утворювати позитивні та негативні умовні рефлекси виділив чотири типи – лабільний (обидва типи зв'язків утворюються легко й швидко), інертний (обидва типи зв'язків утворюються надсилу, тривало), збудливий (позитивні зв'язки утворюються легко, негативні – надсилу, поволі) і гальмівний (позитивні зв'язки утворюються надсилу, поволі, а негативні – швидко). Період статевого дозрівання вносить істотні корективи в характеристику типу ВНД підлітків. Очевидно, що оцінку типу ВНД слід здійснювати після завершення цього процесу.

Характеристика ВНД дітей та підлітків. *Новонароджені* на зовнішні подразники відповідають безумовними рефlekсами глобального характеру (за рахунок широкої

ірадіації збудження); у них утруднене вироблення умовних рефлексів; вони володіють безмежною можливістю розвитку, тому потребують постійного спілкування; у кінці цього періоду в них формуються «емоційно-рухова» реакція й «комплекс поживлення».

Грудний вік: з'являється здатність вироблення умовного рефлексу на комплекс подразників (два місяці), здатність до вироблення диференційованого гальмування (2 міс.), умовного гальмування (2,5–3 міс.), запізнююче гальмування (п'ять місяців), вироблення умовних рефлексів на слово; це період, коли діти лепечуть і вимовляють окремі склади, період початку сенсорної мови (7–8 міс.), вимови перших слів, тобто основи моторної мови (10–11 міс.; у 12 міс. дитина може вимовляти 10–12 слів; у грудних дітей формується потреба в спілкуванні, з'являються зачатки інтелектуальної діяльності, мислення, з'являється тенденції до цілеспрямованої діяльності.

Раннє дитинство (1–3 роки) – це середина шляху психічного розвитку людини; у цей період розвиваються предметна та ігрова діяльність, виникають продуктивні види діяльності (малювання, ліплення, конструювання); продовжує розвиватися потреба в спілкуванні, мова – пасивна мова переходить в активну, запас слів зростає до 1500, відбувається засвоєння граматичної будови мови; розвивається наочно-дієве мислення; формується знакова, або символна, функція свідомості, починає формуватися особа.

Перше дитинство (3–7 років): для цього періоду характерний подальший розвиток усіх видів внутрішнього гальмування; динамічний стереотип продовжує виконувати провідну роль, з'являється можливість переробки стереотипу (5–6 років); виробляються умовні рефлексивні на складні подразники; зростає швидкість утворення умовних рефлексів; розвивається друга сигнальна система і її відносини з першою; бурхливий прояв емоцій (3–5 років); виникає та стає домінуючим словесне мислення з внутрішньою мовою; з'являється можливість до систематичного навчання дитини за певною програмою; з'являються «дитяче суспільство», виникають сюжетно-

рольові ігри; провідним видом діяльності є гра, яка розвиває довільну пам'ять, довільну увагу, мову та мислення; важливе місце займає продуктивна діяльність – малювання, ліплення, конструювання; істотно зростає здібність до відчуттів, сприйняття, уяви; формуються зачатки змістової пам'яті; продовжує розвиватися наочно-дійове мислення, з'являється наочно-образне та логічне мислення; у цей період пам'ять й увага переважно мимовільні та багато в чому залежать від емоцій дитини; мова із ситуативної стає контекстною, тобто зрозумілою поза ситуацією, формується внутрішня мова, яка стає основою мислення; формується особистість: виникають потреби, утворюється ієрархія потреб (чим старші діти, тим більше вони віддають перевагу соціально значущим потребам); формуються вольові якості.

Друге дитинство (7–12 років): для цього періоду характерний виражений вплив кори над підкірковими утвореннями, що виявляється в стриманості емоцій, контрольованості й свідомості поведінки; удосконалюється сприйняття – воно стає диференційованим, точним, цілеспрямованим; пам'ять та увага довільні за рахунок формування локальної активації мозку; поступово зростає розумова працездатність, знижується стомлюваність; добре виражені всі види внутрішнього гальмування; провідною діяльністю стає навчальна; у дітей 7 і 8 років переважає наочно-дієве мислення, у 8–9 років формується абстрактне мислення; динамічні стереотипи легко переробляються; швидко виробляються умовні рефлекси; вони міцні й стійкі до зовнішнього гальмування.

Підлітковий, або пубертатний, період (дівчатка: 12–15 років; хлопчики: 13–16 років): для цього періоду, пов'язаного зі статевим дозріванням, характерне зниження всіх форм внутрішнього гальмування; процеси збудження переважають над процесами гальмування; при локомоціях з'являється багато зайвих рухів: знижується контроль кори над емоційними реакціями, над пам'яттю, сприйняттям, увагою; спостерігається нестійкість емоційних станів; у II сигнальній системі знижується здібність до вироблення умовних реф-

лексів; мова стає повільною й лаконічною; понижена розумова працездатність; виникає психічна неврівноваженість або акцентуація особи, схильність до негативних і афектних станів; незважаючи на такі «негативні» зміни, формується теоретичний (абстрактно-логічний) тип мислення і з'являється здатність оперувати гіпотезами.

Юнацький вік (16–21 рік): після завершення статевого дозрівання різко зростає розумова й фізична працездатність; зростає роль кори в регуляції психічної діяльності, зокрема встановлюється контроль над емоційним станом, над проявом емоцій, знову з'являється можливість використання довільних видів пам'яті, уваги, сприйняття; відновлюється здатність виробляти внутрішнє гальмування, відновлюється швидкість вироблення позитивних умовних рефлексів; відбувається диференціювання між функціями правої й лівої півкуль, а у зв'язку з цим – диференціювання на художній і розумовий (за І. П. Павловим) типи ВНД; виразно проявляються типи ВНД (сильний, урівноважений, рухливий); відпрацьовуються механізми стратегії роботи мозку, зокрема визначення найекономішного шляху.

Похилый вік. У механізмі вікових змін функціональної активності кори великого мозку важливе значення мають декілька головних нервових процесів під час старіння організму. У людей після 75 років визначаються чіткі зміни сили, рухомості й урівноваженості нервових процесів. Першою зміною фізіологічних процесів у корі є зниження функціональної рухомості. Це пояснюється послабленням впливу висхідної та низхідної систем ретикулярної формації мозку й змінами характеру регуляції корою структурно-функціональними системами. Під час старіння знижується працездатність нервових клітин, визначається відставання процесів відновлення від процесів виснаження. Зрушення в енергетичному забезпеченні нейронів, в активному транспорті іонів, зміни клітинної мембрани призводять до збільшення періоду реполяризації, до великої тривалості потенціалу дії, що знижує лабільність нейронів. Клітинні механізми розвитку гальмуван-

ня пов'язані з гіперполяризацією мембрани, зі збільшенням порога збудливості клітин. Умовно-рефлекторна діяльність у людей 60–65 років не має суттєвих змін, порівняно з особами молодого віку. У віці 67–70 років уже визначається недостатня концентрація нервових процесів, переважає гальмування, особливо в другій сигнальній системі. У людей віком понад 75 років головною скаргою стає послаблення пам'яті. Прослідковується зв'язок між послабленням пам'яті й станом соматичного здоров'я. Проблема пам'яті та її вікові зміни є однією з головних у старінні організму. Другою проблемою процесу старіння є проблема затримки темпу психічних реакцій. Збільшення терміну нервових реакцій розглядається як загальна й універсальна ознака старіння мозкових структур, що пояснюється затримкою імпульсів у периферійних нервових шляхах, а також порушенням в асоціативних зв'язках окремих ділянок кори великого мозку.

Геротологічні зміни. Із віком зменшуються сила, рухливість і врівноваженість основних нервових процесів, слабшає процес внутрішнього гальмування, що деякі автори пояснюють зниженням активуючого впливу ретикулярної формації на кору великих півкуль. При старінні процеси виснаження нейронів починають переважати над процесами відновлення. У цілому такі зміни призводять до зниження працездатності, розладу сну, емоційної нестійкості та дратівливості, до ослаблення уваги й пам'яті, порушення складних форм психічної діяльності та цілеспрямованої поведінки, появи дефектів поведінки. Зокрема, відомо, що тривалість сну знижується найпомітніше після 65 років. Із віком збільшується число пробуджень, які переривають сон, знижується частка швидкого сну, з'являється схильність до денного сну. Можливо, тому в літніх і старих людей в ЕЕГ змінені характеристики альфа-ритму (він з'являється з меншою частотою та нижчою амплітудою); з'являються або посилюються повільні коливання ЕЕГ. У міру старіння погіршуються різні процеси мнестичної діяльності – функції запам'ятовування, зберігання та відтворення, а також посилюється процес забування. Короткочасна пам'ять значно

слабшає й часто буває порушеною; довготривала пам'ять зберігається краще: умовно-рефлекторні зв'язки, зміцнені протягом життя, послаблюються в глибокій старості. У логічно-змістовій пам'яті зміни торкаються найскладніших і рідко «використовуваних» структур: запам'ятовування матеріалу, не укладеного за значенням, є важчим, ніж об'єднаного в смислові системи. Умовні рефлекси виробляються важче, а їх згасання відбувається повільніше, ніж у молодому віці. Здібність до навчання знижується. У літніх і старих людей зменшується здатність до концептуальної діяльності, знижується розсудливість. Мова зберігається відносно добре, проте через ослаблення внутрішнього гальмування в літніх і старих людей з'являється багатоскладовість. Вважають, що оптимум розвитку інтелектуальних функцій доводиться на 18–20 років. Якщо логічну здатність 20-річних прийняти за 100 %, то в 30 років вона буде рівна 96 %, у 40-річному віці – 87 %, у 50 років – 80 %, у 60–75 %. Вербально-логічні функції досягають першого оптимуму в молодості, потім вони можуть повторно зростати в зрілому віці (до 50 років), знижуючись після 60 років. Завдання, що вимагають для свого розв'язання винахідливості, уяви й винахідливості, у літньому та старечому віці розв'язуються надсилу; у цьому віці значно легше використовувати завдання, засновані на використанні життєвого досвіду. У літніх і старих людей спостерігають загострення рис удачі, немотивовану образливість, егоцентризм, іпохондричність, ослаблення ефектного життя, що позбавляє їх барвистості та яскравості нових вражень і складає основу порушень психологічної адаптації в старечому віці. У літніх людей зростає тривожність, знижується емоційність. На фоні несприятливих умов життя, за відсутності раціонального режиму дня ці зміни сприяють появі характерних для пізнього онтогенезу психічних синдромів і хвороб, зокрема вікової депресії, психозів (параноїди), галюцинацій пізнього віку, старечого недоумства, раннім і злоякісним проявом якого є хвороба Альцгеймера, що з'являється до 65 років. Імовірність цього захворювання досить велика і залежить від генетичної схильності. До ранніх симптомів цієї хвороби відносять утрату

пам'яті на недавні події, дезорієнтацію й зниження спонтанних емоційних реакцій. У міру розвитку хвороби людина втрачає здатність читати, писати та мислити. Поступово знебарвлюється свідомість, хворий перестає пізнавати близьких, він може постійно беззмістовно розмовляти; із часом наступають судоми й смерть (на сьогодні не існує способів запобігання розвитку хвороби Альцгеймера).

Отже, на сучасному етапі розвитку ВНД розглядають як функціональну систему, яка під дією подразника вибірково об'єднує різнорідні центральні та периферичні нервові утворення для отримання корисного пристосувального результату.

Підтримання сталості внутрішнього середовища як основи незалежного (від постійних змін чинників довкілля) життя людини можливе завдяки безумовно-умовно-рефлекторній діяльності ЦНС. При цьому умовні рефлекси завжди утворюються на базі безумовних. Усі безумовні рефлекси є вродженими й передаються спадково. Проте окремі з них, зокрема статевий, формуються після народження в міру морфофункціонального дозрівання нервової, ендокринної та інших систем організму. Умовні рефлекси виробляються в процесі індивідуального розвитку на основі життєвого досвіду. Вони не передаються спадково.

Безумовні рефлекси є видовими та властиві всім представникам цього виду (захисні рефлекторні реакції їжаків, котів тощо). Умовні рефлекси не видові, а індивідуальні. Безумовні рефлекси відносно сталі, умовні – несталі й, залежно від певних умов, можуть вироблятися, закріплюватися або згасати. Рефлекторні дуги безумовних рефлексів, із якими народжується дитина, починають формуватися ще на третьому місяці ембріогенезу. Завдяки цьому з моменту народження організм може задовольнити свої потреби та до певної міри уникнути небезпеки. Що ж до умовних рефлексів, то доцентрові й відцентрові шляхи, відповідні ділянки ЦНС також існують із моменту народження, але вроджених зв'язків між ними немає. Вони утворюються в процесі навчання. Для

нормального розвитку дитини та підлітків на кожному віковому етапі онтогенезу необхідне створення оптимальних умов.

Питання для самоконтролю:

1. Специфічні особливості вищої нервової діяльності людини.
2. Розвиток сигнальних систем в онтогенезі, розвиток та становлення мови.
3. Типи вищої нервової діяльності. Поняття про основні властивості нервової системи й типи вищої нервової діяльності.
4. Фізіологічні механізми сну та сновидінь.
5. Фізіологічні механізми емоцій. Розвиток емоцій у постнатальному онтогенезі.
6. Фізіологічне значення емоцій.
7. Фізіологічні механізми пам'яті та уваги. Фізіологічні аспекти вивчення пам'яті. Короткочасна та довготривала пам'ять. Фізіологічні основи пам'яті. Теорії пам'яті.
8. Загальні принципи управління вищою нервовою діяльністю й психічними процесами пам'яті людини.
9. Характеристика основних вікових етапів розвитку вищої нервової діяльності.

РОЗДІЛ 7

ФІЗІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВЕГЕТАТИВНИХ ФУНКЦІЙ В ОНТОГЕНЕЗІ

Функціональний стан організму визначається діяльністю всіх його фізіологічних систем. Різноманітні впливи на організм людини через нервову систему змінюють діяльність його органів та тканин. Особливо чутливим є організм дитини, що розвивається. Навіть відносно слабкі подразники, які не викликають особливих змін у діяльності організму дорослої людини, можуть істотно змінювати функціональний стан дитячого, а при тривалій дії – порушувати узгоджувальну діяльність його фізіологічних систем та гальмувати розвиток дитини.

Тому вивчення особливостей функціонування вегетативних систем людини, особливо дитячого організму, на різних етапах онтогенезу є дуже важливим.

Вікові особливості крові. У процесі індивідуального розвитку людини поступово формується система крові, що об'єднує органи кровотворення, кров, яка циркулює по судинах, лейкоцити, що виходять із кров'яного русла в тканини, органи, у яких відбувається руйнування формених елементів крові, а також механізми регуляції цієї системи.

Кровотворення (гемопоез) – процес виникнення й дозрівання формених елементів крові. Органи, у яких відбувається гемопоез, називають органами кровотворення.

Кров, тканинна рідина, лімфа утворюють внутрішнє середовище організму й безпосередньо беруть участь у процесах обміну речовин і підтримці та гомеостазу організму. Разом із нервовою системою кров устанавлює зв'язок між окремими органами, завдяки чому організм функціонує як єдине ціле.

Кров – рідка тканина внутрішнього середовища, що забезпечує життєдіяльність організму. *Функції крові:* дихальна,

транспортна, трофічна, видільна, регуляторна, терморегуляторна, гомеостатична, захисна.

Кров складається з рідкої частини – плазми (55–60 %) і формених елементів – еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів (40–45 %).

У кровоносних судинах циркулює не вся кров, частина її міститься в кров'яних депо – печінці (20 %), селезінці (16 %), шкіді (10 %), за рахунок яких підтримується постійна кількість циркулюючої крові. Клітини крові живуть певний час, після чого руйнуються. У кровотворних органах (кістковому мозку, лімфатичних вузлах, селезінці) відбувається безперервне утворення нових клітин крові.

Об'єм крові. Абсолютний об'єм крові з віком збільшується: у новонароджених він складає 0,5 л, у дорослих – 4–6 л. У співвідношенні з масою тіла об'єм крові (мл / кг) з віком, навпаки, знижується: у новонароджених цей показник становить 150 маси тіла (14,7 %), в один рік – 110 (10,9 %), у віці від шести до 12–16 років – 70 мл / кг (7 %), у дорослих – 50 (7–8 %) маси тіла.

Об'єм циркулюючої крові (ОЦК). На відміну від дорослих, у яких ОЦК складає 2/3 від загального об'єму крові, а 1/3 міститься в депо, у дітей майже вся кров циркулює, тобто показник ОЦК наближається до об'єму крові. Наприклад, ОЦК у 7–12-річних дітей складає 70 мл / кг маси, а в дорослих – 50–60 мл / кг маси тіла.

Гематокритне число. Співвідношення між об'ємом формених елементів та об'ємом плазми оцінюється спеціальним показником – гематокритом. *Гематокрит* – це виражене у відсотках визначення об'єму крові. У чоловіків середня величина гематокриту – 45 %, у жінок – 40 %. Це означає, що в чоловіків формені елементи складають 45 %, а плазма – 55 % загального об'єму крові, у жінок – відповідно, 40 і 60 %. Статеві особливості гематокриту зумовлені тим, що в чоловіків кількість еритроцитів у крові більша, ніж у жінок.

У новонароджених частка формених елементів складає 57 % від загального об'єму крові, в один місяць – 45 %, в 1–

3 роки – 35 %, у п'ять років – 37 %, в 11 – 39 %, у 16 років, як і в дорослих, – 42–47 %. Отже, у дітей частка формених елементів нижча, ніж у дорослих.

Кількість еритроцитів. Основну масу формених елементів крові складають *еритроцити* – високоспеціалізовані без'ядерні клітини, головна функція яких – транспорт кисню й вуглекислого газу. Окрім того, еритроцити здатні адсорбувати та транспортувати гормони, токсичні продукти обміну білків. Відома роль еритроцитів у ферментативних процесах розщеплення білків, жирів і вуглеводів.

У нормі в 1 мм³ крові в чоловіків міститься 4,5–5,0 млн, у жінок – 4,0–4,5 млн еритроцитів; 95 % сухого залишку еритроцитів становить гемоглобін, решта (5 %) припадає на інші білки, ліпіди, глюкозу, мінеральні солі.

При народженні кількість еритроцитів складає 5,8 млн, у перший день життя їх кількість збільшується до 7,2 млн., в один місяць – 4,7 млн, на шостому місяці – 4,1 млн, із двох до чотирьох років – 4,6 млн, від 10 до 15 – 4,8 млн, а в 16–18 років досягає значень, характерних для дорослих, – 4,5–5 млн.

Велику кількість еритроцитів при народженні пов'язують із недостатнім постачанням киснем плода в останні дні ембріонального розвитку. Після народження умови газообміну поліпшуються. Частина еритроцитів зростає, а гемоглобін, що міститься всередині їх, перетворюється на пігмент – білірубін. Утворення великої кількості білірубіну може стати причиною так званої жовтяниці новонароджених, коли шкіра й слизові оболонки забарвлюються в жовтий колір.

Середній діаметр еритроцита в новонароджених становить 8,12 мкм; в один місяць – 7,83 мкм; в один рік – 7,35 мкм; у 3–5 – 7,30 мкм; у 10 – 7,36 мкм; у 14–17 років (як і в дорослих) – 7,50 мкм.

Тривалість життя еритроцита в немовляти складає 12 днів, на 10 дні життя – 36 днів, а в один рік, як і в дорослих, – 120 днів.

Осмотична стійкість еритроцитів. У новонароджених мінімальна резистентність еритроцитів нижча, ніж у дорослих

(0,48–0,52 % розчин NaCl, порівняно з 0,44–0,48 %); проте вже до одного місяця вона набуває властивостей, як у дорослих.

Гемоглобін. У новонароджених рівень гемоглобіну складає 215 г/л, в 1 місяць – 145 г / л, в один рік – 116 г / л, у три – 120 г / л, у п'ять – 127 г / л, у сім років – 127 г / л, у 10 – 130 г / л, до 14 – 120–140 г / л, а до 17 років рівень гемоглобіну сягає рівня дорослих – 140–160 г / л. Заміна фетального гемоглобіну (HbF) на гемоглобін дорослого (HbA) відбувається до трьох років.

Кольоровий показник при народженні становить складає 1,2; в один місяць – 0,85; в один рік – 0,80; у три роки – 0,85; у п'ять років – 0,95; у 10 років – 0,95; у 14–17 років, як і в дорослих, – 0,85–1,0. Отже, у дітей має місце нижчий уміст гемоглобіну в еритроциті, ніж у дорослих.

Швидкість осідання еритроцитів (ШОЕ). При стоянній крові в пробірці з антикоагулянтом спостерігається осідання формених елементів крові. При цьому кров ділиться на два шари – прозорий (верхній) і непрозорий темно-червоний (нижній). Зменшення ШОЕ спостерігають, коли збільшується кількість еритроцитів на одиницю об'єму крові – при еритремії та вторинному еритроцитозі.

Збільшення ШОЕ спостерігають при інфекційних, запальних, онкологічних захворюваннях, некрозі тканини, анемії, інтоксикації, під час вагітності й інших захворюваннях, що зумовлено наявністю в крові патологічних білків – парепро-теїнів.

У нормі ШОЕ в жінок – 2–15 мм / год, у чоловіків 1–10 мм / год, у новонароджених від 0,5 до 2 мм / год, у грудних дітей – 4–8 мм / год, у дітей до трьох років – 2,7 до 17 мм / год.

Лейкоцити – безколірні ядерні клітини розміром 8–20 мкм. Основною функцією лейкоцитів є фагоцитоз і синтез антитіл. Також лейкоцити стимулюють регенеративні процеси в організмі, прискорюючи загоєння ран, беруть участь у процесах руйнування відмерлих клітин, токсинів білкового походження, мутантних клітин. Тривалість життя більшості форм лейкоцитів – 2–4 дні.

Розрізняють *зернисті*, або *гранулоцити* (нейтрофіли, еозинофіли і базофіли), і *незернисті*, або *агранулоцити* (моноцити, лімфоцити) лейкоцити.

Нейтрофіли (65–75 % від усіх лейкоцитів крові) залежно від фази зрілості, розрізняють юні, паличкоядерні, сегментоядерні нейтрофіли. У кровоносних судинах нейтронфіли довго не затримуються (6–8 год) і швидко мігрують у слизовій оболонці, фагоцитують хвороботворні бактерії, виконуючи неспецифічну захисну функцію. Руйнуються бактеріальними клітинами, а також продуктами розпаду тканин.

Базофіли (0,5 % усіх лейкоцитів крові) функціонують у кровоносних судинах близько 12 годин. Містять гепарин, тобто речовину, яка запобігає зсіданню крові.

Середньодобова норма **еозинофілів** – 2–4 %: зранку та під вечір приблизно на 20 % менше, а опівночі – на 30 % більше. Такі коливання корелюють із рівнем глюкокортикоїдів наднирникових залоз: чим вищий рівень глюкокортикоїдів у крові, тим менший уміст еозинофілів, і навпаки. Основна функція – фагоцитоз та руйнування токсинів білкового походження.

Моноцити (4–8 %) – найбільші лейкоцити, округлої форми, здатні до фагоцитозу. Моноцити часто збільшуються й стають макрофагами, які швидко рухаються й поглинають 100 і більше бактерій, відіграють роль в опірності організму до хронічних інфекційних хвороб.

Лімфоцити (20–30 ‰) – найменші лейкоцити. Розрізняють Т-лімфоцити, що виробляються в тимусі, та В-лімфоцити – у кістковому мозку, лімфовузлах, мигдалинах, селезінці, апендиксі. *Т-лімфоцити*. У новонародженого на частку Т-лімфоцитів припадає 33–56 % від усіх форм лімфоцитів, починаючи з дворічного віку, показник становить, як і в дорослих, – 60–70 %.

Лімфоцити можуть перетворюватись у моноцити, макрофаги, беруть участь в утворенні антитіл, циркулюють у крові 100–200 днів. Живуть 20 і більше років. Вони формують специфічний імунітет і здійснюють функцію імунного нагляду.

В одному літрі крові в новонародженого – 30×10^9 лейкоцитів, із другої доби кількість зменшується до – $12,1 \times 10^9$, в

один рік – $10,5 \times 10^9$, у 3–10 років – $8-10 \times 10^9$, у 14–17, як і в дорослих, – $5-8 \times 10^9$. Отже, чим менший вік дитини, тим її кров містить більше незрілих форм лейкоцитів.

Тромбоцити – безбарвні, без'ядерні клітини діаметром 2–4 мкм (в 1 мм^3 крові їх міститься близько 200–400 тис). Основна функція пов'язана з процесами зсідання крові: володіючи здатністю прилипати до неадекватної (чужорідної) поверхні (адгезивність) й один до одного (агрегація), тромбоцити започатковують перебіг складних процесів згортання крові, утворення кров'яного згустка та його стягування (ретракцію). Відома також захисна (фагоцитарна) функція тромбоцитів. Циркують у крові протягом 1–2 тижнів, руйнуються в печінці й селезінці.

У новонароджених міститься від 150 тис. до 350 тис. тромбоцитів в 1 мм^3 крові, у немовлят – 150–424 тис. У віці від одного до 16 років кількість тромбоцитів сягає значень, як у дорослих осіб, – 200–300 тис. Кількість тромбоцитів у крові змінюється: удень їх більше, уночі – менше, після важкої роботи спостерігається підвищення їх кількості в 3–5 разів.

Лейкоцитарна формула. У крові підтримується відносна постійність кількісного співвідношення всіх форм лейкоцитів. Це співвідношення, виражене у відсотках, називають *лейкоцитарною формулою*. Вона має вікові особливості, пов'язані з умістом нейтрофілів і лімфоцитів (табл. 10).

У новонароджених, як і в дорослих, на частку нейтрофілів доводиться 68 %, а на частку лімфоцитів – 25 %; на 5–6-й день після народження виникає так званий «перший перехрест» – нейтрофілів стає менше (до 45 %), а лімфоцитів – більше (до 40 %) (рис. 24). Таке співвідношення зберігається приблизно до 5–6 років («другий перехрест»). Наприклад, упродовж 2–3 місяця частка нейтрофілів складає 25–27 %, а частка лімфоцитів – 60–63 %. Це вказує на істотне підвищення інтенсивності специфічного імунітету в дітей перших 5–6 років. Після 5–6 до 15 років співвідношення, характерне для дорослих, поступово відновлюється.

Гемограма дитини в різні вікові періоди

Вік	Еозинофіли	Базофіли	Нейтрофіли	Лімфоцити	Моноцити
При народженні	0,15–0,7	0–0,100	12,0–14,0	5,0	1,8
На першому році життя	0,150–0,250	0–0,100	2,5–3,0	5,0–6,0	0,6–0,9
Від 1 до 3 років	0,150–0,250	0–0,100	3,5–4,0	5,0–5,6	1,0–1,1
Від 3 до 7 років	0,150–0,250	0–0,100	3,7–4,8	4,0–5,0	0,9–1,0
Від 7 до 12 років	0,150–0,525	0–0,075	4,0–4,5	3,0–3,5	0,7–0,9
Старше 15 років	0,150–0,250	0–0,075	4,2–4,7	2,1–2,8	0,6–0,7

Продукція імуноглобулінів. Уже внутріутробний плід здатний синтезувати Ig M (12 тижнів), Ig G (20 тижнів), Ig A (28 тижнів). Від матері плід одержує Ig G. На першому році життя дитина продукує здебільшого Ig M і практично не синтезує Ig G та IgA. Відсутність здатності продукувати IgA пояснює високу сприйнятливість грудних дітей до кишкової флори. Рівень «дорослого» стану досягається за Ig M у 4–5 років, за Ig G – у 5–6 років і за IgA – у 10–12 років. У цілому низький уміст імуноглобулінів у перший рік життя пояснює високу сприйнятливість дітей до різних захворювань органів дихання й травлення. Виключенням є перші три місяці життя – для цього періоду характерна майже повна несприйнятливості до інфекційних захворювань, тобто виявляється своєрідна ареактивність.

Показники неспецифічного імунітету. У новонародженого фагоцитоз наявний, але він «неякісний», оскільки в нього відсутній завершальний етап. Рівня «дорослого» стану фагоцитоз досягає після п'яти років. У новонародженого лізоцим наявний у слині, слізній рідині, крові, лейкоцитах; причому рівень його активності вищий, ніж у дорослих. Уміст інтерферонів у крові новонароджених є високим, як у дорослих, проте в наступні дні

знижується, залишаючись таким від одного до 10–11 років; із 12–18 років досягає значень, характерних для дорослих. Система комплементу в новонароджених за своєю активністю складає 50 % від активності дорослих; до одного місяця вона стає такою ж, як у дорослих. У цілому гуморальний неспецифічний імунітет у дітей майже такий самий, як у дорослих.

Система гемостазу. Число тромбоцитів у дітей усіх років, уключаючи новонароджених, таке ж, як і в дорослих ($200\text{--}400 \times 10^9$ в 1 л). У середньому, швидкість згортання в дітей, у тому числі й новонароджених, така сама, як і в дорослих (5–5,5 хв, за Бюркером), аналогічно – тривалість кровотечі (2–4 хв за Дюком), час рекальцифікації плазми, толерантність плазми до гепарину. Виняток становлять протромбіновий індекс і протромбіновий термін: у новонароджених вони нижчі, ніж у дорослих. Здатність тромбоцитів до агрегації в новонароджених теж виражена слабше, ніж у дорослих. Після року вміст чинників згортання й антикоагулянтів у крові такий самий, як і в дорослих.

Фізико-хімічні властивості крові. У перші дні життя питома вага крові більша (1060–1080 г / л), ніж у дорослих (1050–1060 г / л), але згодом досягає цих значень. В'язкість крові

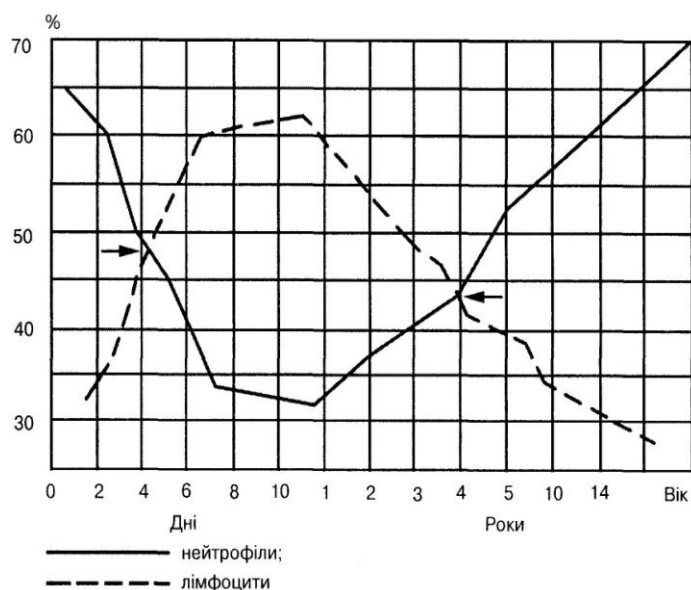


Рис. 24. Перший і другий перехресті кривої нейтрофілів і лімфоцитів: нейтрофіли; лімфоцити

в новонародженого вища, ніж в'язкість води, у 10–15 разів, а в дорослого – у п'ять разів; зниження в'язкості до рівня дорослих відбувається до одного місяця. Для новонародженого характерна наявність метаболічного ацидозу (рН 7,13–6,23), хоча вже на 3–5 добу рН досягає значень дорослої людини (рН =7,35–7,40). Упродовж усього дитинства спостерігається понижена кількість буферних основ, тобто має місце компенсований ацидоз. Уміст білків крові в новонародженого досягає 51–56 г / л, що значно нижче, ніж у дорослого (70–80 г / л), в один рік – 65 г / л. Рівень «дорослого» стану спостерігається в три роки (70 г / л). Співвідношення окремих фракцій, подібно «дорослому» стану, спостерігається з 2–3-річного віку (у новонароджених відносно висока частка γ -глобулінів, що потрапили до них від матері).

Інволюційні зміни. При старінні організму не помічено істотної зміни в'язкості крові. Загальний уміст білків залишається сталим, проте змінюється співвідношення між альбуміном і глобулінами: уміст альбуміну падає, а глобулінів – зростає. Із віком у кістковому мозку знижується кількість клітин, що мають ядро; а частка жирових клітин збільшується (так, після 65 років 2/3 кісткового мозку зайнято жиром).

У літніх людей збільшується об'єм еритроцитів, що пояснюється порушенням стану їхніх мембран під впливом продуктів перекисного окислення. Макроцитоз особливо виражений в осіб, котрі зловживають алкоголем та нікотинном. Тривалість життя еритроцитів збільшується до 145 днів; знижується кількість ретикулоцитів у периферичній крові, що вказує на зменшення інтенсивності еритропоезу. У багатьох літніх людей спостерігається дефіцит заліза, фолієвої кислоти та вітаміну В₁₂, тобто провідних чинників еритропоезу. Проте в цілому число еритроцитів і рівень гемоглобіну зменшується незначно: відповідно, до 5×10^{12} г / л і 135–120 г / л. Незначно підвищується з віком ШОЕ, що спричинене збільшенням умісту глобулінів у крові; осмотична резистентність еритроцитів зростає, а кислотна – знижується.

Поряд із цим знижується інтенсивність лейкопоезу. Уміст лейкоцитів у периферичній крові зменшується, при цьому знижується частка еозинофілів і паличкоядерних нейтрофілів. Інволюції піддаються органи, багаті на лімфоїдну тканину (селезінка, лімфатичні вузли, мигдалини). Для старих людей характерне явище імунодефіциту – зниження активності клітинних і гуморальних чинників імунітету. Зокрема, при старінні знижується абсолютне число лімфоцитів, уміст Т-хелперів, імуноглобулінів G і A; у крові з'являються аутоантитіла.

Після 40 років згортання крові відбувається інтенсивніше за рахунок підвищення рівня фібриногену та фактора VIII, завдяки чому зростає ймовірність внутрішньосудинного тромбоутворення. Одночасно збільшується фібринолітична активність крові, а також уміст антикоагулянту гепарину. При старінні знижується синтез простагліцинів в ендотелії судинної стінки, що сприяє підвищенню тромбоутворення. Уміст тромбоцитів у периферичній крові спадає, що, з одного боку, знижує тромбоутворення, а з іншого – зменшує їх вплив на ендотелій судин.

Вікові зміни системи крові впливають на структуру захворюваності в старих людей. Серед захворювань крові в людей після 70 років найпоширенішими є лейкози (до 55 % серед захворювань системи кровообігу). У літніх людей часто трапляються анемії, що мають важкий перебіг і складні в лікуванні. Найчастіше розвиваються залізодефіцитні анемії, пов'язані з дефіцитом фолієвої кислоти, та проявляються гіпоксією, серцево-судинною недостатністю, м'язовою слабкістю, трофічними розладами (ламкість нігтів, сухість шкіри), зміною смаку та нюху. У випадку дефіциту фолієвої кислоти й вітаміну B₁₂ виникає мегалобластна анемія, що супроводжується розладами ходьби, діареєю, набряками, симптомами декомпенсації серцевої діяльності. У літніх людей понижена функція кісткового мозку призводить до апластичних анемії, пов'язаних з імунними механізмами, що проявляються в гіпоксії, кровоточивості ясен, проявах інфекційно-запальних процесів.

Вікові особливості кровообігу. Серцево-судинна система включає серце, магістральні судини (аорту, легеневу артерію), периферійні судини (артерії, вени), капіляри. Органи кровообігу підтримують гомеостаз організму, виконують функцію транспорту кисню й поживних речовин до всіх органів і тканин, а також функцію виведення вуглекислого газу, продуктів обміну з тканин та органів.

Кровообіг плода. Із 20–21 дня внутріутробного розвитку в ембріона починає функціонувати **жовтковий кровообіг**, при якому серце виганяє кров у жовткові судини (рис. 25). Із моменту утворення плаценти, тобто з 8–9 тижня, і до народження плода функціонує **плацентарний кровообіг**. При цьому серце плода за своєю будовою, порівняно із серцем дитини після її народження, має такі відмінності – наявність овального отвору в перегородці між правим та лівим передсердям і наявність **боталової протоки**, що сполучає між собою легеневий стовбур із низхідною гілкою аорти. За допомогою овального отвору й боталової протоки відбувається перехід крові з правої половини серця в ліву в умовах не функціонуючого в плода малого кола кровообігу. Судинні русла плода та матері контактують між собою через **плаценту**, де відбувається обмін газами, поживними речовинами й кінцевими продуктами метаболізму плода. Від плаценти до плода йде **пупкова вена**, що несе в собі артеріальну кров, а від плода до плаценти венозна кров притікає по двох пупкових артеріях. Ці судини об'єднуються в пупковий канатик, що тягнеться від пупкового отвору плода до плаценти. Пупкова вена біля воріт печінки плода розділяється на дві гілки: одна з них упадає в комірну вену, по якій артеріальна кров прямує в печінку. Пройшовши через печінку, тепер уже венозна кров уливається в нижню порожнисту вену. Друга гілка пупкової вени – венозна (аранцієва) протока – вливається в нижню порожнисту вену. Отже, на рівні нижньої порожнистої вени в плода відбувається **перше змішування артеріальної крові**, що йде від плаценти, із венозною кров'ю, яка надходить від нижніх кінцівок і тулуба плода.

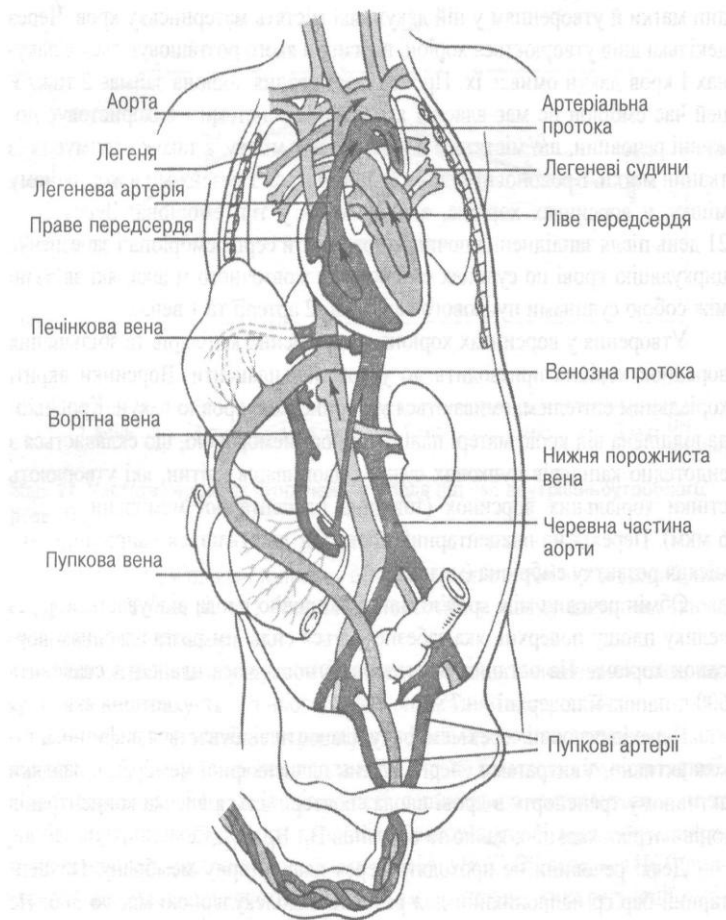


Рис. 25 Кровообіг плода

Після першого змішування кров (артеріально-венозна) по нижній порожнистій вені поступає в праве передсердя, куди надходить венозна по верхній порожнистій вені. Проте велика частина крові з нижньої порожнистої вени проходить через овальний отвір із правого передсердя в ліве та далі прямує звичним шляхом великого кола кровообігу – у лівий шлуночок й аорту. По висхідній гілці та дузі аорти кров поступає в судини голови, серця й верхніх кінцівок. Отже, головний мозок плода та верхня частина тіла одержують кров практично після її першого змішування з венозною кров'ю. Кров, яка не пройшла через овальний отвір нижньої порожнистої вени в правому передсерді й правому шлуночку, повністю змішується

з венозною кров'ю з верхньої порожнистої вени – це *друге змішування крові*. Із правого шлуночка кров після другого змішування поступає в легеневий стовбур, із якого боталовою протокою поступає в низхідну частину аорти, де й відбувається *третьє змішування крові*. По низхідній гілці аорти кров надходить до м'язів, органів тулуба та нижніх кінцівок.

Отже, у результаті цього розподілу крові в плода, його печінка одержує чисту артеріальну кров, головний мозок, голова, шия, серце й верхні кінцівки – практично кров після першого змішування, тулуб і нижні кінцівки – кров після її третього змішування.

Пройшовши по судинах великого кола кровообігу через м'язові структури й органи тіла, венозна кров по пупкових артеріях підходить до плаценти, де й відбувається обмін дихальними газами, поживними субстратами та продуктами обміну між кров'ю плоду і матері. У кінці вагітності частота серцевих скорочень плода досягає 120–140 уд. / хв, хвилинний об'єм кровотоку – 750 мл, причому 65 % об'єму призначено для плацентарного обміну, і лише 35 % – безпосередньо для плода. У цей період для серця характерна адренергічна регуляція.

При народженні за рахунок перев'язки пуповини й початку дихання виникають наступні зміни (рис. 26). Передусім, припиняється плацентарний кровообіг. У судинах великого кола опір зростає у два рази, у зв'язку з чим тиск у лівому передсерді та лівому шлуночку також підвищується. Із цієї причини в передсерді закривається овальний отвір й одночасно знижується перехід крові з боталової протоки в аорту. У цей період у легневих клітинах у великих кількостях утворюється брадикінін, що разом із підвищенням умісту кисню в альвеолах викликає розслаблення гладких м'язів кровоносних судин малого кола кровообігу та зниження в ньому тиску, як і в правому серці. Це призводить до початку функціонування малого кола кровообігу. Спадання (облітерація) артеріальної (боталової) протоки відбувається на 1–8 добу після народження (за рахунок зростання скоротливої активності гладких м'язів протоки у відповідь на підвищення

вмісту кисню в крові), анатомічне заростання відбувається до 5–7 місяця. Венозна протока облітерується в перші 5 хв після народження в результаті спазму гладких м'язів, а заростає до двох місяців після народження. У новонародженого хвилинний об'єм кровотоку досягає майже 490 мл, частота серцевих скорочень –140 уд. / хв.

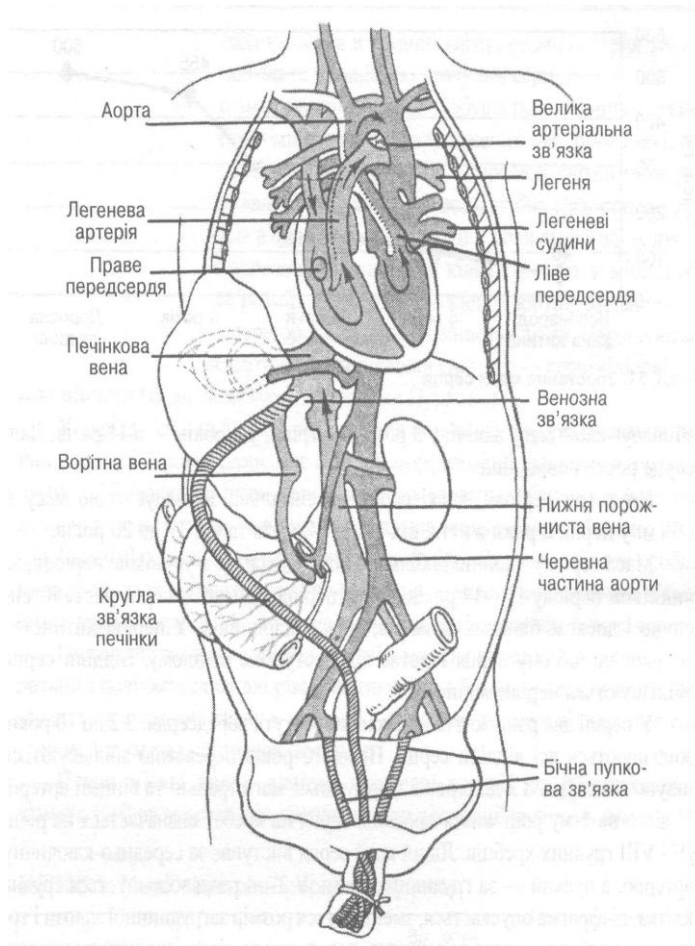


Рис. 26. *Схема кровообігу в новонародженого*

Вікові особливості серця й перикарда. Серце новонародженого має кулеподібну форму, що пов'язано з недостатнім розвитком шлуночків і відносно великими розмірами передсердя. Вушка передсердь великі, вони прикривають основу

серця. Передня й задня міжшлуночкові борозни визначені добре, верхівка серця заокруглена. Міжпередсердна перегородка має отвір, що прикритий зі сторони лівого передсердя тонкою ендокардіальною складкою.

Довжина серця в новонародженого – 3,0–3,5 см, ширина – 2,7–3,9 см. Об'єм правого передсердя – 7–10 см³, лівого – 4–5 см³. Ємність кожного шлуночка – 8–10 см³. Маса серця в новонародженого – 20–24 г, тобто 0,8–0,9 % маси тіла (у дорослих – 0,5 %). Об'єм серця від періоду новонародженості до 16-річного віку збільшується в 3–3,5 раза.

Росте серце найшвидше протягом перших двох років життя, надалі – у 5–9 років і в період статевого дозрівання. До двох років лінійні розміри серця збільшуються в 1,5 раза, до семи років – у два рази, а до 15–16 років – у три рази. Ріст серця в довжину проходить швидше, ніж у ширину (довжина подвоюється до 5–6 років, а ширина – до 8–10). Маса серця подвоюється до кінця першого року життя, потроюється – до 2–3 років, до шести років зростає в п'ять разів, а до 15 років збільшується в 10 разів, порівняно з періодом новонародженості. Маса серця в дорослої людини – 250–350 г.

Вага серця хлопчиків упродовж постнатального розвитку більша, ніж у дівчаток, за винятком періоду від 12 до 14 років. У цей період у дівчаток серце росте інтенсивно й досягає більших розмірів, аніж у хлопчиків.

У новонароджених на внутрішній поверхні передсердь уже наявні трабекули, видно дрібні, різноманітної форми соскоподібні м'язи. Міокард лівого шлуночка розвивається швидше, до кінця другого року його маса удвоє більша, ніж у правого, таке співвідношення зберігаються й надалі. У дітей першого року життя м'ясисті трабекули покривають майже всю внутрішню поверхню стінок шлуночків. Найсильніше розвинені м'ясисті трабекули в юнацькому віці (17–20 років). Після 60–75 років трабекулярна сітка шлуночків згладжується, проте її сітчастий характер зберігається лише в ділянці верхівки серця.

У новонароджених і дітей усіх вікових груп передсердно-шлуночкові клапани еластичні, стулки блискучі. У 20–25 років стулки цих клапанів ущільнюються, їх краї стають нерівними. У старечому віці відбувається часткова атрофія соскоподібних м'язів, у зв'язку з чим може порушуватися функція клапанів.

У новонароджених і дітей грудного віку серце розташовується високо й лежить майже поперек. Перехід серця із поперекового положення до косого починається в кінці першого року життя дитини, у 2–3-річних дітей переважає навкісне розташування серця. Нижня межа серця в дітей до одного року розміщена на один міжреберний проміжок вище, ніж у дорослих, верхня межа розташована на рівні другого міжребер'я. Верхівка серця проектується в четвертому лівому міжреберному проміжку назовні від середньоключичної лінії. Права межа серця найчастіше розміщена по правому краю грудини або на 0,5–1,0 см правіше від неї. Проекція клапанів у новонародженого міститься вище, ніж у дорослих. Правий передсердно-шлуночковий отвір і трьохстулковий клапан проектується на середину грудини на рівні прикріплення до грудини IV ребра. Лівий передсердно-шлуночковий отвір та двохстулковий клапан розташовані біля лівого краю грудини на рівні третього реберного хряща (у дорослих – відповідно, на рівні V і VI ребер). Правий та лівий артеріальні отвори й півмісяцеві клапани лежать на рівні III ребра, як і в дорослих.

Перикард. Форма перикарда в новонароджених кулеподібна. Об'єм порожнини перикарда малий, він щільно прилягає до серця. Верхівка перикарда розташована високо – по лінії, що з'єднує грудино-ключичні сполучення. Нижня межа перикарда проходить на рівні середини п'ятих міжребер. Грудино-реберна поверхня перикарда на значній відстані покрита тимусом. Задній відділ межує зі стравоходом, трахеєю, бронхами, аортою, блукаючими нервами. Нижня стінка перикарда зрощена із сухожильним центром і м'язовою частиною діафрагми. До 14 років межа перикарда й відношення його з органами середостіння відповідають таким у дорослого.

Вікові особливості кровоносних судин. Артерії та мікроциркуляторне русло. Після народження дитини в міру збільшення віку окружність, діаметр, товщина стінок артерій і їх довжина збільшуються. Також змінюється рівень витоку артеріальних гілок від магістральних артерій і тип їх галузження. Діаметр лівої коронарної артерії більший за діаметр правої коронарної артерії спостерігається в осіб, незалежно від віку. Найбільш суттєві відмінності в діаметрі цих артерій відзначаються в новонароджених і дітей 10–14 років.

Діаметр загальної сонної артерії в дітей раннього віку становить 3–6 мм, у дорослих – 9–14 мм; діаметр підключичної артерії найбільш інтенсивно збільшується від моменту народження дитини до чотирьох років. До 10-річного віку середня мозкова артерія має найбільший діаметр.

У ранньому дитячому віці артерії кишечника приблизно однакового розміру. Різниця між діаметром магістральних артерій і діаметром їхніх гілок другого та третього порядку спочатку невелика, однак, у міру збільшення віку дитини, ця різниця також збільшується. Діаметр магістральних артерій росте швидше, ніж діаметр їхніх гілок. Упродовж перших п'яти років життя дитини діаметр ліктьової артерії збільшується інтенсивніше, ніж променевої; у подальшому діаметр променевої артерії переважає. Товщина стінок висхідної аорти зростає надто інтенсивно до 13 років, а товщина стінок загальної сонної артерії стабілізується після семи років. Інтенсивно зростає площа просвіту висхідної аорти – із 23 мм² у новонароджених до 107 мм² у 12-річних, що узгоджується зі збільшенням розмірів серця й серцевого викиду крові.

Довжина артерії зростає пропорційно росту тіла та кінцівок. Наприклад, довжина висхідної частини аорти до 50 років збільшується в чотири рази, при цьому довжина грудної частини наростає швидше, ніж черевної. Артерії, що постачають кров до мозку, найбільш інтенсивно розвиваються до 3–4-річного віку, за темпами випереджаючи інші судини. Найшвидше росте в довжину передня мозкова артерія. Із віком подовжуються також артерії, що постачають кров до

внутрішніх органів, та артерії верхніх і нижніх кінцівок. Так, у новонароджених дітей грудного віку нижня брижова артерія має довжину 5–6 см, а в дорослих – 16–17 см.

Рівні галуження гілок від магістральних артерій у новонароджених і дітей, як правило, розташовуються проксимальніше, а кути, під якими відходять ці судини, у дітей більші, ніж у дорослих. Змінюється також радіус кривизни дуг, що утворюються судинами: так, у новонароджених і дітей до 12 років дуга аорти має більший радіус кривизни, ніж у дорослих.

Пропорційно росту тіла та кінцівок і відповідно до збільшення довжини артерій відбувається часткова зміна топографії цих судин. Чим старша людина, тим нижче розташовується дуга аорти. У новонароджених дуга аорти вище рівня I грудного хребця, у 17–20 років – вона міститься на рівні II, у 25–30 – на рівні III, у 40–45 – на рівні IV грудного хребця, у людей похилого й старечого віку – на рівні міжхребцевого диска між IV і V грудними хребцями.

Із віком змінюється топографія артерій кінцівок. Наприклад, у новонародженого проекція ліктьової артерії відповідає передньомедіальному краю ліктьової кисті. Із віком ліктьова й променева артерії переміщуються відносно серединної лінії передпліччя в латеральному напрямку. У дітей старших 10 років ці артерії розташовуються та проектується так, як і в дорослих. Проекція стегнової й підколінної артерій у перші роки життя дитини також зміщується в латеральному напрямку від серединної лінії стегна. При цьому проекція стегнової артерії наближається до медіального краю стегнової кістки, а проекція підколінної артерії – до серединної лінії підколінної ямки. Спостерігається зміна топографії долонних артеріальних дуг. Поверхнева долонна дуга в новонароджених і дітей молодшого віку розташовується проксимальніше середини II-ї і III-ї п'ясткових кісток, у дорослих вона проектується на рівні середини III-ї п'ясткової кістки.

У міру збільшення віку відбувається зміна типу галуження артерій. У новонароджених тип галуження коронарних артерій

дифузний, до 6–10 років формується магістральний тип, який зберігається все життя людини.

Формування, ріст, тканинне диференціювання судин внутрішньоорганного кровоносного русла (дрібних артерій і вен) у різних органах людини відбуваються в онтогенезі нерівномірно. Стінки артеріального відділу внутрішньоорганних судин, на відміну від венозного, до моменту народження мають три оболонки – зовнішню, середню й внутрішню. Після народження збільшуються довжина внутрішньоорганних судин, їх діаметр, кількість міжсудинних анастомозів, кількість судин на одиницю об'єму органа. Найбільш інтенсивно протікає цей процес на першому році життя й у період від восьми до 12 років.

Кровоносні судини до моменту народження мають механізми регуляції кровотоку, одним із яких є прекапілярні сфінктери – скупчення гладеньких м'язових клітин у галуженні капілярів. Вікові зміни мікроциркуляторного русла в людини в різних органах і тканинах відбуваються залежно від часу становлення структур цих органів.

Вени великого кола кровообігу. Із віком збільшується діаметр вен, площа їх поперечного розрізу й довжина. Так, наприклад, верхня порожниста вена у зв'язку з високим положенням серця в дітей коротка. В однорічному віці, у дітей 8–12 років та в підлітків довжина й площа поперечного перерізу верхньої порожнистої вени збільшуються. У людей зрілого віку ці показники майже не змінюються, а в похилому та старечому віці у зв'язку зі старечими змінами структури стінок цієї вени спостерігається збільшення її діаметра. Нижня порожниста вена в новонародженого коротка й відносно широка (діаметр – близько 6 мм). До кінця першого року життя її діаметр збільшується незначно, а потім – швидше, ніж діаметр верхньої порожнистої вени. У дорослих людей діаметр нижньої порожнистої вени (на рівні впадання ниркових вен) дорівнює приблизно 25–28 мм. Одночасно зі збільшенням довжини порожнистих вен змінюється місце розташування вен, що до них підходять. Формування нижньої порожнистої вени в

новонароджених відбувається на рівні III–IV поперекових хребців. Потім рівень, на якому формується ця вена, поступово опускається й до періоду статевого дозрівання (13–16 років) досягає IV–V поперекових хребців. Кут формування нижньої порожнистої вени в новонароджених становить у середньому 63° (від 45 до 75°), у дорослих – близько 93° (від 70 до 110°).

Довжина черевного відділу нижньої порожнистої вени в дітей на першому році життя зростає від 76 до 100 мм, у той час, як її внутрішньоперикардіальний відділ практично не змінюється ($3,6$ – $4,1$ мм). Судини нижньої порожнистої вени мають стінки більшої товщини, порівняно з галузнями верхньої порожнистої вени. У них добре виражені еластичні мембрани, що чітко розділяють оболонки. У середній оболонці наявні добре виражені шари міозитів, що мають циркулярне та повздожне розташування.

Ворітна вена в новонароджених підпадає під значну анатомічну мінливість, що проявляється в непостійності джерел її формування, кількості притоків та місць їх упадання, відносин з іншими елементами печінково-дванадцятипалої зв'язки. Початковий відділ вени лежить на рівні нижнього краю XII грудного хребця або першого й навіть другого поперекових хребців, позаду головки підшлункової залози. Ворітна вена в новонароджених формується переважно із двох стовбурів – верхньої брижової та селезінкової вен. Місце впадіння нижньої брижової вени непостійне, частіше вона вливається в селезінкову, рідше – у верхню брижову вену.

Довжина ворітної вени в новонароджених коливається від 16 до 44 мм, верхньої брижової – від 4 до 12 мм, а селезінкової – від 3 до 15 мм. Просвіт ворітної вени в новонароджених становить близько $3,5$ мм. У період від одного до трьох років величина просвіту подвоюється, від чотирьох до семи років – потроюється, у віці 8 – 12 років – збільшується в чотири рази, у підлітковому – у п'ять разів, порівняно з таким у новонароджених.

Після народження змінюється топографія поверхневих вен тіла й кінцівок. Так, у новонароджених наявні густі підшкірні

венозні сплетіння, на їх фоні крупні вени не мають контурів. До 1–2-річного віку зі сплетінь чітко виділяються крупні велика й мала підшкірні вени ноги, а на верхній кінцівці – латеральна та медіальна підшкірні вени руки. Швидко збільшується діаметр поверхневих вен ноги від моменту народження до двох років: діаметр великої підшкірної вени – майже у два рази, діаметр малої підшкірної вени – у 2,5 рази.

Морфологічні зміни серцево-судинної системи на ранніх етапах онтогенезу. У новонароджених передсердя, порівняно зі шлуночками, має більший об'єм, ніж у дорослих. Правий і лівий шлуночки приблизно рівні між собою. Із віком здійснюється наростання маси серця (особливо інтенсивно – в перші два роки життя, а також у періоди 12–14 та 17–20 років). Із 20–30-го дня після народження починається домінування (за масою) лівого шлуночка над правим. До двох років життя продовжується диференціювання скоротливих волокон міокарда, його провідної системи й судин. Упродовж перших 15 років життя відбувається серія поворотів і переміщень серця всередині грудної клітки. Зокрема, у грудному віці починається поворот серця справа наліво навколо вертикальної осі. У процесі онтогенезу міняються розміри й будова кровоносних судин, проте темп росту магістральних судин, повільніший, ніж у серця. Кровоносні судини новонароджених тонкостінні, у них недостатньо розвинені м'язові та еластичні волокна; відношення просвіту вен та артерій – приблизно 1:1. Вени ростуть швидше за артерії, тому до 16 років це співвідношення стає рівним 2:1. Зі зростанням судин відбувається розвиток у них м'язової оболонки та сполучнотканинних елементів. У судинах малого кола кровообігу, навпаки, м'язова оболонка тоншає, а їх просвіт зростає.

Частота серцевих скорочень (ЧСС) у новонародженого становить 140 уд. / хв; пульс аритмічний. Із віком ЧСС зменшується, особливо швидко в перший рік життя. У місячної дитини ЧСС становить 136 уд. / хв, в один рік – 120–125, у три роки – 105–110, у п'ять – 95–100, у сім – 85–90, у 10 – 80–85, у 12 – 75–80, у 14–17 років – 70–80, у дорослих – 60–80 уд. / хв. Зниження ЧСС обумовлене зростанням холі-

нергічних впливів на серце. Підвищена рухова активність, зокрема спортивні тренування аеробної спрямованості, сприяють швидшому віковому зниженню ЧСС. Максимальне підвищення ЧСС у відповідь на фізичне навантаження залежить від віку й складає $(220-N)$ уд. / хв, де N – число років.

Систолічний та хвилинний об'єм кровотоку (СОК і ХОК). Упродовж раннього онтогенезу відносна величина СОК не змінюється й становить приблизно 1 мл/кг маси тіла. Абсолютна величина СОК зростає паралельно масі тіла: у новонароджених – 2,5–3,5 мл; в один рік – 10–11 мл; у три – 13–17 мл; у п'ять – 16–20 мл; у сім – 20–25 мл; у 10 – 28–36 мл; у 14 – 43–60 мл; у 17 років – 50–60 мл, у дорослих – 60–70 мл. Відносна величина ХОК у процесі раннього онтогенезу знижується з 140 мл / хв на кг маси тіла в новонародженого до 70 мл / хв на кг маси тіла в дорослого. Абсолютна величина ХОК (мл / хв) зростає: у новонародженого – до 490, в один рік – 1250, у три роки – 1700, у п'ять – 2300, у сім – 2500, у 10 – 3200, у 14–17 років – 3800–4300, а в дорослого – 4200–5000.

Із віком підвищується потенційна можливість серця. Так, у 7–8-річних хлопчиків при фізичних навантаженнях СОК зростає до 70 мл, ХОК – до 13–16 л / хв, у 14–15-літніх дітей – до 100–120 мл і 20–24 л / хв, тоді як у дорослих – до 110–130 мл і 30–35 л / хв, відповідно.

Показники артеріального тиску (АТ) із віком збільшуються. Систолічний тиск (СТ, мм рт. ст.) у новонароджених досягає 60–66, в один рік – 95, у три роки – 102, у п'ять – 103, у сім – 104, у 10 – 106, у 14–17 років – 110, у дорослих – 120 мм рт. ст. Орієнтовна формула величини СТ для дітей після року: $СТ = 100 + 0,5 \times n$, де n – кількість років. Діастолічний тиск (ДТ, мм рт. ст.) у новонароджених досягає 36–40 мм рт. ст., з одного року до 10 – 60, у 14–17 – 70 і в дорослих – 80 мм. Пульсовий тиск (мм рт. ст.) у новонароджених досягає 24–36, у подальші періоди, зокрема в дорослих, – 40–46 мм рт. ст.

У дівчаток усі показники АТ нижчі, ніж у хлопчиків, у середньому на 5 мм рт. ст. У дітей і підлітків сума ЧСС (уд. / хв) і величини СТ (мм рт. ст.) залишається постійною, рівною 200. При фізичному навантаженні в дорослих звичайно СТ зростає, а ДТ – знижується; у дітей переважно відбувається незначне підвищення СТ.

Для дітей характерна непостійність показників АТ, їх залежність показників від емоційного стану дитини, розумової й фізичної втоми (при цьому спостерігається виражене зростання величини АТ). У період статевого дозрівання, коли розвиток серця відбувається інтенсивніше, ніж судин, може спостерігатися так звана юнацька гіпертонія, тобто підвищення СТ до 130–140 мм рт. ст.

Величина центрального венозного тиску в дитини перших років життя досягає 105 мм вод. ст., у підлітків – 86 мм вод. ст. Величина венозного тиску має широкі індивідуальні варіації.

Загалом, рух крові по судинах у дітей раннього віку має такі особливості: а) відносно малий систолічний об'єм крові; б) артеріальний тис низький; в) велика швидкість течії крові, що зумовлено малим опором периферійних судин; г) стінки судин мають малу проникність, високу розтяжність і малу кількість м'язових волокон; г) велика частина тиску витрачається під час проходження по капілярах.

Усі ці умови призводять до зменшення часу кровообігу в дітей. У новонароджених кров здійснює повний кругообіг за 12 с, у три роки – 15 с, у 14 – 18,5 с, у дорослих – 22 с.

У розвитку серця «складним» є підлітковий період, коли відбувається посилений ріст тіла та нейрогуморальна перебудова організму, темп приросту маси й об'єму серця збільшується. У хлопців систолічний об'єм більший, ніж у дівчаток. Прискорений ріст у цьому віці може супроводжуватися нерівномірним ростом органів і тканин, у тому числі серця й судин. Ємність порожнин серця збільшується швидше, ніж просвіт клапанних отворів та магістральних судин.

У гармонійно розвинутих підлітків середнього зросту з добре розвинутою грудною кліткою визначаються найкращі

співвідношення між розмірами тіла, серця та магістральних судин. Розрізняють три варіанти «підліткового» серця:

1. Митральна форма (найчастіше трапляється в дівчат) спостерігається при вирівнюванні лівого контуру серцевої тіні, що можливо визначити під час рентгенологічного обстеження. Порушення геодинаміки відсутні.

2. «Мале» серце (частіше трапляється в дівчат) – займає в грудній порожнині середнє положення й наче висить на судинах. Спостерігається в дітей, у яких відбувається великий стрибок у рості. Для такого типу серця характерні низький систолічний об'єм, схильність до тахікардії, зниження артеріального тиску, вислуховування функціонального систолічного шуму. Підлітки з «малим» серцем швидко втомлюються. Під час фізичного навантаження в них з'являється задишка, можуть виникати запаморочення.

3. «Гіпертрофоване» серце (частіше виявляють у хлопців) характеризується збільшенням лівого шлуночка та хвилинного об'єму крові, зменшенням ЧСС, підвищенням артеріального тиску, вислуховуванням систолічного шуму.

Вікові особливості регуляції кровообігу. У новонароджених систолічний об'єм може збільшуватися під час крику й рухів одночасно зі збільшенням ЧСС. Збудження парасимпатичних нервових волокон гальмує діяльність серця новонароджених. У новонароджених виражений окосерцевий рефлекс, тобто зниження ЧСС при натисканні на очні яблука. Водночас адренергічна реакція серця не виражена, наприклад, блокада адренорецепторів не змінює роботу серця. Центри парасимпатичної системи можуть гальмувати роботу серця, проте з меншою силою, ніж у дорослих. У цілому серце новонародженого слабо реагує на потоки імпульсів від рефлексогенних зон. Із віком росте ступінь впливу на серце холінергічного й адренергічного механізмів, а також кори великих півкуль, особливо в дітей із підвищеною руховою активністю. Дихальна аритмія вперше з'являється в один рік (17 % дітей); у 3–7 років вона спостерігається в 39 %, а в 15–

17 років – у 100 % випадках. Розвиток іннерваційного апарату серця завершується до семи років.

У новонароджених дітей судини мають симпатичну іннервацію, ступінь впливу якої на тонус судинних гладеньких м'язів зростає. Під впливом тепла, плачу, активних рухів, годуванні ЧСС збільшується, відбувається рефлекторне збудження симпатичної нервової системи. Іннервація серця здійснюється завдяки поверхневим і глибоким сплетінням, які утворюють волокна блукаючого нерва й шийних симпатичних вузлів. Гілки блукаючого нерва закінчують свій розвиток і мієлінізацію в 3–4 роки. До цього віку серцева діяльність регулюється симпатичними нервовими волокнами, тому в дітей переважно буває фізіологічна тахікардія. Під впливом блукаючого нерва після двох років зменшується серцевий ритм і може з'явитися синусова (дихальна) аритмія. Такі функції, як автоматизм, збудливість, провідність, скоротливість, тонічність здійснюються в дітей так само, як у дорослих.

Становлення центрів регуляції судинного тону пов'язане з розвитком локомоцій. До першого року починають формуватися перерозподільні механізми, наприклад, посилення кровотоку в скелетних м'язах при ходьбі. У підлітковому віці порушується адекватна регуляція судинного тону, у зв'язку з чим нерідкі явища юнацької гіпертонії або юнацької гіпотонії, порушення периферичного кровотоку (поява акроціанозу, синюшності шкірних покривів).

Умовні серцеві та судинні рефлекси переважно починають добре виявлятися в 7–8 років (наприклад, у цей період спостерігається передстартова реакція системи кровообігу).

Заняття спортом у школярів супроводжується збільшенням тону блукаючого нерва, зменшенням ЧСС у стані спокою. Під час рухів тонус центрів парасимпатичної системи знижується й підвищується тонус симпатичної системи. У віці 15–17 років знову посилюється дихальна аритмія, яка виражається в збільшенні ЧСС на вдихові та зменшенні – на видихові. Високий тонус блукаючого нерва в підлітків може

супроводжуватися брадикардією. У підлітків зі зниженим тонусом блукаючого нерва збільшується ЧСС.

У старості послаблюються впливи на серце окремих структур мозку, симпатичної нервової системи, блукаючого нерва. Порушується енергетика, ритм міокарда.

Вікові особливості реакції системи кровообігу на фізичне навантаження. У відповідь на динамічне навантаження, наприклад під час гри, діти відповідають збільшенням частоти серцевих скорочень і систолічним тиском. Із віком ЧСС сповільнюється, проте чітко підвищується СТ, що викликає підвищення СОК. У тренуваних дітей характер реакції у відповідь стає таким самим, як у дорослих, тобто відповідь стає економнішою; у них також вища швидкість відновлення ЧСС і АТ після навантаження, ніж у нетренованих однолітків. У відповідь на статичне фізичне навантаження діти, особливо школярі, відповідають значним підвищенням СТ і ДТ, що зумовлене генералізованим спазмом периферичних судин; така реакція може зберігатися впродовж п'яти годин. Це вказує на небажаність тривалих статичних навантажень для дітей, оскільки вони можуть призводити до розвитку в них гіпертонічного стану.

Вікові особливості електрокардіограми (ЕКГ). У новонароджених дітей через недорозвиток лівого шлуночка на ЕКГ є ознаки правограми. Крім того, у них висока амплітуда зубця *P* (за рахунок відносно великого передсердя) і зубця *T*. У грудних дітей електрична вісь серця зміщується вліво. У середньому ЕКГ набирає вигляду дорослої людини в 13–15 років.

У старості відбуваються розширення й деформація зубця *P*, що свідчить про порушення розповсюдження збудження в передсерді, зростає тривалість інтервалів *PQ*, *QRS*, *QRST*, а також значно знижується амплітуда зубця *T*, що вказує на зменшення процесів реполяризації. Електрична вісь відхиляється вліво, тобто є переважання лівого шлуночка, збільшується електрична систола серця, затримується передсердно-шлуночкова провідність.

У дітей за рахунок меншої звукоізоляційної здатності тканин яскравіша аускультативна картина. Тому в них частіше прослуховується ІІІ тон, акцентуація та розщеплювання ІІ тону на легеневій артерії й багатша гамма шумів серця.

Швидкість розповсюдження пульсової хвилі (ШРПХ). У дітей грудного віку ШРПХ по судинах еластичного типу (по аорті) і по судинах м'язового типу (по стегновій артерії) відносно однакові та складають 4–5 м / с. Із віком унаслідок збільшення в судинах еластичних елементів (а отже зі зростанням пружності стінок судин) ШРПХ підвищується, особливо по судинах м'язового типу; у дорослих вона досягає 6–10 м / с (стегнова артерія) і 5–8 м / с (аорта). У міру старіння організму жорсткість судинної стінки зростає, у зв'язку з чим збільшується й ШРПХ. Тому цей показник використовується як один із показників біологічного віку людини.

Геронтологічні зміни. Із віком знижується потреба організму в кисні, але одночасно зменшується й максимальне споживання кисню, тобто резервні можливості організму. Зменшується хвилинний об'єм крові, зокрема при виконанні аеробного навантаження, що відбувається за рахунок зниження об'єму систоли та сповільнення частоти серцевих скорочень. У середньому за кожен рік ХОК зменшується на 1%, проте в старих людей на відносно високому рівні зберігаються мозкова й коронарна фракції серцевого викиду, тоді як ниркова та печінкова – значно знижуються.

Із віком змінюється фазова структура серцевого циклу – збільшується тривалість систоли (переважно за рахунок періоду напруги), а також період ізометричного розслаблення. Зменшується частота серцевих скорочень, що зумовлено зниженням ступеня автоматії та екстракардіальних впливів симпатичної системи. Основними морфологічними ознаками старечого серця є прогресуючий склероз міокарда, осередкова атрофія (із явищами білково-ліпоїдної дистрофії) або ж гіпертрофія міокардіоцитів, викликані гіпоксією внаслідок відкладення жирів у коронарних артеріях. При старінні знижується інтенсивність тканинного дихання міокарда,

зменшується число мітохондрій, знижується рівень АТФ, знижуються активність калій-натрієвої помпи, зменшується величина мембранного потенціалу, погіршується проведення збудження по міокарду. Усе це призводить до зниження скоротливості міокардіоцитів і, зрештою, до розвитку функціональної недостатності міокарда. Зниження скоротливої здатності міокарда особливо виразно виявляється в літніх людей при фізичних навантаженнях.

Із віком відбуваються істотні морфологічні «атеросклерозні» зміни у всіх кровоносних судинах, викликані відкладенням ліпідів в ендотелії та в гладких м'язах судин. Відкладення ліпідів викликає кальцифікацію й фіброз, що підвищує ригідність і жорсткість судинної стінки. Нераціональне харчування та малорухливий спосіб життя прискорюють розвиток атеросклерозного процесу. Разом із відкладенням жиру відбувається атрофія гладких м'язів судин. Із віком у капілярах, пре- й посткапілярах розвивається явище фіброзу та гіалінового виродження, що може призвести до повної облітерації їх просвіту. Тому, знижується число активних капілярів (із розрахунку на одиницю площі), в органах виявляються зони, позбавлені капілярних петель. Зниження капіляризації має місце у всіх органах, включаючи головний мозок, скелетні м'язи, міокард і печінку. При старінні знижується проникність капілярів та інтенсивність транскапілярного обміну, розвивається гіпоксія органів і підвищення системного артеріального тиску. У старечому віці переважно підвищується систолічний тиск: до 60 років зростає до 140 мм рт. ст., після 60 – до 150 мм рт. ст. Тиск діастоли змінюється менше – навіть у довгожителів у нормі не перевищує 90 мм рт. ст. Зниження систолічного та хвилинного об'ємів серця перешкоджає надмірному підвищенню артеріального тиску. Венозний тиск, навпаки, із віком зменшується, що обумовлено розширенням венозного русла (еластичні волокна руйнуються) і зниженням тонузу гладких м'язів вен. Одночасно у венах розвиваються склеротичні зміни, які сприяють венозному тромбозу, викликаючи оклюзію венозного кровотоку.

При старінні знижуються можливості механізмів регуляції діяльності серцево-судинної системи. Зокрема, слабшають рефлекси з барорецепторів каротидного синуса й дуги аорти – це призводить до появи затяжних реакцій артеріального тиску, до розвитку хронічної гіпертензії. Водночас росте чутливість хеморецепторів судин до гіпоксії, знижується ступінь впливу симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи на міокард унаслідок деструкції закінчень, зниження синтезу медіатора й інших причин.

Судинні рефлекси в літніх людей часто мають парадоксальний характер: наприклад, може спостерігатися звуження судин на дію теплового подразнення, а не розширення, як у молодих людей. При фізичному навантаженні (наприклад 20 присідань за 30 с) у літніх людей простежується, як правило, гіпертонічний тип реакції, а відновлення показників ЧСС і АТ проходить у сповільненому темпі.

Вікові особливості органів дихання. Дихання є комплексом фізіологічних процесів, які відбуваються в організмі й забезпечують споживання кисню та видалення вуглекислого газу. Ніс, глотка, гортань, трахея, бронхи забезпечують шлях, яким повітря надходить до організму. У структурних одиницях легень (ацинусах) відбувається обмін газів, а циркуляторна система розподіляє кисень до тканин та органів.

Порожнина носа в новонародженого низька (висота її – близько 17,5 мм) і вузька. Носові раковини відносно товсті, носові ходи розвинені слабо. Нижня носова раковина торкається дна порожнини носа. Загальний носовий хід залишається вільним, хоани низькі. До шести місяців життя висота порожнини носа збільшується до 22 мм і формується середній носовий хід, до двох років формується нижній, після двох років – верхній носовий хід. До 10-річного віку порожнина носа збільшується в довжину в 1,5 раза, а до 20 років – у два рази, порівняно з новонародженим. Із навколоносових пазух у новонародженого є лише верхньощелепна, вона розвинена слабо. Інші пазухи починають формуватися після народження. Лобова пазуха з'являється на другому році життя,

клиноподібна – до трьох років, комірковий лабіринт решітчастої кістки – до 3–6 років. До 8–9 років верхньощелепна пазуха займає майже все тіло кістки. Лобова пазуха до п'яти років набуває розмірів горошини. Величина клиноподібної пазухи в дитини 6–8 років досягає 2–3 мм. Пазухи решітчастої кістки в 7-річному віці щільно прилягають одна до одної; до 14 років за будовою вони подібні на решітчасті лабіринти дорослої людини.

Гортань у новонародженого коротка, широка, лійкоподібна, розташовується вище, ніж у дорослої людини (на рівні II–IV хребців). Пластинки щитоподібного хряща розміщуються під тупим кутом одна до одної. Виступ гортані відсутній. Унаслідок високого розташування гортані в новонародженого і дітей грудного віку надгортанник розміщений дещо вище язика кореня, тому при ковтанні харчова грудка (рідина) обходить надгортанник по боках від нього. У результаті дитина може дихати й ковтати (пити) одночасно, що має важливе значення при акті смоктання.

Вхід у гортань новонародженого ширший, ніж у дорослої людини. Присінок короткий, тому голосова щілина, що має довжину 6,5 мм (у три рази коротша, ніж у дорослого), міститься високо. Голосова щілина помітно збільшується в перші три роки життя дитини, а потім – у період статевого дозрівання. М'язи гортані в новонародженого та в дитячому віці розвинені слабо. Швидкий темп росту гортані спостерігається протягом перших чотирьох років життя дитини, далі, починаючи від періоду статевого дозрівання (після 10–12 років), – до 25 років у чоловіків і до 22–23 років – у жінок. У процесі росту гортані в дитячому віці вона поступово опускається, відстань між її верхнім краєм і під'язиковою кісткою збільшується. До семи років нижній край гортані розміщений на рівні верхнього краю VI шийного хребця. Топографія гортані, характерна для дорослої людини, устанавлюється після 17–20 років.

Статеві відмінності гортані в ранньому віці не спостерігаються. Із віком ріст гортані в хлопчиків відбувається дещо

швидше, ніж у дівчаток. Після 6–7 років гортань у хлопчиків крупніша, ніж у дівчаток того ж віку. У 10–12 років у хлопчиків стає помітним виступ гортані.

Хрящі гортані, що тонкі в новонародженого, із віком стають більш товстими, проте зберігають свою гнучкість. У похилому й старечому віці в хрящах гортані, крім надгортанника, відкладаються солі кальцію. Хрящі костеніють, стають крихкими та ламкими.

Трахея й бронхи в новонародженого короткі. Довжина трахеї складає 3,2–4,5 см, ширина просвіту в середній частині – близько 0,8 см. Перетинчаста стінка трахеї відносно широка, хрящі трахеї розвинені слабо, тонкі, м'які. У похилому й старечому віці (після 60–70 років) хрящі трахеї стають щільними, крихкими, при стисненні легко ламаються.

Після народження трахея швидко росте протягом перших шести місяців, потім її ріст сповільнюється, знову прискорюючись у період статевого дозрівання та в юнацькому віці (12–22 роки). До 3–4 років життя дитини ширина просвіту трахеї збільшується у два рази. Трахея в дитини 10–12 років удвічі довша, ніж у новонародженого, а до 20–25 років довжина її потроюється.

Слизова оболонка стінки трахеї в новонародженого тонка, ніжна; залози розвинені слабо. У дитини 1–2-х років верхній край трахеї розташовується на рівні IV–V шийних хребців, у 5–6 років – попереду від V–VI хребців, а в підлітковому віці – на рівні V шийного хребця. Біфуркація трахеї до семи років життя дитини розміщена попереду від IV–V грудних хребців, а після семи років поступово встановлюється на рівні V грудного хребця, як у дорослої людини.

Легені новонародженого неправильної конусоподібної форми. Верхні частки відносно невеликих розмірів, середня частка правої легені за розмірами рівна верхній, а нижня – порівняно більша. Маса обох легень у новонародженого складає 57 г (від 39 до 70 г), або 1/50 маси тіла, об'єм – 67 см³. Щільність легені в дитини, яка не дихала, становить 1,068 (легені мертвнонародженої дитини, котра не дихала, тонуть у

воді), у дитини, яка дихала, – 0,490. Бронхіальне дерево до моменту народження здебільшого сформоване. На першому році життя спостерігається його інтенсивний ріст (розміри часткових бронхів збільшуються у два рази, а головних – у 1,5 раза). У період статевого дозрівання ріст бронхіального дерева знову посилюється. Розміри всіх його частин (бронхів) до 20 років збільшуються в 3,5–4 рази (порівняно з бронхіальним деревом новонародженого). У людей 40–45 років бронхіальне дерево має найбільші розміри. Вікова інволюція починається після 50 років. У похилому й старечому віці довжина та діаметри просвітів багатьох сегментарних бронхів дещо зменшуються, інколи з'являються горохоподібні вип'ячування їхніх стінок.

Легеневі *ацинуси* в новонародженого мають невелику кількість дрібних легеневих альвеол. Упродовж другого року життя дитини та пізніше ацинус росте за рахунок появи нових альвеолярних ходів й утворення нових легеневих альвеол у стінках уже наявних альвеолярних ходів. Утворення нових розгалужень альвеолярних ходів закінчується до 7–9 років, легеневих альвеол – до 12–15 років. До цього часу розміри альвеол збільшуються удвоє. Формування легеневої паренхіми завершується до 15–25 років. У період від 25 до 40 років будова легеневих ацинусів практично не змінюється. Після 40 років починається поступове старіння легеневої тканини. Легеневі альвеоли стають крупнішими, частина міжальвеолярних перетинок зникає. У процесі росту й розвитку легень після народження їх об'єм збільшується: протягом першого року – у чотири рази, до восьми років – у вісім разів, до 12 років – у 10, до 20 років – у 20 разів (порівняно з об'ємом легень новонародженого).

Межі легень із віком також змінюються. Верхівка легені новонародженого розміщена на рівні першого ребра. У подальшому вона виступає над першим ребром і до 20–25 років розташовується вище першого ребра (на 2 см вище ключиці). Нижня межа правої та лівої легень у новонародженого проходить на одне ребро вище, ніж у дорослої людини. У міру

збільшення віку дитини ця межа поступово опускається. У похилому віці (після 60 років) нижні межі легень розташовуються на 1–2 см нижче, ніж у 30–40-річному віці.

Особливості системи зовнішнього дихання в плода. Дихання плода реалізується плацентою. Проте вже з 11 тижня спостерігаються скорочення діафрагми й міжреберних м'язів. Ці рухи сприяють розвитку легенів плода, активують його кровообіг, а також формують групу нейронів, що забезпечують регуляцію дихання. Гіпоксія, гіперкапнія та ацидоз збільшують частоту дихальних рухів плода. Його дихальні рухи вимірюють за допомогою ультразвуку й дають змогу діагностувати функціональний стан плода.

Механізм першого вдиху новонародженого. Легені до народження заповнені рідиною, об'єм якої в середньому становить 100 мл. Перший вдих звичайно настає через 15–70 с після народження. Механізм гуморальної стимуляції дихання в новонароджених складний. Він зумовлений розвитком гіпоксії (у процесі пологів та особливо після перев'язки пуповини, припинення трансплацентарного кровообігу та відшарування плаценти), що призводить до подразнення дихального центру плода. Різке збільшення потоку імпульсів від рецепторів шкіри (холодових та тактильних), пропріорецепторів, вестибулорецепторів під час пологів і відразу після народження дитини стимулюють ретикулярну формацію стовбура мозку, яка підвищує збудливість нейронів дихального центру. Відразу після пологів верхні дихальні шляхи очищують від слизу й рідини (усуненням рефлексу «нирця»), що знімає гальмівний ефект на дихальний центр.

Перший вдих новонародженого характеризується сильним інспіраторним збудженням м'язів вдиху, насамперед діафрагми. У 85 % випадків перший вдих глибший і триваліший (0,1–0,4 с при об'ємі повітря 20–80 мл), ніж наступні. Особливістю першого циклу є велика тривалість видиху (3,8 с), об'єм видихуваного повітря – 24 мл. Видих відбувається на тлі звуженої голосової щілини й супроводжується криком. Різниця об'єму повітря під час вдиху та видиху формує

функціональну залишкову ємкість (ФЗЄ) легень. Після першого вдиху в легенях дитини залишається від 4 до 50 мл повітря, протягом перших 10–20 хв ФЗЄ легень досягає 75 мл. Аерація легень закінчується на четвертий день після народження (ФЗЄ досягає 100 мл). Після першого вдиху змінюється газовий уміст і рН артеріальної крові. Ці показники стабілізуються на першому тижні життя.

Морфологічні особливості системи зовнішнього дихання. У новонароджених дітей ребра розташовані майже під прямим кутом до хребта, тому реброве дихання, яке переважно виникає при крику, у них малоефективне, на відміну від діафрагмального (спокійне дихання в новонародженого). Діафрагмальний тип дихання зберігається до другої половини першого року життя. У міру розвитку міжреберних м'язів і росту дитини грудна клітка опускається вниз та ребра набувають косого положення – дихання тепер стає грудочеревним із перевагою діафрагмального, причому у верхньому відділі грудної клітки рухомість усе ще невелика. У віці від трьох до семи років у зв'язку із розвитком плечового пояса провідним стає грудний тип дихання. У 7–8 років визначено статеві відмінності: в хлопчиків переважає черевний тип дихання, у дівчаток – грудний. Закінчується статеве диференціювання дихання до 14–27 років. Треба зауважити, що тип дихання в юнаків і дівчат може змінюватися залежно від занять спортом, трудовою діяльністю.

Малі розміри тіла новонародженого визначають особливості зовнішнього дихання. Мала ФЗЄ легень (100 мл) потребує високої частоти дихання й невеликого дихального об'єму. Частота дихання в новонародженого – 40–60 за 1 хв, дихальний об'єм – у середньому 17 мл (від 10 до 25 мл). Зі збільшенням маси тіла ХОД знижується. Життєва ємкість легень (ЖЄЛ) у новонародженого визначається за об'ємом повітря (120–150 мл), який видихається під час крику.

Для новонароджених характерні низька розтяжність тканини легенів і висока піддатливість стінок грудної порожнини. Усе це породжує низьку величину еластичної тяги легенів при видиху й пояснює нижчу величину негативного тиску в плев-

ральній порожнині, ніж у дорослих (0,2–0,9 проти 2,0 см вод. ст.), але вищу – при вдиху (5,0 проти 2–3 см вод. ст.).

Транспорт газів кров'ю в новонародженого характеризується меншою насиченістю гемоглобіну киснем, але більшою кисневою ємкістю крові (210–260 мл кисню в 1 л крові) через високий уміст гемоглобіну в крові, більшою потребою кисню на одиницю маси, зниженням рН крові. Після народження дитини посилюється метаболічний ацидоз із поступовою компенсацією стану новонародженого. Кожен віковий період характеризується своїми показниками дихання.

У дітей альвеолярне повітря менше відрізняється від атмосферного, ніж у дорослих. Парціальний тиск кисню в альвеолярному повітрі (PAO_2) у них вищий, а парціальний тиск вуглекислого газу ($PACO_2$) нижчий. Із віком PAO_2 знижується, а $PACO_2$ підвищується. Тиск O_2 в артеріальній крові в дітей (108 мм рт. ст.) вищий, ніж у дорослих (100 мм рт. ст.). Тиск CO_2 у дітей нижчий, ніж у дорослих.

У процесі раннього онтогенезу в системі зовнішнього дихання відбуваються анатомічні, біофізичні та фізіологічні зміни, змінюється структура дихального центру. Збільшується дихальна поверхня легень, знижується частота дихання, збільшуються дихальний об'єм, життєва ємність легень та її складові компоненти, хвилинний об'єм дихання, споживання кисню, а також показники, що характеризують резервні можливості зовнішнього дихання (максимальна вентиляція легень, максимальне споживання кисню). Провідним чинником усіх цих змін є зміна споживання кисню в умовах спокою й при фізичних навантаженнях.

Споживання кисню в умовах спокою та при фізичному навантаженні воно залежить від інтенсивності обмінних процесів, а також від потужності й тривалості виконуваної зовнішньої роботи. Відомо, що в один рік дитина споживає щохвилини до 8 мл O_2 з розрахунку на кг маси тіла, або 80 мл O_2 за хвилину, у п'ять років – 9 мл O_2 на кг маси, або 180 мл O_2 у хвилину, у сім – 8 мл / кг / хв, або 200 мл / хв O_2 , у 10 – 6 мл / кг / хв, або 180–210 мл / хв, у 14–17 років –

5 мл / кг / хв, або 250–300 мл / хв, а дорослі – 4,5 мл / кг / хв, або 315 мл / хв.

Таким чином, із розрахунку на кг маси тіла з віком потреба в кисні знижується, а в цілому вона зростає (із 80 мл / хв до 250–350 мл / хв). Таке підвищення забезпечується збільшенням хвилинного об'єму дихання, яке відбувається за рахунок підвищення дихального об'єму. При виконанні роботи аеробної спрямованості потреба в кисні зростає еквівалентно зростанню потужності роботи. Тому максимальне споживання кисню (МСК) відображає резервні можливості системи, що транспортують кисень, зокрема, системи зовнішнього дихання. Із розрахунку на кг маси тіла МСК із віком не змінюється й наявне в нетренованих людей на рівні 40–50 мл / хв; абсолютні значення МСК у сім років складають 1,0, у 10 – 1,4 л / хв, у 14 – 2,4 л / хв, а в дорослих – 2,8 л / хв. Для задоволення такої потреби максимальна вентиляція легенів (МВЛ) повинна бути рівною, відповідно, 40 л, 48 л, 70 л і 150 л повітря за 1 хв.

Життєву ємність легень (ЖЄЛ) удається заміряти з чотирьох років. У цьому віці вона складає 1100 мл, у п'ять років – 1200, у сім – 1200–1400, у 10 – 1400–1800, у 14–17 – 2500–2700 (дівчата), 2700–3900 (хлопці), у дорослих – 4000–5000 мл.

Потужність форсованого вдиху й видиху (показники пневмотахометрії). У сім років ці показники досягають, відповідно, 1,4 і 1,8 л / с, у 10 – 1,7 і 2,5 л / с, у 14 – 2,9 і 3,7 л / с.

Особливості регуляції дихання в дітей. У новонароджених дихальна періодика нерегулярна, серії частих дихань чергуються з більш рідкими; приблизно один раз на 1–2 хвилини виникають глибокі вдихи. Можливі раптові зупинки дихання, що пояснюється низькою чутливістю нейронів дихального центру до гіперкапнії. Проте в новонароджених є одне важливе пристосування – дуже висока стійкість до гіпоксії, – що дає їм змогу витримувати тривалі апное. Важливу роль у регуляції дихання новонароджених виконує рефлекс Герінга-Бретера: при грудному вигодовуванні частота дихання відповідає

частоті смоктальних рухів, тобто центр смоктання задає інспіраторним нейронам свій ритм збудження. Із віком удосконалюється діяльність дихального центру – розвиваються механізми, що забезпечують чітку зміну дихальних фаз і формується здатність до довільної регуляції дихання, що чітко проявляється в період становлення мови (2–4 міс.). До 11 років добре виражена пристосованість дихання до різних умов. Чутливість нейронів дихального центру до вмісту CO_2 з віком підвищується, досягаючи «орослого» стану до 7–8 років. У період статевого дозрівання відбуваються тимчасові порушення регуляції дихання: у підлітка організм менш стійкий до нестачі кисню, ніж у дорослого. Діти й підлітки менше, ніж дорослі, здатні затримувати дихання та працювати в умовах нестачі кисню. У дітей нижча здатність долати гіпоксичні та гіперкапнічні зрушення в крові, про що, зокрема, свідчать результати проби Штанге (затримка дихання на вдиху): у 5–6 років тривалість затримки дихання досягає 16 с, у сім років – 28 с, у 10 – 40–50 с, у 14–17 – 80–90 с.

Особливості зовнішнього дихання в юних спортсменів. Порівняно з однолітками, у юних спортсменів, зазвичай, вищі показники ЖЄЛ, МСК, МВЛ, потужність форсованого вдиху та видиху (тобто показники тахометрії), вища стійкість до гіпоксії та гіперкапнії (тобто показники функціональних дихальних проб, наприклад проби Штанге), понижена потреба в кисні в умовах спокою й при фізичному навантаженні, тобто в них робота здійснюється економніше.

Особливості транспорту O_2 і CO_2 . У новонароджених підвищений уміст гемоглобіну й високий рівень фетального гемоглобіну (HbF) – усе це підвищує здатність крові зв'язувати кисень, що спонукає підвищення адаптаційних можливостей організму.

Геронтологічні зміни. При старінні відбуваються морфологічні та функціональні зміни у всіх відділах дихальної системи, включаючи грудну клітку, повітреносні шляхи, легеневу паренхіму й судинну систему малого кола кровообігу.

У віці понад 60 років відзначаються дегенеративно-деструктивні зміни кістково-м'язового скелета грудної клітки, що погіршують вентиляцію легень: остеохондроз грудного відділу хребта, зменшення рухливості реброво-хрящових суглобів, переродження міжреберних та діафрагмальних м'язів. Це викликає викривлення (грудний кіфоз) і зниження рухливості грудної клітки, а також зниження сили дихальних м'язів. Грудна клітка набуває бочкоподібної форми з однаковими розмірами з боків і в передньо-задньому напрямку; зменшується її рухливість.

При старінні внаслідок атрофії епітелію й гладких м'язів бронхів порушується їхня дренажна функція, унаслідок чого в просвіті бронхів нерідко скупчується слиз, злущений епітелій, які призводять до звуження бронхів та підвищення нееластичного опору. Така ситуація сприяє розвитку застійних процесів у бронхах, атрофії бронхового епітелію, послабленню перистальтики бронхів, пригніченню рефлексу кашлю. Навіть у нормі вміст бронхів виділяється недостатньо.

У паренхімі легенів відбуваються дегенеративні зміни сполучної тканини: за рахунок дегідратації та утворення поперечних зв'язок між колагеновими волокнами легеневої тканини втрачається здатність до розтягування. Зменшується дифузійна здатність легень, яка викликається тим, що в артеріях малого кола розвивається фіброз; в ендотелії капілярів відкладаються жири, знижуючи їхню проникність; частина капілярів припиняє функціонувати.

У людей, котрі ведуть малорухливий спосіб життя, система дихання одна з перших знаходить інволюційні перебудови. Підвищення ригідності грудної клітки, зменшення сили дихальних м'язів та еластичності легенів, погіршення бронхіальної провідності й зниження дифузійної здатності легенів – усе це істотно знижує ефективність зовнішнього дихання, що особливо виразно виявляється при фізичному навантаженні.

При старінні змінюються й капіляри, у яких з'являється жироподібна зернистість, вони стають ламкими, порушується

проникність, зменшується кількість капілярів, які функціонують. Поряд зі зменшенням серцевого викиду ці зміни призводять до зменшення кровонаповнення легень. Із віком резерви дихання різко зменшуються, про що свідчить зниження максимальної вентиляції легень. Зменшується дихальний та резервний об'єми, життєва ємкість легень, проте з віком збільшується залишковий об'єм, що призводить до порушення газообміну.

Максимальна вентиляція легенів зменшується (зі швидкістю 0,6 % за рік), тому виникає задишка. При старінні газообмін підтримується й компенсується зростанням частоти дихання – до 22–24 разів за хвилину. Пристосувальні механізми з віком знижуються, відбувається порушення розподілу вдихуваного повітря через неоднаковий опір у бронхових шляхах, різний ступінь втрати еластичності елементів. Із роками насичення артеріальної крові киснем знижується, унаслідок чого розвивається артеріальна гіпоксемія.

У людей віком 40–70 років в артеріальній крові має місце гіпоксемія, часто трапляються такі захворювання, як гострий і хронічний бронхіт, пневмонія, рак легень.

Водночас, незважаючи на вказані вікові зміни, в умовах спокою газообмін у літніх і старших людей підтримується на достатньому рівні.

Вікові особливості системи травлення. Травна система складається з органів, які здійснюють механічну та хімічну переробку їжі, перетравлювання харчових продуктів на продукти живлення, усмоктування цих продуктів, а також виведення утворених шлаків.

Розрізняють такі відділи травного тракту: порожнина рота, стравохід, шлунок, дванадцятипала кишка та підшлункова залоза й печінка, що виділяють до неї свої секрети, а також тонка та товста кишки. Усі відділи відокремлені сфінктерами. Істотне значення має травлення в кожному попередньому відділі, що забезпечує послідовність процесів.

Травна система в людини починає розвиватися на третьому тижні внутрішнього життя. У цей час внутрішній

зародковий листок (ентодерма) згортається в трубку, що утворює *первинну кишку*, яка є замкненою з обох кінців і розташована попереду хорди. З ентодерми утворюються епітеліальний покрив органів травної системи та її залози, крім порожнини рота й анального каналу. Печінка та підшлункова залоза також розвиваються з первинної кишки (з ентодерми). Ротова порожнина і її органи, а також відхідниковий канал утворюються зануренням ектодерми зі сторони головного (*ротова ямка*) та хвостового (*відхідникова ямка*) кінця зародка. Спочатку обидві утворені ямки відокремлені від первинної кишки двошаровими перетинками: глотковою (проривається на четвертому тижні ембріогенезу) й відхідниковою (проривається пізніше). Унаслідок цього первинна кишка з обох кінців отримує сполучення із зовнішнім середовищем. Оскільки передній і задній відділи травної трубки (системи) сформувались з ектодерми у зв'язку з утворенням ротової та відхідникової ямок, епітелій і залози, у тому числі слинні, мають ентодермальне походження.

Інші шари органів травної системи (травної трубки), у тому числі власна пластинка слизової оболонки, підслизова основа, м'язова й адвентиційна оболонки (серозна також) походять із передньої (вентральної) частини зародкового листка – із *несеgmentованої частини мезодерми*.

Первинна кишка й органи травної системи, що формуються на її основі, спочатку розташовуються вздовж тіла зародка, по її поздовжній осі. Починаючи з другого місяця внутріутробного розвитку, спостерігається інтенсивний ріст органів травної системи, з'являється веретеноподібне розширення – майбутній шлунок, ростуть тонка і товста кишки. Із ентодермальних занурень майбутньої дванадцятипалої кишки починають формуватися печінка й підшлункова залоза. Під час росту й диференціювання органів травної системи відбувається поступове повертання вправо (за годинниковою стрілкою) органів, розташованих у черевній порожнині. Шлунок повертається довкола своєї поздовжньої осі на 90°. При цьому дванадцятипала кишка та печінка

зміщуються вправо. Відділ травної трубки, із якого розвивається тонка, сліпа й висхідна ободова кишка, повертається вправо на 270°. Унаслідок росту травної трубки та цих переміщень утворюються численні петлі тонкої кишки й згини товстої (ободової) кишки.

На 12 тижні внутріутробного розвитку починає утворюватися трипсиноген, на 18-му – хімотрипсиноген. Ліпаза з'являється на 12 тижні, амілаза – лише після народження. Крім залозистої паренхіми утворюються панкреатичні островці (острівці Лангенганса), які на восьмому тижні містять глюкагон, а на 12-му – інсулін. До народження дитини підшлункова залоза ще не сформована.

Травлення в період внутрішньоутробного розвитку. До імплантації зародка в стінку матки його живлення відбувається за рахунок запасних речовин у цитоплазмі яйцеклітини. Ембріон живиться секретами слизової оболонки матки й речовинами жовточного мішка (*гістотрофне живлення*). Після утворення плаценти провідним стає *гемотрофне живлення (трансплацентарне)*. Плацентарна мембрана має неоднакову проникність для різних речовин. Із крові матері в кров плода надходять глюкоза, амінокислоти, дипептиди. Плацента проникна для більшості білків, ліпідів, полісахаридів, а також може синтезувати білки й глікоген, які використовує ембріон. Із 4–5-го місяця гестації починається діяльність органів травлення плода та амінотрофне живлення. Амніотична рідина надходить до травного тракту плода, де поживні речовини частково перетравлюються й продукти всмоктуються в кров плода. Цьому процесу сприяють смоктальні, дихальні, а пізніше – ковтальні рухи плода. Добовий об'єм амніотичної рідини, яка поглинається плодом, в останні місяці вагітності становить 1 л.

Деяка частина харчових речовин амніотичної рідини перетравлюється власними ферментами рідини. Таке травлення називається *автолітичним*.

Травні залози формуються в різні терміни ембріогенезу. Ферментативна активність тонкої кишки формується раніше,

ніж в інших частинах кишкового тракту. У тонкій кишці відбувається гідроліз харчових речовин за типом пристінкового та внутрішньоклітинного травлення. Секреція ферментів клітинами шлунка й підшлункової залози в плода є низькою.

У плода ще немає періодичної моторної діяльності травного тракту. Моторний апарат має низьку збудливість, може відповідати місцевими скороченнями на сильні подразники.

Уже в перші тижні вагітності в плода закладається ендокринний апарат травного тракту: збільшується кількість ендокринних клітин під час внутрішньоутробного розвитку; у клітинах збільшується кількість пептидів (гастрину, секретину, ентоероглюкагону, соматостатину та ін.). Під час внутрішньоутробного розвитку закладаються периферійні й центральні нервові механізми регуляції діяльності травного тракту.

Після народження дитини органи травної системи продовжують рости та диференціюватися, при цьому спостерігаються їх вікові зміни.

Ротова порожнина в дитини відносно мала, заповнена язиком. Язик короткий, широкий і товстий. Коли ротова порожнина закрита, язик торкається щік та твердого піднебіння. Губи й щоки товсті, у щоках розвинуті м'язи та щільні жирові грудочки. На яснах розвинені валикоподібні потовщення для кращого захоплення соска грудної залози під час годування. Слизова оболонка внутрішньої поверхні губ у новонароджених не є гладенькою, її борозни потрібні для кращого пристосування до акту смоктання. Слизова оболонка ротової порожнини ніжна, багата кровоносними капілярами, але відносно суха. Сухість слизової оболонки зумовлена дефіцитом слини після народження, хоча слинні залози сформовані до моменту народження. Із перших днів життя в слині міститься амілолітичний фермент (амілаза). Слина має слабко-кислу реакцію, що може сприяти інфікуванню ротової порожнини.

Вхід у гортань новонародженого розташований високо, над нижньо-заднім краєм м'якого піднебіння й з'єднаний із

ротовою порожниною. Тому їжа рухається з обох боків від гортані через сполучення між порожниною рота та глоткою. Новонароджений може дихати й смоктати одночасно.

Глотка в новонародженого коротка (3 см), нижній її край міститься на рівні між тілами III і IV шийних хребців, до 11–12 років – на рівні V–VI, у підлітковому віці – на рівні VI–VII. Глотковий отвір слухової трубки розташований на рівні твердого піднебіння, біля піднебінної заслінки й має вигляд щілини. Після 2–4-річного віку отвір починає переміщуватися доверху та до заду, зберігаючи щілоподібну форму, або стає овальним.

Стравохід у новонародженого має довжину 10–12 см, яка до 11–12 років подвоюється (20–22 см). Відстань від зубів до кардіальної частини шлунка в новонародженого становить 16,3 см, у два роки – 22,5 см, у п'ять – 26–27,9 см, у 12 років – 28,0–34,2 см. Довжина просвіту стравоходу в дитини 2–6 місяців – 0,8–1,2 см, після 6-річного віку – 1,3–1,8 см. М'язова оболонка стравоходу в новонародженого слабо-розвинена, інтенсивно росте до 12–15 років, а в подальшому змінюється незначно. Слизова оболонка в дітей до одного року містить мало залоз, поздовжні складки з'являються у 2–2,5 років. Стравохід добре кровопостачається судинами. Перистальтика стравоходу виникає під час ковтальних рухів.

Шлунок у новонародженого веретеноподібної форми, яка до кінця першого року життя подовжується, а від 7 до 11 років набуває форми дорослої людини. У немовляти місткість шлунка – близько 50 см³, до завершення грудного періоду місткість збільшується до 250–300 см³, у два роки – 490–500 см³, у три роки – 580–680 см³, до чотирьох років – збільшується до 750 см³. До завершення періоду другого дитинства (12 років) місткість шлунка зростає до 1300–1500 см³. У дітей, які перебувають на штучному годуванні, шлунок розтягнутий, особливо в ділянці передньої стінки.

Кардій, дно, частина тіла шлунка розміщені в лівому підребер'ї й прикриті лівою часткою печінки. Велика кривизна прилягає до поперекової ободової кишки. Зі зменшенням лівої

частки печінки шлунок наближається до передньої черевної стінки та зміщується в надчеревну ділянку. Вхідний отвір шлунка новонародженого перебуває на рівні VIII–IX грудних хребців, а отвір пілоричної частини – на рівні XI–XII. У міру росту дитини шлунок опускається: до семи років при вертикальному положенні тіла вхідний отвір шлунка проектується між XI–XII грудними хребцями, а вихідний – між XII грудним і I поперековим хребцями; у старечому віці шлунок ще більш опущений. Слизова оболонка шлунка в новонародженого відносно товста, складки високі, кількість шлункових ямок досягає 200 тис. (до двох років життя їх кількість складає 720 тис., до 15 років – 4 млн). Шлункових залоз у новонародженого – близько 500 тис., у 2-місячної дитини їх кількість досягає 1,8 млн, у два роки – 8 млн, у шість – 10 млн, у дорослої людини – близько 35 млн. М'язова оболонка шлунка при народженні слабозвинена, максимальної товщини досягає до 15–20 років.

Кишки новонародженого мають відносно більшу довжину, ніж у дорослих. Співвідношення між довжиною кишок і тілом новонародженого 8,3:1 (у дорослої людини – 5,4:1). У новонародженого тонка кишка дуже довга, на 1 кг маси тіла дитини – 1 м (у дорослого – 10 см). Така довжина кишок пояснюється пристосуванням дитини до пристінкового травлення, якого достатньо для гідролізу й асиміляції грудного молока ферментативними системами, що утримуються на мембранах клітин епітелію кишки. Площа поверхні слизової оболонки кишки збільшується в три рази за рахунок складок і у 20 разів – за рахунок ворсинок. Кишкові петлі розташовані дуже компактно за рахунок відносно великої печінки й недорозвинутого малого таза. Кишки в новонароджених і дітей грудного віку мають такі особливості: у тонкій кишці міститься велика кількість газів; велика проникність кишкового епітелію; слабкий розвиток м'язового шару й еластичних волокон кишкової стінки; ніжна слизова оболонка з великою кількістю кровоносних судин; недостатність секре-

торного апарату; добре розвинуті складки слизової оболонки кишки та ворсинки.

Усі ці особливості впливають на високу проникність у кров нерозщеплених складових частин їжі, токсично-алергійних речовин і мікроорганізмів.

Тонка кишка в новонародженого має довжину 1,2–2,8 м, а до 2–3-річного віку зростає (у середньому 2,8 м), до 10 років досягає величини дорослої людини (5–6 м). Діаметр кишки до кінця першого року життя становить 16 мм, а в три роки – 23 мм.

Дванадцятипала кишка в новонародженого – кільце-подібної форми, початок і кінець якої розташовуються на рівні I-го поперекового хребця. До семи років низхідна частина кишки опускається до II-го поперекового хребця. Дуоденальні залози в новонародженого розгалужені слабо. Інтенсивний ріст залоз спостерігається в перші роки життя дитини.

У **порожньої та клубової кишок** при народженні відзначають такі особливості: складки виражені слабо, залози недорозвинені, наявні численні ворсинки, м'язова оболонка слабозвинена.

Порожня кишка становить $\frac{2}{5}$, а клубова – $\frac{3}{5}$ довжини тонкої кишки. Між цими частинами немає чіткої межі. Клубова кишка закінчується дивертикулом клубової кишки, у новонароджених клапан відносно слабкий, тому вміст сліпої кишки з бактеріальною флорою може закидатися назад у клубову кишку.

Брижа в новонароджених тонка, швидко збільшується в довжину на першому році життя. Лімфа, що відтікає від кишок, не проходить через печінку, а потрапляє безпосередньо в циркулюючу кров.

Інтенсивний ріст усіх структур тонкої кишки відзначається до трьох років, потім дещо сповільнюється та в 10–15 років знову посилюється.

Товста кишка в новонародженого коротка (у середньому – 65 см), гаустри й сальникові вирости в обводової кишки відсутні. Першими розвиваються гаустри – на шостому місяці,

а сальникові вирости – на другому році життя дитини. До кінця грудного віку товста кишка подовжується до 83 см, а до 10 років досягає 118 см. Стрічки ободової кишки, гаустри й сальникові вирости завершують формування до 6–7 років.

Товста кишка легко переміщується, що залежить від заповнення шлунка та тонкої кишки. У новонародженого пряма кишка відносно довша й у разі заповнення може займати весь малий таз. Ампула прямої кишки не розвинена.

Виділення соків у товстій кишці недостатнє, проте товста кишка відіграє важливу роль у процесі травлення: тут відбувається всмоктування води й формування калових мас. Важливе місце в травленні займає мікрофлора товстої кишки. Кишки плода та новонародженої дитини впродовж перших 10–20 годин життя стерильні. Формування кишкової мікрофлори починається з першої доби життя й за 7–9 днів у здорових доношених дітей, які отримують грудне молоко, вона досягає нормального рівня. Якщо дитина перебуває на грудному вигодовуванні, то в кишках переважає *B. bifidus*, а якщо на штучному – *B. coli*.

Моторика кишок у новонароджених енергійна, що збільшує частоту випорожнень. Дефекація є рефлексним актом, який у перші два тижні відбувається до шести разів на добу. Протягом першої доби дитина виділяє меконій (першородний кал) зелено-чорного кольору. Він складається з жовчі, епітеліальних клітин, слизу, ферментів, навколоплідних вод. Випорожнення в здорових новонароджених, яких годують грудним молоком, мають кашкоподібну консистенцію, жовто-зелений колір, кислий запах.

Сліпа кишка в новонародженого коротка (1,5 см), розташовується вище крила клубової кістки. У праву клубову ямку кишка опускається до середини підліткового віку (14 років), у міру росту висхідної ободової кишки. **Висхідна ободова кишка** коротка, у новонародженого вона прикрита печінкою. У підлітковому та юнацькому віці висхідна ободова кишка набуває будови, характерної для дорослої людини.

Поперечна ободова кишка в новонародженого має коротку брижу (до 2 см), спереду прикрита печінкою. До 1,5–2 років ширина брижі збільшується до 5,0–8,5 см, що сприяє збільшенню рухливості кишки. У дітей одного року довжина поперекової ободової кишки становить 26–28 см, до 10 років – зростає до 35 см; у старих людей відзначено найбільшу довжину поперечної ободової кишки.

Низхідна ободова кишка в новонароджених довжиною близько 5 см. До завершення періоду грудного віку її довжина подвоюється, у п'ять років складає 15 см, у 10 – 16 см. Найбільшої довжина кишки досягає до старечого віку.

Сигмовидна ободова кишка в новонародженого (довжиною близько 20 см) розміщена високо в черевній порожнині, має довгу брижу. Її широка петля розташована в правій половині черевної порожнини (інколи досягає сліпої кишки). До п'яти років петлі сигмоподібної кишки розміщуються над входом у малий таз. До 10 років довжина кишки збільшується до 38 см, її петлі опускаються в порожнину малого таза. Після 60–70 років кишка атрофується внаслідок потоншення її стінок.

Пряма кишка (довжиною 5–6 см) у новонародженого має циліндричну форму, не має ампули й згинів, складки не виражені. У період першого дитинства завершується формування ампули, після восьми років – згинів. Прямокишкові стовпи та пазухи в дітей добре розвинені. Швидкий ріст прямої кишки спостерігається після восьми років: до завершення пубертату довжина сягає 15–18 см, а діаметр – 3,2–5,4 см.

Печінка в новонародженого великих розмірів, займає більше половини об'єму черевної порожнини. Маса печінки в немовляти – 135 г, що становить 4,0–4,5 % маси тіла (у дорослих – 2–3 %). Ліва частка печінки за розмірами рівна правій (іноді й більша). Нижній край печінки випуклий, під її лівою часткою розташовується ободова кишка; по правій середньо-ключичній лінії виступає з-під реберної дуги на 2,5–4,0 см (після семи років нижній край печінки з-під реберної дуги вже не виходить), а по передньо-серединній лінії – на 3,5–4,0 см

нижче мечоподібного відростка. У дітей 3–7 років нижній край печінки міститься нижче реберної дуги на 1,5–2,0 см (по серединно-ключичній лінії). Під печінкою розташовується лише шлунок. Починаючи з цього віку, скелетотопія печінки дитини – майже як у дорослої людини. У дітей печінка дуже рухлива, її положення легко змінюється при зміні положення тіла людини.

До моменту народження печінка містить багато глікогену (у 2–3 рази більше, ніж печінка дорослого), що важливо для енергетичного забезпечення малюка в перші години життя. Детоксикаційна функція печінки в перші дні життя понижена. Об'єм жовчного міхура в новонародженого – 3,2 мл, в один рік – 8,6 мл, у дорослих – 50–65 мл. Із моменту народження печінка продукує жовч, необхідну для гідролізу молока. В абсолютній кількості об'єм жовчі, що виділяється, невеликий, але з розрахунку на кг маси тіла – у чотири рази більший, ніж у дорослих. Це сприяє засвоєнню молока. Жовчних кислот у жовчі в перші дні життя багато, у подальшому їх уміст знижується й зберігається на цьому рівні в дошкільників і школярів (це може бути причиною недостатнього засвоєння жирів), у дорослих їх уміст знову зростає.

Жовчний міхур у новонародженого подовжений (3,4 см), проте його дно не виступає з-під нижнього краю печінки. До 10–12 років довжина жовчного міхура зростає приблизно у 2–4 рази. Проектується жовчний міхур на передню черевну стінку нижче реберної дуги, на 2 см вправо від передньої серединної лінії.

Підшлункова залоза в новонародженого коротка – 4–5 см, має масу 2–3 г. Вона швидко збільшується в розмірах (до року її маса досягає 10–12 г, у дорослого – 72–76 г), що забезпечує істотну надбавку об'єму панкреатичного соку. Цьому сприяє перехід на змішане або на штучне вигодовування. У новонароджених дітей підшлункова залоза відносно рухлива. Топографічні відносини залози із сусідніми органами, характерні для дорослої людини, установлюються в перші роки життя дитини. Із самого народження підшлункова залоза

виділяє всі ферменти, характерні для дорослого, але їхня активність низька; вона досягає максимальних значень до 4–6 років. Функціональне дозрівання підшлункової залози завершується до 15–16 років. Материнське молоко, що має у своєму складі оптимальну кількість речовин, необхідних для розвитку дитини, є основним продуктом живлення на першому році життя. У цей період переважає мембранне й внутрішньоклітинне (за типом піноцитозу) травлення. Для грудних дітей характерний також аутолітичний тип травлення, який відбувається за рахунок ферментів, що містяться в молоці.

Травлення в порожнині рота. Слинні залози функціонують із моменту народження, але в перші місяці слини виділяється мало: поза смоктанням – 0,01–0,1 мл / хв, при смоктанні – 0,4 мл / хв. Активність амілази слини в новонароджених дуже низька, але вже в один рік вона досягає активності дорослої людини. Із чотирьох місяців саливація посилюється й до року досягає 150 мл у день, що складає 10 % від рівня дорослого. При грудному вигодовуванні слина потрібна для створення герметичності контакту губ дитини з грудьми матері, а також для звертання молока в шлунку (це полегшує гідроліз козеїну). Значно посилюється саливація при прорізуванні зубів (фізіологічна гіперсаливація). Протягом першого року утворюються умовні слиновидільні рефлекси – на маму, обстановку, час годування. Активність лізоциму слини в грудних дітей нижча, ніж у дорослих. Кислотність слини варіює в дітей у межах 7,0–7,5.

Зуби. Із посиленням харчування й отриманням різних продуктів у дітей посилюється секреторна та моторна діяльність травної системи. Єдиним типом травлення стає власне травлення під впливом ферментів у порожнині травного тракту. Із переходом на тверду їжу стає важливим механічне оброблення харчових продуктів і формування харчової грудки. Для жування важливий також розвиток зубів.

У перші місяці після народження зуби містяться під слизовою оболонкою ясен. Прорізування зубів починається із 6-місячного віку, цей процес може відбуватися з відхиленнями

в загальному стані дитини. З'являється підвищена збудливість, дитина вередує, порушується сон, апетит, починається посилене слиновиділення, рефлекторно виникають риніт, подразливість слизової оболонки горла, підвищується температура тіла. Після прорізування зубів усі негативні явища зникають, дитина заспокоюється.

На кожній половині щелепи одночасно прорізаються зуби лівої та правої половин ротової порожнини. Здебільшого спочатку прорізаються нижні зуби, потім – верхні. Винятком є поява бічних верхніх різців, надалі – бічних нижніх.

Молочні зуби в кількості 20 з'являються в період із шести до 24 місяців (їх кількість рівна: вік дитини в місяцях – чотири). Центральні різці з'являються у 6–8 місяців (спочатку – нижні, потім – верхні), латеральні різці – у 8–12 місяців, ікла – у 16–18 місяців, перші корінні – у 12–16 місяців, ікла – у 16–20 місяців, другі корінні – у 20–30 місяців. Випадання молочних зубів починається з 6–7 років. Постійні зуби в кількості 32 починають прорізуватися із 6–7 років; процес завершується до 17–20 років або пізніше. Послідовність така: перші великі корінні (6–7 років), медіальні різці (7–8 років), латеральні різці (8–12 років), перші малі корінні (9–11 років), другі малі корінні (11–13 років), ікла (12–14 років), другі великі корінні (12–13 років), треті великі корінні, або зуби мудрості (17–20 років, іноді 25–30 років).

Для розрахунку кількості постійних зубів можна користуватися формулою: $4n - 20$ (де n – кількість років, які виповнилися дитині). Після прорізування перших молочних зубів жувальні рухи слабкі, вони аритмічні й чергуються зі смоктальними рухами. Зі збільшенням кількості зубів жувальні рухи стають ритмічними, вони залежать від якості їжі, яка пережовується. Після заміни молочних зубів на постійні встановлюється нормальний прикус (12–13 років) й акт жування набуває всіх властивостей, характерних для дорослої людини.

Травлення в шлунку. До моменту народження шлункові залози розвинені слабо. Тому в новонароджених активність

ферментів, а також кислотність шлункового соку набагато нижча (рН 3–4), ніж у дорослих (це виключає можливість денатурації та гідролізу імуноглобулінів материнського молока, які при всмоктуванні в кишечнику поступають у кров дитини). Кислотність шлункового соку в них зумовлена молочною кислотою; при переході на штучне живлення вона заміщається соляною кислотою (максимальна секреція HCl спостерігається в 15–16 років). У дітей (до 6–7 років) через низьку концентрацію HCl шлунковий сік володіє слабкими бактерицидними властивостями, що сприяє їх легкій сприйнятливості до шлунково-кишкових інфекцій.

Перші два місяці життя білки не розщеплюються; у 2–3 місяці гідролізу піддаються білки рослинного походження, а з п'яти місяців – тваринного походження. У ранньому віці в шлунковому соці присутній фетальний пепсин (хімозин), що бере участь у гідролізі козеїну. У грудних дітей у шлунковому соці міститься ліпаза, що гідролізує жир молока. Із віком збільшується об'єм виділення шлункового соку, соляної кислоти, активність ферментів. До семи років шлункове травлення досягає майже повного розвитку, який остаточно завершується в період статевого розвитку, тобто до 15–16 років.

На першому році життя активність гладких м'язів шлунка низька. У цьому віці превалює активність пілоричного сфінктера, тоді як активність кардіального сфінктера низька; тому в грудних дітей часто простежується зригування. Формування кардіального відділу шлунка завершується до восьми місяців. При грудному вигодовуванні шлунок звільняється від їжі через 2,5–3 год, при харчуванні коров'ячим молоком – через 3–4 год.

Травлення в кишечнику. У новонароджених має місце висока ферментативна активність, що компенсує низьку активність ферментів шлунка та підшлункової залози. У грудних дітей висока активність лактази; при харчуванні дефінітивно істотно зростає активність сахарази (інвертази) й мальтази, тоді як активність лактази знижується. Прикорм підсилює секреторну діяльність тонкого кишечника. Наприклад, раннє (з 1,5 міс.) уключення в раціон протертих фруктів та овочів підвищує

активність ентерокінази й лужної фосфатази, збільшує апетит та сприяє затримці в організмі кальцію й магнію.

Усмоктування. У новонароджених і грудних дітей у кишечнику розвинений механізм піноцитозу – захоплення нерозщепленого білка. Тому в кров поступають білки молока, зокрема імуноглобуліни як чинники гуморального специфічного імунітету, а також яєчний білок та інші білки. Надмірне надходження білка в організм грудних дітей часто призводить до шкірних висипань. У грудних дітей підвищене всмоктування отруйних продуктів із кишечника; з урахуванням низької знешкоджуючої функції печінки це може призводити до інтоксикацій. У грудних дітей весь кишечник виконує функцію всмоктування, надалі вона реалізується переважно проксимальними відділами кишечника. До 10 років всмоктування активно відбувається в шлунку, тоді як у дорослих – здебільшого в тонкому кишечнику. При стресі проходження їжі по шлунково-кишковому тракту грудних дітей швидшає, що знижує всмоктування поживних речовин, води й призводить до дегідратації.

Нейрогуморальна регуляція діяльності шлунково-кишкового тракту (ШКТ). У новонароджених і грудних дітей активно функціонує ендокринний апарат ШКТ: завдяки гастрину, секретину, вазоактивному інтестинальному пептиду, соматостатину, нейротензину та іншим ентерональним гормонам відбувається адекватна до їжі регуляція діяльності ШКТ, а також ріст і розвиток усіх його відділів. У новонароджених недорозвинена метасимпатична автономна система, тому моторика ШКТ на першому році життя слабка, розвиток цієї системи завершується до 3–5 років. Дитина народжується зі сформованими безумовними рефlekсами – смоктальним, ковтальним. На їх базі утворюються численні умовні рефlekси, зокрема, які прямо стосуються регуляції діяльності ШКТ. Із віком відбувається «кортиколізація» процесів регуляції діяльності ШКТ.

Інволюційні зміни органів травлення. Найбільш виражені атрофічні зміни відбуваються в ротовій порожнині. Зуби набувають жовтуватого відтінку, мають різний ступінь стертості, їх кількість зменшується (у літньому віці зберігається 12 зубів, у старечому – чотири, у довгожителів – два). Найпершими втрачаються бічні зуби, потім – передні, проте існує думка, що здорові зуби не повинні випадати. При старінні зменшуються об'єми ротової порожнини та слинних залоз, атрофуються м'які й жувальні м'язи, а також кістки лицьового черепа. Атрофія верхньої щелепи випереджає зменшення розмірів нижньої щелепи, чим зумовлює порушення прикусу, утруднення відкушування та жування, що викликає проблеми естетичного й фонетичного характеру. При старінні знижується вироблення слини (результат зменшення ефективності слиновидільних рефлексів та атрофії слинних залоз), що призводить до сухості в роті, розвитку тріщин язика та губ; знижується активність амілази слини. Проте язик зберігає свої розміри й при втраті зубів частково здійснює функцію механічної обробки їжі. За рахунок атрофії сосочків язика знижується чутливість на солодке (у 70 % людей похилого віку), а також на кисле й гірке (40 %).

При старінні відбуваються подовження та деяке викривлення стравоходу (як наслідок – збільшення кіфозу грудного відділу хребта й розширення дуги аорти), атрофія секреторного епітелію, гладких м'язів, зниження тонуусу стравохідного сфінктера, що підвищує ймовірність розвитку рефлюксу (відрижки). Утруднене ковтання пов'язане з віковими змінами ядер стовбура мозку, зі зниженням секреції слини та атрофією ковтальних м'язів.

Товщина слизового шару шлунка зменшується, сплющуються шлункові ямки, зменшуються розміри залозевих клітини. Зменшується кількість кровоносних капілярів, що викликає гіпоксію органа. У результаті таких змін у слизовій оболонці шлунка, а також порушення нейрогуморальної функції, знижуються інтенсивність й об'єм секреції шлункового соку, зменшується кислотність (зниження продукції соляної кислоти починається з 30–35 років), знижується концентрація пепсину.

Моторна функція шлунка сповільнюється, у зв'язку з чим їжа тривалий час перебуває в шлунку – це є своєрідною компенсацією пониженої секреторної активності шлунка. Припускають, що в старших людей спостерігається картина хронічного гастриту.

Атрофічні зміни в підшлунковій залозі починають розвиватися після 40 років. Замість ацинозних клітин, що продукують компоненти панкреатичного соку, розростаються сполучна й жирова тканини. Це зменшує секрецію підшлункового соку, умісту та активності протеолітичних ферментів, ліпази й меншою мірою – амілази. При старінні простежується понижена секреторна відповідь на гуморальні чинники.

Із віком збільшується загальна довжина кишечника, частіше – окремих частин товстої кишки. У стінці відбуваються атрофічні зміни, що призводять до порушення мембранного травлення, усмоктування вуглеводів, білків, жирів. Змінюється мікрофлора кишок: активізується гнилісна мікрофлора, знижується – молочнокисла. Зі зниженням секреції травного тракту збільшується кількість продуктів неповного гідролізу, а вони є середовищем для розмноження мікробів. Із віком збільшується кількість мікробів у тонкій кишці, що гальмує гідроліз і всмоктування. Збільшенню кількості мікробів сприяє послаблення моторики й перистальтики.

Клітини кишечника погано засвоюють вітамін С, проте всмоктування вітамінів А та Е не порушується, а зниження рівня цих вітамінів в організмі літніх людей є наслідком нераціонального харчування. При старінні зменшується інтенсивність продукції кишкових ферментів; знижуються сорбційні властивості еритроцитів. У деяких людей через зниження активності лактази в цьому віці виникає несприйнятливості молока. Переміщення їжі по тонкому кишечнику відбувається повільніше в літніх людей, що певною мірою компенсує понижено в цьому віці утилізацію поживних речовин.

При старінні послаблюється моторна функція товстого кишечника, знижується прояв гастроколонального й дуоденоколонального рефлексів, що породжує закрепи.

Із віком зменшується маса печінки: у похилому – 1460 г, у старечому – 1150 г (у молодому – 1600 г). Знижуються функціональні можливості гепатоцитів, що порушує білковий, жировий і вуглеводний обміни та знижує детоксикаційну функцію печінки, що підвищує ризик розвитку набряку тканин, знижує транспортні функції крові. На пізніх етапах онтогенезу знижується майже на 1/3 рівень вільних амінокислот (переважно незамінних), що зменшує інтенсивність синтезу білків у всіх органах. Проте зміни функціональної активності гепатоцитів підвищують у літньому віці рівень у крові холестерину, який у старечому віці нормалізується.

Інволюційні зміни знижують тонус гладких м'язів жовчного міхура, у зв'язку з чим збільшуються його розміри, сповільнюють моторну функцію та здатність до евакуації жовчі. Спостерігається застій жовчі, що підвищує ризик каменеутворення в жовчному міхурі.

Вікові особливості обміну речовин та енергії. У дорослих спостерігається рівновага надходження та використання енергії. Енергія міститься в продуктах, які споживають гетеротрофні організми. Поживні речовини мають не тільки енергетичне, а й пластичне значення. Вони використовуються для росту та самооновлення організму. Внутрішньоутробному періоду й періоду дитинства притаманні процеси синтезу росту, тому в ці періоди онтогенезу енергетичний обмін позитивний. Для організму, що росте, характерний позитивний білковий баланс, який супроводжується накопиченням в організмі азоту. Під час росту поживні речовини використовуються як будівельний матеріал, як джерело енергії для синтезу ферментів і нуклеїнових кислот. Енергетичні витрати організму складаються з основного обміну та робочих надбавок (витрати енергії й виконання фізичної роботи, на терморегуляцію та специфічно-динамічну дію їжі).

Основний обмін. Із розрахунку на кг маси тіла (або на м² площі тіла) величина основного обміну (ВОО) у дітей вища, ніж у дорослих. Наприклад, у новонароджених – 50 ккал/кг на добу, в один рік цей показник становить 54, у п'ять років – 46,

а в дорослих – 25 ккал / кг на добу. Це пов'язано з підвищеною віддачею тепла, із вищою інтенсивністю синтетичних процесів, що вимагають енергії, із недосконалістю роботи всіх систем організму. В абсолютних значеннях із віком (паралельно збільшенню маси тіла) ВОО підвищується: у новонароджених – 120 ккал / добу, в один рік – 580 ккал / добу, у три роки – 750 ккал / добу, у п'ять – 840 ккал / добу, у 10 – 1120 ккал / добу, у 14 – 1360 ккал / добу, а в дорослих – 1700 ккал / добу.

Загальний обмін. Подібно до основного обміну загальний обмін, що відображає інтегральні витрати енергії організмом у реальних умовах його існування, з розрахунку на кг маси тіла – із віком знижується, а в абсолютних значеннях – збільшується. Так, у новонароджених його відносна величина (ккал / кг / добу) складає 120, в 1–3 роки – 115, у п'ять років – 100, у 10 – 75, у 14 років – 50, а в дорослих – 42; абсолютна (ккал / добу) – відповідно, 500, 1390, 1875, 2070, 2600, 2750 і 2860.

Джерела енергії. У плода основним джерелом енергії є глюкоза; при цьому велику питому вагу займає анаеробний спосіб її використання, тобто гліколіз. У новонароджених інтенсивно використовується глікоген м'язів і печінки, глюкоза й жирні кислоти; спостерігається високий рівень глюконеогенезу. Інтенсивність гліколізу в дітей першого року життя на 30–35 % вища, ніж у дорослих; особливо вона висока в перші три місяці життя. У подальшому підвищується частка процесів аеробів; їх інтенсивність досягає максимальних значень до 9–11 років. Із 12 років знову підвищується інтенсивність гліколізу, особливо в білих м'язових волокнах. Максимальне споживання кисню (із розрахунку на кг маси) досягає найбільших значень до 17 років, абсолютне максимальне споживання кисню – до 25 років, а максимальна анаеробна потужність – до 18–20 років.

Потреба в білках. Для дітей характерний позитивний азотний баланс, тобто ретенція азоту: у новонароджених в організмі залишається 50–70 % уведеного білка, в 1–3 роки – 25,2 %; в 11–14 – 25,1 %, а в дорослих – 7,6 %. Із розрахунку на кг маси тіла новонародженим потрібно 2,5 г білка на добу, в

один рік – 3,5 г; у три роки – 4,0 г; у п'ять – 3,5 г; у сім років – 3 г; у 10 – 2,5 г; у 14–17 – 1,7 г; а в дорослих – 1,4 г. В абсолютних значеннях потреба білка (г/добу) становить, відповідно, 10, 50, 60, 70, 80, 80, 95 і 90; половина з них – білки тваринного походження, що містять усі незамінні амінокислоти (лейцин, фенілаланін, лізин, валін, треонін, тріптофан, метіонін, лейцин, ізолейцин, цистин, гістидин). Вважається, що дітям особливо важливе надходження перших п'яти з них. При заняттях спортом, особливо на фоні значного збільшення м'язової маси, потреба в білках підвищується в 1,5–2,0 рази. Дефіцит білка в їжі викликає порушення інтелекту, знижує швидкість фізичного розвитку, зменшує імунітет і толерантність до стресів. При значному недоліку незамінних амінокислот у дітей розвиваються підвищена дратівливість, занепокоєння, яке потім змінюється млявістю, апатією й сонливістю. Надмірне уведення білка також шкідливе для організму – у цьому випадку підвищується концентрація амінокислот у крові, виникає аміноацидурія, розвивається затримка розвитку, особливо, нервово-психічного.

Потреба в жирах. Із розрахунку на кг маси тіла новонародженим потрібно 6 г жирів на добу, в один рік – 5,5 г; у три роки – 4,0 г; у п'ять – 3,5 г; у сім – 3,0 г; у 10 – 2,5 г; у 14–17 років – 1,7 г; а дорослим – 1,4 г. В абсолютних значеннях потреба жирів складає, відповідно, 25, 50, 60, 70, 80, 95 і 90 г / добу; причому, 15–20 % із них – частка жирів рослинного походження. До 6-річного віку щодня потрібно 6–12 г рослинного масла, молодшим школярам – 20 г, а старшим – 25 г. Проте надмірне споживання жирів негативно впливає на фізичний розвиток дітей; дефіцит жирів у пубертатному періоді призводить до порушення статевого дозрівання.

Потреба у вуглеводах. Із розрахунку на кг маси тіла новонародженим потрібно 13 г вуглеводів на добу, в один рік – 13 г, у три роки – 16 г, у 5-річному віці – 14 г, у сім років – 12 г, у 10 – 10 г, у 14–17 – 7 г, а дорослим – 5,7 г. В абсолютних значеннях потреба у вуглеводах складає, відпо-

відно, 50, 150, 212, 272, 300, 320, 380 і 400–500 г / добу. У дітей першого року життя вуглеводи забезпечують 40 % добової калорійності їжі, у наступні вікові періоди – 60 %. Перші місяці життя потреба у вуглеводах задовільняється за рахунок молочного цукру (лактози), а при штучному вигодовуванні – за рахунок сахарози та мальтози. У цілому в дітей грудного віку співвідношення білків, жирів та вуглеводів повинно становити, відповідно, 1:3:6, в 1-річному віці – 1:1,5:3,7, а після двох років – 1:1:4. При збільшенні фізичного навантаження, нервового перенапруження, переохолодженні або перегріві, при різних стресах потреба дітей у вуглеводах зростає. Надлишок вуглеводів викликає ожиріння та порушення білкового обміну.

У дітей регуляція вуглеводного обміну менш досконала, ніж у дорослих. Зокрема, це виявляється в повільнішій мобілізації вуглеводних ресурсів, а також у меншій здатності зберігати необхідну інтенсивність обміну при фізичній роботі. Наприклад, при бігу на 500 м, при кросах у юних спортсменів зниження рівня глюкози в крові спостерігається частіше, ніж у дорослих спортсменів. Емоційно насичені заняття сприяють збереженню необхідного рівня глюкози в крові.

Потреба у воді. На частку води в новонароджених доводиться 75–80 % маси тіла, в один рік – 70 %, у п'ять років – 65–70 %, а в дорослих – 60–65 %. Тому потреба у воді з розрахунку на кг маси тіла з віком знижується: новонародженим потрібно 80–100 г води на добу, в один рік – 120–140, у три роки – 100, у п'ять – 90, у сім – 90, у 10 – 80, у 14–17 – 60, а дорослим – 40–50. В абсолютних значеннях потреба у воді складає, відповідно, 300, 1300, 1500, 2000, 2200, 2400, 2500 і 2700 г води / добу; приблизно 50 % води має поступати у вигляді пиття.

Потреба в мінеральних солях. У новонароджених мінеральні речовини складають 2,6 % маси тіла (у дорослих – 5 %). У цілому добова потреба в мінеральних речовинах у дітей приблизно в 1,5–2 рази нижча, ніж у дорослих. Потреба в залізі в дітей вища, ніж у дорослих, тобто більше 15–18 мг / добу.

Відзначимо, що Ca, P, Mn, Mg необхідні для кровотворення, а саме: Mn – для розвитку статевих залоз, Zn – для зростання кісток та ендокринних залоз, F – для розвитку зубів. Найвища потреба в Ca спостерігається на першому році життя, а також у період статевого дозрівання.

Потреба у вітамінах. Із розрахунку на кг маси тіла потреба у вітамінах для дітей вища, ніж для дорослих, але в абсолютних значеннях – нижча. Наприклад, для 6-річних дітей добова потреба вітамінів становить 60–70 % від потреб дорослих. При підвищенні розумової та фізичної активності потреба у вітамінах зростає.

Особливості організації харчування дітей. У новонароджених – грудне вигодовування: перші 7–8 днів необхідний об'єм молока (у мл) рівний приблизно $70 \times n$, де n – кількість днів; годування – через 3,5 години з нічним проміжком у 6,5 годин. Після 2–3 місяців інтервал між годуваннями становить чотири години, нічний проміжок – 6,5–8 годин. Після п'яти місяців додатково до грудного вигодовування вводиться прикорм: спочатку – овочеve пюре, потім – 5 % каші, згодом 8–10 % каші; із 6–7 місяців – нежирний м'ясний бульйон, протерте свіже яблуко; у 7–7,5 міс. – м'ясний фарш; із 10 міс. – м'ясні фрикадельки; із 12 міс. – парові котлети. У рік здійснюється повний перехід на прикорм. Штучне вигодовування проводиться молочними й кисломолочними сумішами. Дітей віком до 1,5 року доцільніше годувати п'ять разів на день, старших цього віку – 4–5 разів. При 5-разовому харчуванні розподіл добового раціону такий: перший сніданок – 20 %, другий – 10–15 %, обід – 30–35 %, полудень – 10–15 %, вечеря – 20 %; при 4-разовому харчуванні: перший сніданок – 25 %, другий – 20 %, обід – 35 %, вечеря – 20 %; при 3-разовому харчуванні: сніданок – 30 %, обід – 45–50 %, вечеря – 20–25 %. Шкільний сніданок повинен складати 20 % добового раціону. У юних спортсменів калорійність харчування має бути вищою (у середньому на 600 ккал / добу). Їжа приймається не раніше ніж через 30–40 хв після тренування.

Геронтологічні зміни. Обмін вуглеводів не зазнає істотних вікових змін, а спостерігається лише помірно понижена толерантність до вуглеводів, що пояснюється падінням біологічної активності інсуліну.

Із віком знижується інтенсивність реплікації ДНК, її здатність до репарації, зменшується інтенсивність утворення РНК, що призводить до зниження синтезу білка й появи дефектів у цих процесах. Результат цього – зменшення об'єму внутріклітинних органоїдів, зниження інтенсивності утворення енергії, зменшення здатності до відновлення; зменшується кількість клітинних і внутріклітинних гормональних рецепторів, що знижує ефективність гуморальної регуляції діяльності органів та тканин.

Жировий обмін у людей літнього й старечого віку характеризується різким зниженням мобілізації жирів, зменшенням їх затрат на пластичні та енергетичні потреби. Тому на фоні досить високого рівня синтезу жирів зростає маса жиру в організмі (виникає генералізований ліпоїдоз органів), підвищується рівень холестерину в крові, що спричинює підвищення ймовірності атеросклерозних процесів, утворення жовчних каменів, а також підвищення інтенсивності вільнорадикального окислення ліпідів. Такі особливості обміну жирів після 35 до 60 років зумовлюють прогресивне зменшення нежирової маси тіла; жирова маса, навпаки, зростає (у середньому на 0,2–0,8 кг щорічно).

При старінні відбувається перерозподіл жирових відкладень – жир починає відкладатися переважно на животі, навколо талії, навколо внутрішніх органів. Після 60 років відбувається зниження загальної маси тіла, хоча зростання жирової маси продовжується. Із віком спостерігається більша схильність до ожиріння, ніж у молодому та зрілому віці. Особи, котрі зловживають їжею (надто переїдають) страждають ожирінням, що є причиною передчасного старіння й ранньої інвалідизації. Ожиріння скорочує середню тривалість життя на 6–7 років, сприяє розвитку атеросклерозу, гіпертонічної хвороби, цукрового діабету та інших захворювань.

У літніх людей велика кількість клітин організму атрофується: якщо у 25-річному віці клітинна маса тіла становить 47 % від усієї маси тіла, то в 70-річних – 36 %.

На пізніх етапах постнатального розвитку потрібно дотримуватися переважно молочно-рослинної дієти. Їжа повинна мати лужну спрямованість, що досягається споживанням овочів (буряк, морква, помідори, огірки) і фруктів (яблука, апельсини) – основних джерел вітамінів і мінеральних солей. Для профілактики захворювань, характерних для літніх людей, необхідне надходження в організм вітамінів А (для профілактики онкологічних захворювань), С (атеросклерозу), D (остеопорозу). Корисними є кисло-молочні продукти: високий уміст у них молочної кислоти створює сприятливі умови для збільшення молочно-кислих бактерій, які витісняють гнильну флору. Цьому ж сприяє споживання клітковини та обмеження білків тваринного походження. Молочно-рослинна дієта містить антиоксидантні речовини (вітаміни А, Е й ін., глютамінова кислота, цистеїн, метіонін, кавова кислота (міститься у винограді, яблуках, червоних винах), мікроелементи (мідь, цинк, марганець, селен)), що сповільнюють процеси старіння. Тому, наявність цих компонентів у їжі є необхідною умовою для збільшення тривалості життя. Для осіб літнього й старечого віку найбільш оптимальним є 4-разове харчування, при якому розподіл складає, відповідно, 25, 15, 35 і 25 від добового раціону. Нині створені спеціальні продукти харчування, багаті геропротекторами, тобто речовинами, що знижують швидкість старіння організму.

Вікові особливості терморегуляції. Плід не потребує механізмів терморегуляції, оскільки він розвивається в умовах материнського «термостату». Тепло, що утворюється плодом під час обміну речовин у його організмі, віддається крові матері. Температура крові, що відтікає від плода до плаценти, на 0,3–0,4 °С вища, ніж температура крові, що прибуває до плода. Отже, тепловіддача здійснюється через плаценту. Якщо перетиснути пупкові артерії, припинити кровообіг через плаценту, плід починає нагріватися. Теплопродукція плода перед пологами становить 10–15 % від теплопродукції матері.

У новонароджених дітей температура тіла вища, ніж у дорослих (наприклад ректальна температура складає 37,7–38,2°C), через 1–1,5 години після годування температура тіла зростає на 0,1–0,4°C, після дефекації вона, навпаки, знижується.

Тепловіддача в дітей вища (наприклад, у новонароджених – у 2,2 рази), ніж у дорослих. Це пов'язано з тим, що в них площа шкірних покривів із розрахунку на кг маси тіла вища (наприклад, у новонародженого – 704 см² / кг, у 5-річних дітей – 456 см² / кг, у дорослого – 221 см² / кг), із вищою інтенсивністю шкірного кровотоку, із меншою товщиною шкіри, із підвищеною віддачею тепла через легені. Важливу роль у тепловіддачі немовлят і грудних дітей виконує віддача тепла через випаровування із верхніх дихальних шляхів, а також процес потовиділення (кількість потових залоз із розрахунку на одиницю площі поверхні шкіри в них вища, ніж у дорослих). Проте механізми фізичної терморегуляції в дітей першого року життя є недосконалими. Наприклад, у них відсутня реакція судин шкіри на холодний подразник. Фонова теплопродукція в дітей, особливо в грудному віці, теж вища, ніж у дорослих (наприклад, у новонароджених і грудних дітей – у 1,4 рази), хоча здатність підвищити теплопродукцію, наприклад при охолодженні, виражена меншою мірою, ніж у дорослих (так, у грудних дітей вона зростає у два рази, тоді як у дорослих – у 3–4 рази). Основним механізмом теплопродукції є нескоротливий термогенез, у якому особлива роль у малюків належить бурому жиру. У цілому в новонароджених і грудних дітей хімічна терморегуляція теж недосконала. Тому такий важливий правильний підбір одягу для малюків залежно від температури середовища. У дітей перших років життя недостатньо розвинений свідомий контроль температури тіла: навіть у 2–3-річному віці вони не можуть відчуті переохолодження або перегрів. У процесі онтогенезу підвищується теплопродукція, знижується інтенсивність тепловіддачі, удосконалюються механізми терморегуляції, зокрема швидкість реагування адренергічної системи й щитоподібної залози, посилюються та прискорюються вазомоторні реакції, знижується поріг і

зростає об'єм потовиділення, формується механізм м'язового термогенезу (тонус терморегуляції, тремтіння). «Дорослий» рівень терморегуляції досягається до 15–17 років.

У процесі *старіння* знижується інтенсивність основного й загального обмінів, що зменшує процеси теплопродукції, одночасно порушуючи процеси терморегуляції. Такі зміни пов'язані зі зниженням точності оцінки температури навколишнього середовища гіпоталамічними нейронами та зниженням порога підвищення м'язового термогенезу у відповідь на охолодження. Ефективність процесів тепловіддачі з віком також знижується. Наприклад, потовиділення починається після тривалішої теплової дії на організм, ніж у молодих людей. Тому в літніх і старших людей підвищується ризик переохолодження й перегріву.

Вікові особливості органів виділення. Підтримання сталості внутрішнього середовища організму є умовою нормальної діяльності всіх органів і тканин та значною мірою залежить від того, як функціонує система виділення.

У процесі обміну речовин постійно утворюються кінцеві продукти обміну жирів, білків і вуглеводів, які вже не потрібні організму й навіть шкідливі для нього, а тому повинні бути видалені з нього. Процес виділення як складова частина обміну речовин – один із головних у збереженні гомеостазу.

Кінцевими продуктами обміну жирів і вуглеводів є вуглекислий газ та вода. При розпаді білків, крім вуглекислого газу й води, утворюються сечовина, сечова кислота, креатинін, фосфорно- та сірчаноокислі солі й інші сполуки. Кінцеві продукти обміну речовин надходять у кров і виносяться нею до органів виділення.

Нирка в новонароджених і дітей грудного віку округла, горбиста за рахунок часточкової будови. Часточкова будова нирки зберігається до 2–3 років. Довжина нирки в новонародженого становить 4 см, маса – 12 г. У грудному віці розміри нирки збільшуються приблизно в 1,5 раза, а маса досягає 37 г. У період першого дитинства довжина нирки сягає в середньому 8 см, а маса – 56 г, у підлітків довжина нирки

10 см, а маса – 120 г; у період від п'яти до дев'яти років й особливо в 16–19 років розміри нирки збільшуються за рахунок розвитку коркової речовини. Ріст мозкової речовини припиняється до 12 років. Маса коркової речовини нирок збільшується завдяки росту в довжину й ширину звивистих каналців і висхідних частин петель нефронів. Товщина коркової речовини в дорослої людини, порівняно з такою ж у новонародженого, збільшується приблизно в чотири рази, а мозкової – лише у два рази. Фібозна капсула нирки стає добре помітною до п'яти років життя дитини. Жирова капсула починає формуватися лише до періоду першого дитинства, продовжуючи при цьому поступово потовщуватись. До 40–45 років товщина жирової капсули нирки досягає максимальної величини, а в похилому й старечому віці вона потоншується, інколи зникає.

Із віком змінюється топографія нирок. У новонародженого верхній кінець нирки проектується на рівні верхнього краю XII грудного хребця, а в грудному віці (до одного року) – уже на рівні середини тіла XII грудного хребця, що пов'язано зі швидким ростом хребетного стовба. Після 5–7 років положення нирок відносно хребта наближається до такого, як у дорослої людини.

У віці старше 50 років, особливо в старих і виснажених людей, нирки можуть розташовуватися нижче, ніж у молодому віці. У всі періоди життя людини права нирка розташована дещо нижче від лівої.

Сечоводи в новонародженого мають звивистий хід довжиною 5–7 см, яка до чотирьох років збільшується до 15 см. М'язова оболонка в ранньому дитячому віці розвинена слабо.

Сечовий міхур у новонароджених веретеноподібний, у дітей перших років життя – грушеподібний, а в підлітків має форму, характерну для дорослої людини. Ємність сечового міхура в новонароджених становить 50–80 мл, до п'яти років він уміщує 180 мл сечі, а після 13 – 250 мл. У новонародженої дитини циркулярний м'язовий шар у стінці міхура виражений слабо, слизова оболонка розвинена добре, наявні складки.

Верхівка сечового міхура в немовляти досягає половини відстані між пупком і лобковим симфізом, тому сечовий міхур у дівчаток у цьому віці не дотикається до вагіни, а в хлопчиків – до прямої кишки. У віці від одного до трьох років дно сечового міхура розташоване на рівні верхнього краю лобкового симфізу. У підлітків дно сечового міхура міститься на рівні середини, а в юнацькому віці – на рівні нижнього краю лобкового симфізу. У подальшому відбувається опускання дна сечового міхура залежно від стану м'язів сечостатевої діафрагми.

Невеликий об'єм фільтрації в новонароджених і грудних дітей пояснюється низькою величиною системного артеріального тиску, низьким об'ємом фракції серцевого викиду, що поступає безпосередньо в нирки (5 %, порівняно з 20 % в дорослих), меншою інтенсивністю коркового кровотоку, порівняно з мозковим, меншою площею фільтруючої мембрани клубочків, меншим діаметром пор у ній. У новонароджених і грудних дітей добре розвинена реабсорбція білка та глюкози, гірше – реабсорбція амінокислот. У них також дуже активно відбувається процес реабсорбції іонів натрію й хлору (за рахунок високої активності альдостерону), у зв'язку з чим надмірний уміст NaCl в їжі приводить до затримки солі в організмі, через недосконалість у таких дітей механізму осморегуляції в них легко розвиваються набряки (так само, як і при надмірному споживанні води). У новонароджених і грудних дітей понижена здібність до секреції іонів калію, надмірний уміст якого в їжі викликає гіперкаліємію. Селективна регуляція секреції іонів калію розвивається лише до 10 років. У новонароджених і грудних дітей нирки, як органи регуляції кислотно-лужної рівноваги, малоефективні, оскільки в цей період ще не сформовані механізми секреції. Така ситуація особливо повинна враховуватися при вживанні дитиною коров'ячого молока. Концентраційна здатність нирок у новонароджених і грудних дітей теж понижена.

Умовнорефлекторна регуляція сечовипускання формується до кінця першого року життя, хоча привчати дитину сигналізувати про майбутнє сечовипускання слід починати з 3–4 міс. Умовний рефлекс закріплюється до двох років. Проте він ще нестійкий і тому в дітей навіть у віці 7–10 років періодично виникає нічне нетримання сечі (енурез), якому сприяють перевтома, переохолодження, психічна травма, порушення сну, прийом гострої їжі, уживання великої кількості рідини перед сном. У період статевого дозрівання енурез звичайно проходить самостійно.

Шкіра – одна із головних бар'єрних систем організму, яка має морфологічні та фізіологічні особливості в різні вікові періоди. Шкіра відображає стан внутрішніх органів й інших систем здорової та хворої людини.

Шкіра складається з двох головних шарів: надшкір'я (епідермісу) і власне шкіри (дермісу). На ранніх стадіях ембріогенезу надшкір'я має один ряд клітин, між 5 і 7 тижнями внутрішньо-утробного розвитку він стає двошаровим. Внутрішній шар – базальний, який у подальшому утворює всі інші шари шкіри: зернистий, склистий, роговий. Шкірні борозни на підошвах з'являються на 32–34 тижні ембріогенезу, на 40-му вся площа стопи вкрита борознами. Із 20-го тижня шкіра вкривається пушковим волоссям, із 33-го воно починає зникати спочатку з обличчя, потім – із тулуба й кінцівок. На 40 тижні пушкове волосся залишається тільки в ділянці лопаток, а на 42-му – зовсім зникає. Соски грудних залоз з'являються на 34 тижні ембріогенезу, на 36-му – з'являються вузлики залозистої тканини.

Товщина надшкір'я в новонароджених до 0,25 мм (у дорослих – до 0,36 мм). Це пов'язано з будовою шкіри: епідерміс у дітей раннього віку має тільки три шари (базальний, зернистий, роговий), а в дорослої людини – п'ять шарів.

Головний шар добре розвинений, клітини його швидко діляться. Серед базальних клітин є меланоцити, але меланіну в них мало.

Зернистий шар у дітей раннього віку виражений слабо, чим пояснюється прозорість шкіри та її рожевий колір (проглядається колір крові в сітці капілярів). У клітинах зернистого шару в новонароджених відсутній кератогіалін.

Роговий шар у новонароджених дуже тонкий. Структура клітин пухка, має великий уміст води.

Межа між надшкір'ям та власне шкірою в дітей звивиста, нерівна. Базальна мембрана розвинена слабо, тому в дітей із захворюваннями шкіри надшкір'я легко відділяється від власне шкіри, а в місцях тиску швидко з'являються пухирі.

Поверхня шкіри новонародженого вкрита секретом із рН 6,3–5,8 (нейтральний). Протягом першого місяця життя рН знижується до 3,8 (кислий). Це пояснює збільшення бактерицидних властивостей шкіри.

Дерміс у дітей раннього віку має клітинну структуру, а в дорослих – волокнисту з малою кількістю клітинних структур. Тільки у віці шести років у дітей будова дермісу стає такою, як у дорослих, хоча волокна залишаються тонкими. Колагенові та еластичні волокна дермісу повністю оформляються тільки у віці 35 років.

Нігті, волосся й шкірні залози розвиваються з первинних епітеліальних клітин. Нігті з'являються на п'ятому тижні ембріогенезу. У доношеної дитини нігті досягають кінця ложа (це один із критеріїв доношеності).

У перші дні життя ріст нігтів затримується, на нігтьовій пластинці з'являється «фізіологічна» риска. На третьому місяці ця риска досягає вільного краю нігтя. Затримка росту нігтів спостерігається й під час захворювань.

Сальні залози розташовані по всій шкірі, вони відсутні лише на долонях та підшвах, морфологічно дозрівають і починають працювати на сьомому місяці ембріогенезу. У дітей добре працюють сальні залози. У новонароджених сальні залози можуть утворювати невеличкі кісти й на крилах носа протоки сальних залоз закупорюються. На волосистій частині голови завдяки секрету сальних залоз утворюються так звані молочні шкірочки.

Кількість потових залоз у момент народження дитини така сама, як у дорослих. Із часом поверхня тіла дитини збільшується, тому кількість потових залоз на одиницю площі зменшується. У новонародженого на 1 см² поверхні тіла міститься до 1000 залоз, у віці один рік – 500, у 15 років – 200, у дорослих – 150.

Гістологічна будова потових залоз у новонароджених ще не закінчена. Вивідні протоки залоз добре сформовані вже на п'ятому місяці життя дитини. Будова залоз повністю завершується після семи років.

Волосся в доношених новонароджених має такі особливості: воно достатньо розвинуте, але в ньому відсутні волосяні мішечки, що зумовлює швидке випадання волосся; шкіра між лопатками на спині, плечах укрита пушковим волоссям; брови та вії погано розвинуті.

Функції шкіри:

1. Найважливішою функцією є захисна. Її виконує пігмент меланін, який захищає організм від ультрафіолетових променів. У дітей раннього віку слабкість захисної функції зумовлюється поганим розвитком рогового шару, низьким рівнем місцевого імунітету.

2. Тонкий роговий шар та розвинута сітка судинних капілярів зумовлюють підвищену резорбційну функцію.

3. Видільна функція, яка пов'язана з виділенням поту, розвинута недостатньо. Слід обережно застосовувати в дітей креми й мазі, оскільки вони можуть мати токсичну дію.

4. Терморегуляторна функція в дітей розвинута слабо. Центри терморегуляції дозрівають у 3–4 міс., а потові залози функціонують погано. Дитина швидко охолоджується й перегрівається.

5. Дихальна функція шкіри в дітей виражена краще, ніж у дорослих, що забезпечено розвинутою сіткою кровоносних судин, тонким шаром надшкір'я, будовою судинної стінки, яка сприяє швидкому обміну газів. Забруднена шкіра виключає її з акту дихання, що негативно впливає на стан самопочуття дитини.

6. Чутлива функція забезпечується великою кількістю рецепторів шкіри, тому шкіра є п'ятим органом чуття.

7. Синтетична функція шкіри пов'язана з утворенням пігменту меланіну та антирадічного вітаміну D₃.

Під впливом ультрафіолетових променів шкіра синтезує ферменти й біологічно активні речовини.

Підшкірна жирова клітковина складається з окремих жирових клітин. Товщина клітковини в різних місцях тіла дитини різна. Особливо добре розвинута вона на сідницях і підшвах. У дітей раннього віку в підшкірному шарі переважають тверді жирні кислоти з високою точкою плавлення, що зумовлює застигання клітковини при значному зниженні температури.

У момент народження дитини підшкірна жирова клітковина добре розвинута на щоках (грудочки Біша), кінцівках, спині, грудях, гірше – на животі. У новонародженого клітковина складається з бурої жирової тканини. Гістологічно бура тканина відрізняється від білої жирової тканини наявністю великої кількості вакуолей, які мають малі розміри. Головною функцією бурої жирової тканини є утворення тепла, що не пов'язано з м'язовими скороченнями. Із віком ця властивість бурої жирової тканини знижується.

Під час голодування зникає спочатку біла жирова тканина, а потім – бура.

У дітей підшкірний жировий шар становить 12 % від маси тіла (у дорослих – тільки 5 %) і виконує теплозахисну та живильну функції. У віці 5–7 років, а особливо в період статевого дозрівання, з'являється відкладення жирової клітковини в грудній, черевній порожнинах та заочеревинному просторі.

Площа шкіри з розрахунку на кг маси в новонароджених дітей більша, ніж у дорослих (відповідно, 704 до 221 см² / кг маси). Тому в дітей вища тепловіддача, ніж у дорослих. Епідерміс і роговий шар шкіри в дитини досягає «зрілості» в сім років. Кількість потових залоз у людини не змінюється, але густина їх розташування зменшується у зв'язку зі

збільшенням площі поверхні шкіри (у дітей вона вища, ніж у дорослих, у 10 разів). Морфологічної зрілості потові залози досягають у сім років (потовиділення в пахвовій області починається із семи років, а в пахових ділянках – із 14–16 років). Активність сальних залоз істотно зростає в плода напередодні пологів, а в постнатальному періоді – під час статевого дозрівання.

Інволюція видільної системи. При старінні прогресує атрофія ниркової паренхіми, не функціональними стають 30–50 % нефронів, формується нефросклероз. Проте підвищується кровотік у мозковому шарі, що супроводжується інтенсивнішим вимиванням осмотично активних речовин з інтерстиціального простору, що спричинює істотне падіння реабсорбції води в збірних трубках, тобто до зниження концентраційної здатності нирок. Тому в старості часто спостерігається ніктурія, тобто виділення вночі більшої частини добового діурезу. Проте за рахунок збільшеної секреції антидіуретичного гормону (як наслідок – підвищення чутливості гіпоталамічних осморорецепторів) у літніх і старших людей не спостерігається затримка води в організмі. У середньому на цьому віковому етапі об'єм клубочкової фільтрації та концентраційна здатність нирок знижуються до 40–50 %. Зменшення ниркового кровотоку призводить до зниження екскреторної функції нирок. Тому ксенобіотики, включаючи лікарські препарати, недостатньо виводяться з організму. Із віком знижується значення нервової системи в регуляції діяльності нирок, а роль гуморальних чинників підвищується. Наприклад, спостерігається підвищена реакція на адреналін (вона виявляється в зменшенні клубочкової фільтрації), альдостерон та антидіуретичний гормон (АДГ).

Ниркові чашечки, миски й сечоводи при старінні втрачають еластичність, а їхні гладенькі м'язові клітки атрофуються. Швидкість і сила рухів ниркових чашечок і мисок із віком зменшується. Сечоводи з віком стовщуються, утрачають еластичність, розширюються та видовжуються, порушується їхня перистальтика. М'язова стінка сечоводів стає тоншою,

послаблюються сфінктери. Це призводить до ущільнення й збільшення ємності вказаних структур, до порушення ритмічної діяльності та підвищує ймовірність рефлексів. Стінка сечового міхура товщає й ущільнюється, утрачаючи при цьому здатність до розтягування; ємність міхура знижується, що викликає почастищення сечовипускання. Атрофія гладеньких м'язів внутрішнього та зовнішнього сфінктерів сечового міхура, зміна відношення сечівника й дна сечового міхура, що полегшує виділення сечі, а також зниження контролю над сечовипусканням із боку кори великих півкуль сприяють нетриманню сечі. Це особливо характерно для жінок і є характерним симптомом клімактеричного синдрому. У середньому при старінні майже на 50 % зменшується добовий діурез, а також спадає питома густина сечі. Із віком зменшується ефективність захисних механізмів сечового міхура, що забезпечують стерилізацію сечі, у результаті чого спостерігається високий рівень інфікування сечових шляхів.

Отже, формування вегетативних функцій організму в процесі постнатального розвитку має свої особливості та завершується переважно до 6–7 років.

Серцево-судинна система школяра володіє достатніми функціональними можливостями. Разом із тим недосконалість нервової регуляції робить серцево-судинну систему більш лабільною й тому в цьому віці слід уникати значних фізичних та емоційних навантажень. З іншого боку, рухлива активність дитини з початком навчання скорочується майже на 50 %, тобто спостерігається явище зниженої рухової активності – гіподинамія, що може призвести до серцево-судинних захворювань. Рухова активність дитини – важливий фактор розвитку її нервової системи.

У молодших школярів інтенсивність обміну речовин та енергії перебуває на високому рівні, тому вони вимагають повноцінного й достатнього харчування та реагують на дефіцит або порушення балансу білків, жирів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних солей.

У пубертатний період здебільшого завершується розвиток травної, серцево-судинної й дихальної систем. Маса серця та судин до 15–16 років збільшується в 11 разів, частота серцевих скорочень і дихання встановлюються на рівні дорослих, у юнаків формується черевний, у дівчат – грудний тип дихання. Водночас недосконалість нервової регуляції та гормональні зсуви в організмі підлітка сприяють швидким темпам у діяльності серцево-судинної й дихальної систем.

По закінченню підліткового віку організм із періоду бурхливих змін переходить в етап спокійного завершення процесів формування всіх його органів і фізіологічних систем. Старший шкільний вік – це період незначних анатомо-фізіологічних перетворень та досягнення організмом функціонального рівня дорослої людини. Насамперед, це стосується встановлення гормонального балансу, значного підвищення впливу ролі кори головного мозку в регуляції діяльності всіх органів. Із віком відбуваються зниження функцій систем та їх дезінтеграція, причому так інволюційні зміни мають гетерохронний характер.

Питання для самоконтролю:

1. Морфофізіологічні особливості системи крові.
2. Морфофізіологічні особливості системи кровообігу.
3. Анатомо-фізіологічні особливості органів дихання в онтогенезі.
4. Вікові особливості системи травлення.
5. Вікові особливості обміну речовин та енергії.
6. Вікові особливості органів виділення.

РОЗДІЛ 8

ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ЕНДОКРИННОЇ СИСТЕМИ

Загальні закономірності. Ендокринна система організму людини представлена тканинами й органами, клітини яких продукують біологічно активні речовини – гормони. Клітини або зібрані в спеціальні ендокринні залози, звані залозами внутрішньої секреції (щитоподібна, паращитоподібні, підшлункова, статеві залози, надниркові, гіпофіз, епіфіз), або розсіяні в стінках органів (травного тракту, дихальної та сечовидільної систем).

Ендокринна система разом із нервовою регулюють і координують функцію інших органів і систем, але їх дія виявляється по-різному.

Передача інформації за допомогою гормонів здійснюється в десятки разів повільніше, ніж нервова передача, що звичайно дає змогу організму негайно реагувати на різні стимули навколишнього середовища або внутрішні функціональні зміни. Тому під впливом гормонів перебувають ті функції організму, для запуску й регуляції яких потрібні хвилини або години. Ендокринна та нервова системи діють в організмі погоджено; функціонування ендокринної системи перебуває під контролем ЦНС.

Ендокринні залози беруть участь у всіх важливих процесах, що відбуваються в організмі. Гормони діють на генетичний апарат кліток, беручи участь у реалізації генетичної програми розвитку. Вони впливають на всі види обміну речовин, а також на ріст, фізичний і розумовий розвиток. В ембріона людини, що розвивається, під впливом гормонів відбувається диференціювання систем органів. Гормони необхідні для успішного прояву репродуктивних функцій: запліднення, імплантації зародка, вагітності, лактації. Нормальне зростання й розвиток зумовлені сумісною дією гормону росту, тиреоїдних гормонів та інсуліну. Недостатня або надмірна кількість антагоністів інсуліну

чи статевих стероїдів може порушувати ці процеси.

Гіпофіз починає функціонувати з 9–10 тижня внутріутробного періоду. Гіпофіз має ектодермальне походження. Передня й середня (проміжна) частки формуються з епітелію ротової порожнини, нейрогіпофіз (задня частка) – із проміжного мозку. У дітей передня та середня частки розділені щілиною, із часом вона заростає й обидві частки тісно прилягають одна до одної.

У новонароджених хлопчиків маса гіпофізу становить 0,125 г, у дівчаток – 0,250 г, у перші роки життя вона починає збільшуватись, особливо в 4–5-річному віці. До 11 років ріст гіпофіза сповільнюється, а з 11 років знову прискорюється. До періоду статевого дозрівання маса гіпофіза в середньому складає 0,2–0,35 г, до 18–20 років – 0,5–0,65 г. Діаметр гіпофіза до повноліття досягає 10–15 мм.

У новонароджених виключно важливе значення мають тиреотропний, адренокортикотропний гормони й гормон росту, який продукують клітини аденогіпофіза. Рівень гормону росту найбільш високий у новонароджених. Після народження його вміст у крові суттєво знижується, досягаючи норми дорослої людини до 3–5 років.

Соматотропний гормон (СТГ) визначає ростові процеси в організмі. Діти з недостатнім виділенням гормону росту розвиваються в карликів «нормальної» статури. Затримка росту виявляється після двох років, але інтелектуальний розвиток при цьому не порушується. Гормон визначається в гіпофізі 9-тижневого плода. Надалі кількість СТГ у гіпофізі росте й до кінця внутріутробного періоду збільшується у 12 000 разів. У крові СТГ з'являється на 12 тижні внутріутробного розвитку, а в 5–8-місячного плода його приблизно в 100 разів більше, ніж у дорослих. Концентрація СТГ у крові дітей продовжує залишатися високою, хоча протягом першого тижня після народження знижується більш ніж на 50 %. До 3–5 років життя рівень СТГ такий самий, як у дорослих. У новонароджених СТГ бере участь в імунологічному захисті організму, впливаючи на лімфоцити.

СТГ забезпечує нормальний фізичний розвиток дитини. У

фізіологічних умовах секреція гормону носить епізодичний характер. У дітей СТГ секретується 3–4 рази протягом дня. Загальна його кількість, що виділяється під час глибокого нічного сну, значно більша, ніж у дорослих. У зв'язку з цим очевидна необхідність повноцінного сну для нормального розвитку дітей. Із віком секреція СТГ зменшується.

Швидкість росту в пренатальному періоді в декілька разів більша, ніж у постнатальному, проте вплив на ці процеси ендокринних залоз не має вирішального значення. Вважають, що ріст плода перебуває переважно під впливом плацентарних гормонів, факторів материнського організму й залежить від генетичної програми розвитку. Припинення росту настає, імовірно, тому, що змінюється загальна гормональна ситуація у зв'язку з досягненням статевої зрілості: естроген знижує активність СТГ.

Тиреотропний гормон (ТТГ) регулює активність щитоподібної залози відповідно до потреб організму. Клітини, що продукують ТТГ, з'являються у 8-тижневих ембріонів. Протягом усього внутріутробного періоду абсолютний уміст ТТГ у гіпофізі росте й у 4-місячного плода в 3–5 разів більший, ніж у дорослих. Цей рівень зберігається до народження. На щитоподібну залозу плода ТТГ починає впливати з другої третини вагітності, проте залежність функції щитоподібної залози від ТТГ у плода виражена менше, ніж у дорослих.

У перший рік життя дитини концентрація ТТГ у гіпофізі зростає. Значне збільшення синтезу й секреції спостерігається двічі: відразу після народження та в період, що передуює статевому дозріванню (препубертатний). Перше збільшення секреції ТТГ пов'язують з адаптацією новонароджених до умов існування, друге відповідає гормональній перебудові, що включає посилення функції статевих залоз. Максимум секреції гормону досягається у віці від 21 до 30 років, у 51–85 років її величина зменшується удвічі.

Адренкортикотропний гормон (АКТГ) у внутріутробному періоді починає секретуватися з дев'ятого тижня, а на сьомому місяці його вміст у гіпофізі досягає високого рівня. У

цей період наднирники плода реагують на АКТГ – у них збільшується швидкість утворення гідрокортизону та тестостерону. У другій половині внутріутробного розвитку починають діяти не тільки прямі, але й зворотні зв'язки між гіпофізом і наднирниками плода. У новонароджених функціонують усі ланки системи гіпоталамус–гіпофіз–кора наднирників. Із перших годин після народження діти вже реагують на стресові подразники (пов'язані, наприклад, із затяжними пологами, оперативними втручаннями й ін.) підвищенням умісту кортистерону в сечі. Проте ці реакції виражені слабше, ніж у дорослих, у зв'язку з низькою чутливістю гіпоталамічних структур до змін у внутрішньому та зовнішньому середовищі організму. Посилюється вплив ядер гіпоталамуса на функцію аденогіпофіза, що в умовах стресу супроводжується збільшенням секреції АКТГ. У старості чутливість ядер гіпоталамуса знову спадає, із чим пов'язана менша вираженість у літньому віці адаптаційного синдрому.

У період старіння організму маса гіпофіза зменшується в чоловіків і не змінюється в жінок. У старечому віці може спостерігатися васкуляризація гіпофіза. Вікові зміни морфології гіпофіза полягають у тому, що кількість еозинофільних гранулоцитів зменшується зі збільшенням кількості базофільних гранулоцитів, функціональні елементи замінюються на сполучну тканину, спостерігається зменшення його кровопостачання. Але в багатьох людей не відбувається атрофічних змін гіпофіза й він зберігає свій активний стан.

Однією з головних ознак організму є припинення репродуктивної діяльності. Ця діяльність залежить від гонадотропної функції гіпофіза. У жінок вікові зміни гонадотропної функції настають раніше, ніж у чоловіків, що зумовлює більш пізнє зменшення статевої функції в чоловіків.

У жінок віком від 40 до 45 років екскреція гонадотропінів утрачає характер циклічності, у віці 50–59 років збільшується секреція гонадотропінів, після 60 років вона знижується.

Щитоподібна залоза в онтогенезі починає розвиватись однією з перших. Щитоподібна залоза розвивається з випинання

нижньої частини стінки глотки на 3–4 тижні внутріутробного розвитку. На цьому в ній починають формуватися фолікули, до 11 тижня вони вже здатні накопичувати йод, а в кінці третього місяця починається секреція тироксину в кров. До цього моменту в крові є білок, що зв'язує йод. У плода щитоподібна залоза чутлива до стимулюючої дії ТТГ, а тиреоїдні гормони впливають на тиреотропну активність гіпофіза.

Гормони щитоподібної залози виконують важливу роль у розвитку плода, із ними пов'язані процеси росту й диференціювання тканин, особливо ЦНС і нейроендокринних регуляторних систем (гіпоталамус–гіпофіз–гонади, ліпоталамус–гіпофіз–наднирники). При надлишку або нестачі тиреоїдних гормонів у пренатальному онтогенезі порушуються розвиток ЦНС та процес окостеніння. Недостатня функція щитоподібної залози плода може бути частково компенсована гормонами материнського організму, проте після народження дитини дефіцит гормонів стає небезпечним для його росту й розвитку та призводить до кретинізму. До моменту народження щитоподібна залоза є функціонально активною.

У постнатальному розвитку відповідно до морфологічного дозрівання, що продовжується, функція щитоподібної залози вдосконалюється. У новонародженого її маса коливається від 1 до 5 г, причому дещо зменшується до шести місяців, а потім починається період її швидкого збільшення, що продовжується до п'яти років. Із 6–7 років швидкість збільшення маси цієї залози сповільнюється, а в період статевого дозрівання знову швидко збільшується й досягає розмірів залози дорослої людини.

Максимум активності щитоподібної залози досягається в період із 21-го до 30 років, після чого вона поступово знижується. Чутливість тканин до гормонів щитоподібної залози з віком збільшується. У пубертатному періоді у зв'язку з прискореним збільшенням її маси може виникнути стан гіпертиріозу, що виявляється в підвищенні збудливості, аж до неврозу, збільшенні частоти серцевих скорочень, посиленні основного обміну, що призводить до схуднення. Це тимчасове явище

пов'язане з активністю системи гіпофіз–гонади.

Синтез і секреція тиреоїдних гормонів залежать від статевих гормонів. Статеві відмінності у функції залози виявляються як до народження, так і після нього, але особливо в період статевого дозрівання. Статеві гормони тестостерон й естроген впливають на щитоподібну залозу безпосередньо, а також через гіпоталамус і гіпофіз. Естроген має переважно стимулюючий, а тестостерон – гальмуючий вплив на активність залози.

Щитоподібна залоза досягає максимальної маси у віці 40–50 років, у жінок маса залози більша, ніж у чоловіків. У людей старечого віку паренхіма щитоподібної залози неоднорідна: залозиста тканина чергується з прошарками лімфоїдної, фолікули поліморфні, у деяких ділянках фолікули зникають, колоїд гомогенний, стає щільнішим. Зменшується висота клітин фолікулів і кількість сполучної тканини. Артеріосклероз призводить до зниження інтенсивності кровопостачання залози. У процесі старіння відбуваються зміни функціонального стану щитоподібної залози. Із віком знижується активність секреції та затримується процес синтезу йодованих тиронінів. Периферійний ефект тиреоїдних гормонів залежить від концентрації їхніх вільних фракцій у крові. Із віком знижується інтенсивність біосинтезу тиреоїдних гормонів, їх секреція, концентрація в крові, збільшується відносна частка вільного тироксину в кількості гормону, що циркулює в крові. Зниження з віком тироксин зв'язувальної здатності білків крові має пристосувальне значення, яка спрямоване на підтримку постійної концентрації вільної фракції тироксину, що фізіологічно більш активна. Зниження тироксинзв'язувальної функції глобуліну крові призводить до збільшення вільного тироксину, спричиняє до його проникність у тканини в умовах зниженої секреції його щитоподібною залозою.

Паращитоподібні залози формують на 5–6 тижні внутріутробного періоду, тоді ж починається секреція паратгормону, функція якого в плода така ж, як і в дорослих: підтримка нормальної концентрації кальцію в організмі. Цей процес

незалежний від організму матері. У новонароджених маса залоз становить у середньому 5 мг, у дорослої людини – 75–85 мг. Максимальна активність залоз спостерігається в перші сім років життя, особливо в перші два роки. Недостатня продукція паратгормону викликає руйнування зубів, випадання волосся, а надлишок – підвищене скостеніння.

Надирники – це парні утвори, які розташовані за черединою над верхніми полюсами нирок на рівні XI–XII грудних хребців. Кожна надиркова залоза має кірковий шар і мозкову речовину. Гістологічно в корі надиркових залоз розрізняють три зони, кожна з яких виробляє свої гормони, а саме: клубочкова зона синтезує мінералокортикоїди; пучкова – глюкокортикоїди; сітчаста – андрогени.

У новонародженого надирники мають масу близько 7 г. Ріст залоз відбувається до 30 років. Розвиток коркової речовини завершується до початку другого року життя. Із перших днів після народження глюкокортикоїди беруть активну участь у реалізації стрес-реакцій. Найбільше продукування глюкокортикоїдів спостерігається в 1–3 роки, а також у пубертатному періоді. Мозкова речовина надирників продукує катехоламіни (переважно норадреналін), починаючи з 16 тижня внутріутробного періоду. Основний ріст мозкової речовини спостерігається від трьох до восьми років, а також у пубертатний період.

Первинна кора надиркових залоз закладається в ембріона на 4–5 тижні його розвитку. На другому місяці кора ділиться на два шари: тонкий зовнішній (потім розвивається в постійну кору надиркових залоз) і масивніший внутрішній (короткочасна фетальна кора). Із кінця другого місяця починається секреція гормонів. У першій половині вагітності в організмі плода гормони секретуються фетальною корою надиркових залоз, у другій – зовнішньою справжньою корою надиркових залоз. На восьмому тижні ембріогенезу синтезуються гормони – попередники естрогенів. Після шостого місяця внутрішньоутробного розвитку починають вироблятися глюкокортикоїди (кортизон). На п'ятому місяці внутрішньоутробного розвитку

надниркові залози реагують на АКТГ. Перед народженням дитини в крові плода високий рівень глюкокортикоїдів відповідає їх рівню в крові матері. Для плода глюкокортикоїди мають велике значення, оскільки вони потрібні для синтезу й відкладення глікогену в печінці, розвитку загруднинної залози та легень. Глюкокортикоїди необхідні для утворення в легенях сурфактанту. Продукування мінералокортикоїдів починається з четвертого місяця внутрішньоутробного розвитку. У крові плода визначається альдостерон, концентрація якого з часом збільшується. У новонародженої дитини справжня кора надниркових залоз має три зони, як у дорослих. Фетальна кора після народження дегенерує. У перший тиждень життя дитини диференціація фетальної кори відбувається на 50 %, наприкінці першого року життя залишається лише 15 % фетальної кори. Функція кори надниркових залоз після народження значно змінюється. У перші дні життя в новонародженого синтез кортикостероїдів знижений, із 10 дня він підвищується, а з другого тижня стає таким, як у дорослих. На третьому тижні формується добовий ритм секреції.

У дітей віком 1–3 роки секреція кортикостероїдів збільшується. До періоду статевого дозрівання секреція гідрокортизонів нижча, ніж у дорослих. У 12 років їх секреція збільшується, з'являються відмінності вироблення кортикостероїдів: у хлопчиків їх виробляється більше (екскреція кетостероїдів – 8–9 мг), ніж у дівчаток (екскреція кетостероїдів – 7 мг). Порушення діяльності надниркових залоз у дітей призводить до важких хвороб.

Мозкова речовина надниркових залоз формується в онтогенезі пізно. Синтез адреналіну починається з кінця третього місяця внутрішньоутробного розвитку. Адреналіну в плода утворюється мало. У новонароджених мозкова речовина надниркових залоз розвинута недостатньо. Збільшення хромафітних клітин відбувається з 3–4 до 7–8 років. Від народження до семи років маса мозкової речовини збільшується в 2,5 раза (маса тіла дитини – у п'ять разів). У 10 років маса мозкової речовини така сама, як у дорослих. Новонароджені діти

вже з перших днів реагують на стреси, при цьому в них підвищується секреція катехоламінів, переважно норадреналіну. Катехоламіни беруть участь у терморегуляції, посилюють окисні процеси в разі охолодження. Протягом першого року життя секреція катехоламінів посилюється.

У віці від одного до трьох років формується добова й сезонна циклічність вироблення катехоламінів. Виділення норадреналіну має два періоди добового збільшення екскреції: перший – о 9–12 год, другий – о 18–21 год. Екскреція адреналіну мінімальна вночі. Весною катехоламінів виробляється більше. Із віком роль катехоламінів підвищується в адаптогенних реакціях організму, регуляції обміну вуглеводів, діяльності системи кровообігу та інших системах організму. Тому протягом дитячого віку секреція катехоламінів постійно збільшується.

Вікові зміни в структурі надниркових залоз проявляються в розростанні сполучної тканини, часто розвиваються мікроаденоми, вогнищеві гіперплазії, атрофія кіркового шару надниркових залоз. У клітинах кіркового шару також відбуваються дегенеративні зміни в ядрах і мітохондріях, з'являються лізосоми, ліпідні гранули, вакуолі. Клубочкова зона надниркових залоз виділяє мінералокортикоїди, головним гормоном є альдостерон, який підтримує водний баланс організму. У чоловіків значно зменшується виділення альдостерону після 60 років, у жінок – після 70. У клімактеричний період значно зменшуються статеві гормони, які підтримують і посилюють діяльність клубочкової зони безпосередньо й за участю АКТГ передньої частки гіпофіза.

Пучкова зона кори надниркових залоз синтезує глюкокортикоїди, вони регулюють обмін білків, жирів, вуглеводів, підтримують гомеостаз організму, формують адаптивні реакції. Найбільшу біологічну активність мають кортизол і кортикостерон. Із глобуліном зв'язується 75 % кортизолу, 15 % – з альбуміном, тільки 8–10 % загальної кількості кортизолу залишається у вільній, біологічно активній формі. Зниження секреції глюкокортикоїдів починається після 70 років, після 80 їх рівень

становить 75 % від норми в зрілому віці. Уведений кортизон у людини старечого віку зникає з плазми крові значно повільніше, ніж у молоді.

Отже, у людей після 70 років вироблення глюкокортико-стероїдів зменшується, порівняно з людьми молодого віку, але метаболізм їх затримується, що зумовлює збереження цих гормонів у крові. Крім того, змінюється чутливість тканин до сприйняття гормонів.

Сітчаста зона кори надниркових залоз виробляє андростероїди (андростерон, адреностерон). Андрогенна функція кори надниркових залоз значно зменшується вже після 60 років, тоді як глюкокортикоїдна функція змінюється мало й на більш пізніх етапах онтогенезу. Одночасно зростає чутливість кори надниркових залоз до кортикотропіну, зменшуються реактивна властивість залоз, їхні потенційні можливості, швидко наростає виснаження функціональної діяльності надниркових залоз.

Мозкова речовина надниркових залоз є автономною частиною організму, виділяє катехоламіни, від яких залежать процеси старіння організму. У старечому віці знижується синтез медіаторів нервової системи, послаблюється їх захоплення симпатичними гангліями, нервами, відбувається перерозподіл шляхів їх перетворення, підвищується чутливість адренорецепторів. Змінюються сезонні коливання катехоламінів у різних відділах мозку в зрілому й старечому віці, а також добові коливання та коливання в разі стресових станів. Але, незважаючи на геронтологічні зміни надниркових залоз у процесі старіння організму, ці залози залишаються важливим ланцюжком організації людини до найбільш пізніх термінів онтогенезу.

Епіфіз у новонароджених досягає в середньому 0,008 г. Відразу після народження вона зменшується, а потім безперервно зростає до 10–14 років і надалі залишається стабільною (0,118 г). У дівчаток ця залоза дещо більша, ніж у хлопчиків. Після 20 років форма, вага й розміри залози залишаються постійними. У старечому віці епіфіз піддається зворотному розвитку (інволюції). Продукований епіфізом мелатонін гальмує статевий і фізичний розвиток, блокує

функцію щитоподібної залози. Зниження гормонопродукуючої функції епіфіза спостерігається з 4–7 років, у пубертатний період концентрація цього гормону в крові знижена.

Зачатки епіфіза з'являються на 6–7 тижнях внутріутробного періоду. Клітини, що його утворюють, розвиваються з макроглії. Судини в епіфізі формуються на третьому місяці внутріутробного періоду. Припускають, що в цей час епіфіз уже функціонує. Із віком у структурі клітин епіфіза відбуваються зміни.

Підшлункова залоза – паренхіматозний орган, складається з головки, тіла й хвоста. Залоза розташована позаду шлунка на рівні I–II поперекових хребців. Більша частина залози складається із зовнішньосекреторного апарату. До внутрішньосекреторного апарату належать панкреатичні островці (острівці Лангерганса) – скупчення клітин розміром 0,3 мм, що становлять у сукупності 1,5 % об'єму залози. Панкреатичні островці мають чотири види клітин: альфа-клітини (20 %) виробляють гормон глюкагон; бета-клітини (60–80 %) секретують інсулін; гамма-клітини (5 %) не містять секреторних гранул; дельта-клітини виробляють соматостатин.

Інсулін – важливий анаболічний гормон. Вивчено близько 30 різних ефектів, завдяки яким він впливає на клітини організму. Інсулін посилює синтез білків, вуглеводів, нуклеїнових кислот, жирів. Він регулює всі етапи процесу гліколізу в клітинах, збільшує транспорт глюкози в печінку, м'язи, жирову тканину, стимулює синтез глікогену в печінці, знижує рівень глюкози в крові.

Інсулін транспортує амінокислоти через мембрану клітин, синтезує білок і гальмує його розпад, він уключає жирні кислоти в жировий обмін, стимулює синтез ліпідів, сприяє утворенню депо жиру, надлишок білків перетворює на жир.

Глюкагон посилює продукування глюкози печінкою за допомогою стимуляції розкладання глікогену й активації глюконеогенезу, результатом чого є підвищення рівня глюкози в крові, також має ліполітичну дію.

Соматостатин пригнічує секрецію СТГ, АКТГ, ТГГ, гастрину, глюкагону, інсуліну, реніну, секретину, шлункового соку, панкреатичних ферментів й електролітів.

Диференціювання клітин, які секретують інсулін і глюкагон, відбувається протягом третього місяця періоду внутрішньоутробного розвитку. У панкреатичних острівцях секреторні клітини дозрівають наприкінці п'ятого місяця. Синтез інсуліну в плода починається раніше, уже на 8–9 тижні ембріогенезу, але концентрація його залишається низькою до семи місяців. Після сьомого місяця концентрація інсуліну підвищується в п'ять разів і залишається такою до моменту народження.

Уміст глюкагону в процесі внутрішньоутробного розвитку зростає й досягає рівня дорослих. У плода інсулін і глюкагон регулюють вуглеводний обмін і впливають на концентрацію глюкози в плазмі крові. Після народження підшлункова залоза продовжує розвиватися, у тому числі і її внутрішньосекреторний апарат. Збільшується чисельність альфа- й бета-клітин. Зі збільшенням загальної маси залози маса внутрішньосекреторного апарату відносно зменшується. У новонароджених панкреатичні острівці становлять 6 % маси залози, у дітей віком один рік – 1–1,5 % (як у дорослих). Інсулярний апарат адекватно забезпечує організм дитини інсуліном, який необхідний для анаболічних процесів.

При *старінні* структура інсулярного апарату змінюється. Зменшуються кількість і розмір клітин панкреатичних острівців, структура стінок капілярів. У старечому віці спостерігається функціональна пружність бета-клітин, їх гіперфункція, що пов'язано з ущільненням каріоплазми клітин, розширенням периваскулярних пазух, каналців ендоплазматичної сітки, підвищенням тургору мітохондрій. Одночасно в інсулярному апараті відбуваються дистрофічні зміни: вакуолізація мітохондрій, поява вторинних лізосом, ліпідних гранул. Дистрофічні зміни призводять до зменшення активності інсуліну. Гіперфункція інсулярного апарату й підвищення рівня інсуліну в крові в людей після 60 років є реакцією пристосування, що спрямована на підтримання метаболізму глюкози. Однак вікові

зміни залозистих тканин стимулюють діапазон адаптації, що особливо проявляється в умовах цукрового навантаження.

У похилому віці розвиваються недостатність соматостатину, що стає однією з причин порушення толерантності до глюкози. У людей похилого віку відбувається виражена активація бічних ядер гіпоталамуса, які через гіпофіз підвищують секрецію інсуліну. У цих умовах обмежується потенційна можливість регуляції секреції інсуліну. Важливим ланцюжком механізму забезпечення організму інсуліном є реакція тканин на дію гормону. Ефекти інсуліну в тканинах реалізуються через контроль гліколізу, глюконеогенезу, ліпогенезу, біосинтезу РНК і ДНК. Від стану периферійних тканин залежатиме кінцевий біологічний ефект інсуліну. Під час старіння організму, з одного боку, знижується активність гормону, з іншого – відбуваються структурні й метаболічні зміни в тканинах. Із віком спостерігається зниження реактивної можливості тканин, що ще більше порушує інсулінове забезпечення організму.

Тимус (вилочкова залоза) – центральний орган імуногенезу. Розташовується залоза в грудній порожнині за грудиною попереду трахеї. Залоза складається з правої й лівої асиметричних часток. Частки покриті сполучнотканинною капсулою та зовні оточені жировою й рихлою сполучною тканиною, що фіксує залозу. Від капсули вглиб залози відходять сполучнотканинні прошарки, що розділяють її на часточки. Кожна часточка складається з розташованої центрально мозкової речовини, що ззовні оточена кірковою речовиною. Клітки кіркової речовини виділяють біологічно активні речовини, стимулюючи розвиток Т-лімфоцитів. Їх остаточне дозрівання відбувається в периферичних лімфоїдних органах, куди вони доставляються кровотоком.

Закладається залоза на 4–6 тижні внутріутробного розвитку. Найбільша її маса відносно маси тіла характерна для плода та новонародженого.

Після двох років відносна маса залози зменшується, водночас відбувається збільшення її абсолютної маси. Макси-

мальної абсолютної ваги (25–30 г) залоза досягає до 13–14 років, після чого її розвиток призупиняється. Із віком тимус сильно зменшується, заміщаючись сполучною й жировою тканиною. Найбільшим змінам піддається кіркова речовина.

Функції залози пов'язані з розвитком імунітету в період новонародженості та в дитячому віці. Передбачається, що інволюційні зміни залози пов'язані з початком виділення статевих гормонів у пубертатний період.

Статеві залози розвиваються з єдиного ембріонального зародка. Статеве диференціювання відбувається на 7–8 тижні ембріонального розвитку.

Чоловічі статеві залози. На 11–17 тижнях рівень андрогенів у плода чоловічої статі досягає значень, характерних для дорослого організму. Завдяки цьому розвиток статевих гормонів проходить за чоловічим типом. Маса *яєчка* в новонародженого – 0,3 г. Його гормонально продукуюча активність знижена. Під впливом гонадоліберину з 12–13 років вона поступово зростає й до 16–17 років досягає рівня дорослих. Підйом гормонопродукуючої активності викликає пубертатний стрибок росту, появу вторинних статевих ознак, а після 15 років – активацію сперматогенезу.

Жіночі статеві залози. Починаючи з 20 тижня внутрішнього періоду, у *яєчниках* відбувається утворення примордіальних фолікулів. До моменту народження маса яєчника складає 5–6 г, у дорослої жінки – 6–8 г. Протягом постнатального онтогенезу фолікулярні клітини продукують естрогени в різних кількостях залежно від віку. Низький рівень естрогенів до восьми років створює можливість диференціювання гіпоталамусу за жіночим типом. Продукування естрогенів у пубертатному періоді вже достатнє для пубертатного стрибка (росту скелета, а також для розвитку вторинних статевих ознак). Поступовий ріст продукування естрогенів приводить до менархи й становлення регулярного менструального циклу.

Статевий розвиток дівчаток. Після народження статевий розвиток жіночого організму відбувається під

контролем статевих гормонів. У розвитку яєчників виділяють три періоди: *нейтральний, препубертатний і пубертатний*. У перший (*нейтральний*) період (перші 6–7 років) життя дівчинки активність яєчників понижена: дуже поволі ростуть фолікули та ооцити, що містяться в них. У цей час секреція жіночих статевих гормонів (естрогену) незначна.

У другий (*препубертатний*) період, від восьми років до першої менструації, посилюється секреція гонадотропних гормонів гіпофіза, які викликають зростання яєчників. У яєчниках збільшується вироблення естрогену, що приводить до появи вторинних жіночих статевих ознак: із 10 років починається розвиток молочних залоз, а з 12 з'являється волосяний покрив спочатку на великих статевих губах, потім на лобку й у пахвових западинах. У цей же період відбувається інтенсивний ріст скелета, тіло дівчинки набуває жіночого силуету: збільшується ширина таза, а плечі залишаються вузькими.

Третій період (*пубертатний*) у більшості дівчаток настає з 12–13 років, коли з'являється перша менструація. Вона свідчить про те, що в яєчниках почали дозрівати яйцеклітини. У дівчаток-підлітків менструальні цикли звичайно нерегулярні. Вони також можуть бути ановуляторними (без виходу яйцеклітини й утворення жовтого тіла). Інтервали між менструаціями можуть значно подовжуватися, аж до декількох місяців. Регулярний менструальний цикл устанавлюється приблизно до 18 років.

Між 45 і 55 роками настає менопауза: менструальні цикли знову стають нерегулярними, короткими або довгими, потім менструації зникають зовсім.

Регуляція циклічних змін у жіночому організмі пов'язана з гіпоталамо-гіпофізарною системою й гормонами статевих залоз. Разом з ендокринними чинниками на ці процеси здійснюють вплив фізичні, психічні та інші зовнішні й внутрішні дії, такі як різкі зміни умов навколишнього середовища, зміна клімату, емоційні переживання та ін.

Статеве дозрівання хлопчиків. У період статевого дозрівання (підлітковий період) в організмі хлопчиків відбувається

низка змін, що приводять до їх фізичної зрілості. У цей період змінюється психіка хлопця, формується його особа. Тривалість періоду статевого дозрівання охоплює проміжок часу – від 10 до 20 років.

У статевому розвитку хлопчиків можна виділити два періоди: перший – із 10 до 15 років, коли розвиваються статеві органи та вторинні статеві ознаки, і другий – після 15 років, коли починається період сперматогенезу (репродуктивний період). При гіпофункції сім'яників у хлопчиків затримується статеве дозрівання, у зв'язку з чим до 15–16 років можуть сформуватися євнухоподібні (схожі на жіночі) пропорції тіла. При гіперфункції сім'яників у хлопчиків відбувається передчасний ріст зовнішніх статевих органів, ранній розвиток вторинних статевих ознак, посилений розвиток мускулатури, розвивається підвищений статевий потяг. У дітей до пубертатного періоду концентрація тестостерону в крові утримується на невисокому рівні. У пубертатному періоді гормональна активність сім'яників значно збільшується, до 16–17 років концентрація тестостерону в крові наближається до рівня дорослих чоловіків.

Перші ознаки статевого дозрівання хлопчиків – збільшення розмірів сім'яників і зовнішніх статевих органів. Під впливом чоловічих статевих гормонів – андрогенів – з'являються вторинні статеві ознаки: прискорений ріст – до 10 см у рік, волосяний покрив на лобку, у пахвових западинах і на обличчі. Швидко розвивається пояс верхніх кінцівок, плечі розширюються, тоді як таз залишається вузьким. Інтенсивно наростають м'язи, фігура хлопчика поступово набуває чоловічого силуету. Унаслідок інтенсивного росту гортані голос стає нижчим: відбувається так званий «злам» голосу. Зі збільшенням рівня статевих гормонів у крові пов'язана посилена секреція шкірних залоз, особливо на обличчі й спині. Це може стати причиною закупорки протоків залоз і їх запалення, що призводить до появи юнацьких вугрів, які

зникають звичайно до 25–30 років. Андрогенами визначається й чоловіча поведінка.

У період статевого дозрівання передміхурова залоза починає виділяти секрет, який за складом ще відрізняється від секрету передміхурової залози дорослого чоловіка. У середньому до 14 років уже можливе виділення сперми. Воно відбувається найчастіше під час сну й називається поліюцією (від латин. *pollutio* – бруднення). Поява поліюцій – це ознака нормального розвитку сім'яників.

Утворення сперматозоїдів і статевих гормонів у чоловічому організмі продовжується до 50–55 років, потім поступово припиняється.

Отже, ендокринні залози починають функціонувати у внутріутробному періоді. Проте їх розвиток відбувається гетерохронно; при цьому гіпоталамо-гіпофізарний контроль установлюється на останніх етапах внутріутробного розвитку. Гормони й біологічно активні речовини впливають на ріст і розвиток ембріона та плода. Уже зигота продукує ацетилхолін, катехоламіни, серотонін, які необхідні для її дроблення; естрадіол і прогестерон потрібні для перетворення морули в бластоцисту. Гормони плаценти, а також гормони плода важливі для правильного розвитку його органів та систем. Наприклад, глюкокортикоїди необхідні для розвитку легенів, тимусу, кровотворних органів, андрогени – для статевого диференціювання. У постнатальному періоді ендокринна система виконує виключно важливу роль у рості та розвитку організму. Так, гормони щитоподібної залози (T_3 і T_4), гіпофіза (гормону росту), підшлункової залози (інсулін), а також статеві гормони сприяють росту кісток, розвитку м'язової системи, мозку, статевих органів; до початку статевого розвитку провідна роль належить гормону росту, інсуліну, а потім – статевим гормонам. Комплекс гормонів (мелатонін, серотонін, тиреоїдні гормони, гонадоліберін, фолікулостимулюючий гормон (ФСГ), лютенізуючий гормон (ЛГ), андрогени й естрогени) визначає початок і темпи

статевого дозрівання. Слід зазначити, що в період грудного вигодовування з материнським молоком дитина одержує багато гормонів, зокрема пролактин, який виконує важливу роль у становленні репродуктивної функції й у розвитку мозку.

Питання для самоконтролю:

1. Розвиток ендокринних залоз.
2. Фізіологічне значення залоз внутрішньої секреції та їх розвиток у процесі онтогенезу.
3. Вплив змін функціонального стану ендокринної системи дітей і підлітків на вищу нервовому діяльність.
4. Вікові особливості ендокринної ситуації в організмі.

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

Авітаміноз – хворобливий стан, який виникає за нестачі якогось вітаміну чи вітамінів.

Автотрофи – організми, які самостійно виробляють органічні речовини з неорганічних сполук із використанням енергії сонячного світла або енергії хімічних процесів.

Автономна нервова система – частина периферичної нервової системи, яка іннервує всі внутрішні органи, ендокринні залози та мимовільні м'язи шкіри, серце й судини, тобто органи, що здійснюють вегетативні функції в організмі (травлення, дихання, виділення, кровообіг тощо) та становлять внутрішнє середовище організму.

Адаптація – пристосування організму або його окремих органів до певних умов середовища.

Адреналін – гормон мозкової тканини надниркових залоз, що стимулює симпатичну нервову систему.

Аероби – організми, для життєдіяльності яких потрібен вільний кисень.

Акомодація – пристосування ока до чіткого бачення предметів, розміщених на різній відстані від нього.

Аксон – видовжений відросток нейрона, по якому імпульси надходять від його тіла до інших нейронів або органів.

Акромегалія – хвороба, при якій збільшуються розміри не всього тіла, а тільки окремих його частин – носа, підборіддя, язика, рук та ніг, вигляд людини спотворюється.

Актин – скоротливий білок, який функціонує в скелетних м'язах.

Акселерація – прискорення темпів росту й розвитку дітей та підлітків кожного наступного покоління, порівняно з попереднім.

Алергія – стан підвищеної чутливості організму у відповідь на дію алергенів.

Алкоголізм – захворювання, спричинене систематичним уживанням алкогольних напоїв; характеризується патологічним потягом до них.

Альвеоли – мікроскопічні міхурці легенів, де відбувається газообмін між кров'ю та вдихуванням повітрям.

Анаболізм (або **асиміляція**) – сукупність хімічних процесів у живому організмі, у результаті яких синтезуються складні органічні речовини з простих із накопиченням енергії.

Анаероби – організми, життєдіяльність яких відбувається за відсутності вільного кисню.

Аналізатор (або **сенсорна система**) – це система, яка забезпечує сприймання, передачу й переробку інформації про явища навколишнього середовища.

Анатомія людини – наука, що вивчає форму та будову організму, органів і тканин людини у зв'язку з їхніми функціями в процесі філогенезу та онтогенезу.

Анемія – недокрів'я, хворобливий стан, ознакою якого є нестача еритроцитів та гемоглобіну.

Антигени – високомолекулярні сполуки, здатні стимулювати імунокомпетентні лімфоїдні клітини та забезпечувати імунну відповідь.

Антитіла – глобуліни сироватки крові людини чи тварини, що утворюються у відповідь на потрапляння в організм різних антигенів.

Аорта – найбільша артерія тіла людини, що виходить із лівого шлуночка.

Апетит – потяг до певного виду їжі.

Аритмія – порушення серцевого ритму.

Артеріальна кров – кров, збагачена киснем.

Артерії – кровоносні судини, що несуть кров від серця до органів та тканин організму.

Асиміляція – зміни й засвоєння речовин, що надходять в організм із зовнішнього середовища, утворення складних хімічних сполук із простіших, творення, синтез речовин, необхідних для живого організму.

Біологічний вік визначається сукупністю анатомічних і фізіологічних особливостей організму, що відповідають віковим нормам для цієї популяції.

Біологія – це сукупність наук про живі істоти, їхню будову, процеси життєдіяльності, взаємозв'язки між собою та умовами навколишнього середовища, закономірності розповсюдження по земній кулі, походження, історичний розвиток, різноманітність тощо.

Вакцина – препарат, виготовлений з ослаблених чи вбитих бактерій, вірусів або їхніх токсинів; застосовують для створення активного штучного імунітету та лікування інфекційних хвороб.

Вакцинація – профілактичне щеплення.

Валеологія – наука про формування, зміцнення та збереження здоров'я.

Вегетативна нервова система – частина нервової системи, яка регулює діяльність внутрішніх органів, залоз, кровоносних і лімфатичних судин, непосмугованих та деяких посмугованих м'язів, обмін речовин.

Вени – кровоносні судини, що несуть кров від органів та тканин до серця.

Венозна кров – кров без кисню, збагачена вуглекислим газом.

Відчуття – це процес відображення в мозку людини окремих властивостей, якостей предметів і явищ об'єктивної дійсності внаслідок їх безпосереднього впливу на органи чуттів.

Вітаміни – група фізіологічно активних органічних сполук різноманітної хімічної природи, які в невеликих кількостях життєво необхідні для нормального функціонування організму.

Виділення – процес виведення з організму непотрібних і шкідливих продуктів обміну речовин (вода, вуглекислий газ, аміак, сечовина, сечова кислота).

Ганглій – нервовий вузол, скупчення нервових клітин, що переробляють одержані ними сигнали.

Гельмінтологія – розділ паразитології, який вивчає паразитичних червів та захворювання, що ними викликаються.

Гемоглобін – залізовмісний пігмент еритроцитів, який зв'язує та переносить кисень від органів дихання до тканин.

Гемоліз – руйнування еритроцитів крові (наприклад у гіпотонічному розчині).

Гемофілія – спадкова хвороба, що виникає, коли порушена функція згортання крові.

Геронтологія – наука, яка займається проблемами старіння людини, з'ясовує основні його закономірності – від молекулярного й клітинного рівнів до цілісного організму.

Гетеротрофи – організми, які живляться готовими органічними речовинами.

Гігієна – наука, що розробляє та впроваджує методи запобігання захворюванням, вивчає вплив різних чинників довкілля й виробництва на здоров'я людини.

Гіпервітаміноз – хворобливий стан, який виникає за надмірного надходження певного вітаміну до організму.

Гіпертонія – стан підвищеного кров'яного тиску.

Гіповітаміноз – хворобливий стан, який виникає за недостатнього надходження певного вітаміну до організму.

Гіпотонія – стан пониженого кров'яного тиску.

Гломерулонефрит – запальний інфекційно-алергічний процес, що перебігає в обох нирках із переважним ураженням клубочкового апарату.

Гомеостаз – стан відносної сталості внутрішнього середовища організму за певних умов довкілля та змін в організмі.

Гормони – біологічно активні речовини, які виробляють залози внутрішньої секреції.

Дендрит – короткий, дуже розгалужений відросток нейрона, по якому збудження проводиться до тіла нервової клітини від рецепторів або інших нервових клітин.

Діурез (від грец. *diureo* – виділяю сечу) – процес утворення й виділення сечі з організму.

Динамічний стереотип – це послідовний ланцюг умовно-рефлекторних актів, які здійснюються в строго визначеному, закріпленому в часі порядку та є наслідком складної системної реакції організму на складну систему позитивних (тих, що підкріплюються) і негативних (або гальмівних) умовних подразників.

Дисиміляція – це розпад, розщеплення складних органічних сполук на простіші речовини із вивільненням енергії.

Дистонія – порушення тону судин, у результаті чого порушується кровообіг і кровопостачання органів.

Домінанта – це панівна ділянка кори великих півкуль головного мозку, яка залучає до себе збудження з інших центрів, нагромаджує їх і гальмує їхню здатність реагувати на подразники, що за інших умов мали б їх збуджувати.

Екстерорецептори – чутливі утворення, що здійснюють сприйняття подразнень від довкілля.

Ектодерма – зовнішній зародковий листок.

Емоції – це суб'єктивний стан людини, що виникає у відповідь на дію внутрішніх чи зовнішніх подразників і проявляється у формі переживань.

Ендокринологія – наука про залози внутрішньої секреції та їхні гормони.

Ендоплазматична сітка – система мембран, що утворюють велику кількість каналів, трубочок, цистерн, завдяки чому значно збільшується внутрішня поверхня клітини й клітина поділяється на велику кількість комірок, що відіграє важливу роль у регуляції внутрішньоклітинних ферментних систем, транспорті речовин та перебігу процесів обміну.

Ендокард – внутрішня сполучнотканинна оболонка серця.

Енергетичний обмін – сукупність реакцій розщеплення складних сполук, які супроводжуються виділенням енергії.

Ентодерма – внутрішній зародковий листок.

Епідерміс – зовнішній шар шкіри, утворений епітеліальною тканиною.

Епікард – зовнішня сполучнотканинна оболонка серця.

Епітеліальна тканина (або епітелій) – тканина, що складається з клітин, які щільно прилягають одна до одної та вкривають тіло ззовні, вистилають порожнини тіла та внутрішніх органів, а також утворюють більшість залоз.

Еритроцити – клітини крові, які здійснюють транспорт газів.

Імунітет – сукупність захисних механізмів організму проти чужорідних чинників – бактерій, вірусів, отрут.

Інтерорецептори – чутливі утворення, що сприймають зміни внутрішнього середовища організму.

Капіляри – найдрібніші кровоносні судини, що пронизують органи й тканини організмів із замкненою кровоносною системою.

Карієс – процес руйнування зуба.

Каріоплазма – уміст клітинного ядра, оточений ядерною оболонкою.

Каріотип – сукупність ознак хромосомного набору (кількість хромосом, їхня форма й розміри).

Катаболізм (або дисиміляція) – сукупність ферментативних реакцій у живому організмі, у результаті яких відбувається розпад органічних речовин на простіші сполуки із вивільненням значної кількості енергії, потрібної для життя організму.

Клітина – основна структурна й функціональна одиниця всіх живих організмів, елементарна біологічна система.

Комплекс Гольджі складається із системи плоских замкнених мішечків-цистерн, великих вакуоль і дрібних міхурців, обмежених мембранами, та забезпечує зберігання, пакування й транспорт речовин, синтезованих на мембранах ендоплазматичної сітки або ним самим.

Концентрація (або зосередженість) уваги означає, що всі думки й дії людини зосереджені на чомусь одному, що на цей момент її найбільше цікавить.

Косметика – комплекс заходів та індивідуальних засобів, спрямованих на покращення зовнішності людини.

Лейкопенія – зменшення кількості лейкоцитів у крові нижче норми.

Лейкоцити – безбарвні ядерні клітини крові, які виконують захисні функції, забезпечуючи імунні реакції організму.

Лізосоми – одномембранні органели клітини з високим умістом ферментів, здатних розщеплювати органічні речовини, бактерії, відпрацьовані елементи клітинних структур.

Лімфа – це рідка тканина організму, що міститься в його лімфатичній системі.

Лімфоцити – лейкоцити, які утворюються в лімфовузлах і селезінці.

Медіатор – фізіологічно активні речовини, завдяки яким у нервовій системі відбуваються контактні міжклітинні взаємодії; виробляються нервовими та рецепторними клітинами.

Медицина – наука, що вивчає причини й механізми розвитку хвороби, різні її прояви, методи лікування.

Мейоз – поділ клітини, при якому відбувається зменшення кількості хромосом удвічі, причому з однієї диплоїдної клітини утворюються чотири гаплоїдні.

Меланін – пігмент шкіри, волосся, сітківки ока.

Мембрана плазматична обмежує внутрішнє середовище клітини та виконує різноманітні функції: бар'єрну, обмін речовин, сприймає подразнення, бере участь у формуванні захисних реакцій (імунітету), забезпечує контакти між клітинами багатоклітинних організмів.

Метаболізм (або обмін речовин) – це сукупність основних функцій організму, яка складається з надходження в організм із довкілля поживних речовин і кисню, їх змін у клітинах організму та виділення з клітин організму продуктів обміну.

Міокард – м'яз серця.

Міозин – скоротливий білок, який функціонує в скелетних м'язах.

Міофібрили – скоротливі нитки в саркоплазмі поштовгованих м'язових волокон, які забезпечують м'язове скорочення.

Мітоз – непрямий поділ клітини, при якому з однієї материнської диплоїдної клітини утворюються дві ідентичні дочірні диплоїдні клітини.

Мітохондрії – органели клітин рослинних і тваринних організмів у вигляді округлих тілець, паличок, ниток, що забезпечують вироблення, нагромадження й розподіл енергії в клітині.

Недокрів'я – хворобливий стан, ознакою якого є брак еритроцитів та гемоглобіну.

Нейрон – нервова клітина.

Нефрон – основна структурно-функціональна одиниця нирки, що складається з ниркового клубочка, капсули, звивистих і прямих каналців, збиральних трубочок.

Нуклеоплазма – те саме, що й каріоплазма.

Обмін речовин (або **метаболізм**) – це складний біологічний процес, пов'язаний із надходженням в організм із довкілля поживних речовин і кисню, перетворенням їх у клітинах організму, засвоєнням та виділенням із клітин організму кінцевих продуктів розпаду.

Обсяг уваги – це кількість предметів або явищ, які одночасно можуть бути охоплені увагою й сприйняті в найкоротший час.

Овогенез – процес утворення жіночих статевих клітин.

Окістя – тонка сполучнотканинна оболонка кістки.

Онтогенез – індивідуальний розвиток живого організму з моменту зародження до природної смерті. Термін запропонував німецький учений Е. Геккель (1866 р.).

Орган – частина тіла, що має певну форму, будову, місце в тілі та виконує одну або кілька функцій.

Органели – постійні структурні компоненти клітини, що виконують життєво необхідні функції.

Організм – це цілісна біологічна система, яка забезпечує всі основні життєві процеси.

Органічні речовини – це такі речовини, які мають скелети з ковалентно зв'язаних атомів вуглецю.

Основний обмін – найменша кількість енергії, яка витрачається організмом для підтримання життя в стані повного м'язового спокою натщесерце й при температурі довкілля близько 20–22°C.

Остеон – структурна одиниця компактної речовини кістки.

Остеоцити – клітини кісткової тканини.

Охрястя – зовнішній сполучнотканинний шар хряща.

Пам'ять – властивість живої матерії, завдяки якій живі організми здатні сприймати зовнішні дії, закріплювати, зберігати й відтворити одержану інформацію.

Парасимпатична нервова система – відділ вегетативної нервової системи, що забезпечує нормальну життєдіяльність людського організму в стані спокою та під час сну (уповільнює скорочення серця й зменшує їх силу, звужує зіниці, знижує кров'яний тиск).

Переключення уваги – це активний процес, який полягає в здатності людини за потреби міняти фокус своєї зацікавленості з одного предмета чи явища на інші.

Перикард – еластична навколосерцева сумка.

Перистальтика – ритмічні хвилеподібні скорочення шлунка та кишечника, що здійснюють подрібнення, перемішування харчової кашки та просування її вздовж травного тракту.

Пієлонефрит – інфекційне захворювання нирок, пов'язане з інфекцією сечовивідних шляхів, тобто з висхідною інфекцією.

Пізнавальна діяльність – це процес відображення в психіці людини предметів і явищ довкілля, на основі якого формуються знання, виникають цілі й мотиви діяльності.

Пластичний обмін – сукупність реакцій синтезу, що забезпечують ріст клітин і поновлення їхнього хімічного складу.

Плацента – орган, що забезпечує зв'язок між зародком та організмом матері в процесі внутрішньоутробного розвитку.

Постава – це звичне положення тіла людини під час ходьби, стояння, сидіння чи роботи.

Працездатність – це здатність людини розвинути максимум енергії та, економічно витрачаючи її, досягти поставленої мети, якісно виконуючи розумову й фізичну роботи.

Пропріорецептори – чутливі утворення, що сигналізують про положення та рух тіла; містяться в м'язах і сприймають скорочення й розтягнення мускулатури.

Пульс – це ритмічне коливання стінки артерії в такт скорочення серця.

Реабсорбція – зворотне всмоктування води й розчинених у ній речовин первинної сечі, що переміщується по каналцях.

Реанімація – це низка термінових заходів, спрямованих на відновлення життєдіяльності організму.

Регенерація – відновлення організмом утрачених чи пошкоджених органів або тканин.

Рецептор – чутливе периферичне нервово закінчення, яке сприймає подразнення та перетворює його на нервові імпульси; перша ланка рефлекторної дуги.

Рефлекс – реакція організму за участю нервової системи на подразнення.

Рефракція – це заломлювальна здатність ока при спокої акомодациї, тобто коли кристалик максимально сплющений.

Ріст – збільшення розмірів організму людини або окремих його частин та органів унаслідок збільшення кількості клітин методом поділу, їх лінійного розтягування й внутрішньої диференціації.

Рибоза ($C_5H_{10}O_5$) – моносахарид із групи пентоз. Рибоза входить до складу рибонуклеїнових кислот та інших важливих біологічних речовин.

Рибосоми – немембранні органели клітин рослин і тварин, що містять РНК і здійснюють біосинтез білка.

Риніт – нежить, запальний процес у слизовій оболонці носової порожнини.

Розвиток – якісні зміни, що приводять до формування людського організму або його різних частин і органів.

Розмноження – притаманна всім живим істотам властивість відтворення собі подібних, завдяки чому забезпечуються безперервність і спадковість життя.

Саморегуляція – здатність біологічних систем (клітини, організму, біоценозу тощо) автоматично підтримувати сталий стан організму.

Симпатична нервова система – це відділ автономної (вегетативної) нервової системи, що регулює діяльність кровоносних судин, внутрішніх органів (прискорює й підсилює скорочення серця, розширює зіниці, підвищує кров'яний тиск, підсилює обмін речовин тощо).

Синапси – спеціалізовані функціональні контакти між збудливими клітинами (нервовими, м'язовими, секреторними), які необхідні для передачі й перетворення нервових імпульсів.

Система органів – сукупність органів, що взаємопов'язані анатомічно та функціонально.

Скелет – сукупність твердих тканин в організмі, які слугують опорою тіла чи окремих його частин і захищають його від механічних пошкоджень.

Сновидіння – це комбінація вражень, які виникають під час сну й зберігаються в мозку.

Соматична нервова система – частина периферичної нервової системи, яка іннервує мускулатуру скелета та деяких внутрішніх органів – язика, глотки, гортані, очного яблука, середнього вуха.

Сперматогенез – процес утворення чоловічих статевих клітин.

Сперматозоїди – чоловічі гамети.

Сприймання – це відображення в корі головного мозку цілісних образів предметів і явищ дійсності в результаті їх безпосередньої дії на органи чуття.

Стійкість уваги – це той час, протягом якого людина може концентрувати увагу на предметі своєї зацікавленості або у зв'язку з необхідністю.

Судження – це форма мислення, у якій утверджується або заперечується наявність у предметах і явищах тих чи інших ознак, властивостей, зв'язків або відношень між ними.

Темперамент – це індивідуальна особливість людини, що проявляється в силі емоційних реакцій, а також у збудливості, урівноваженості, швидкості, ритму та інтенсивності психічних процесів.

Тканина – система клітин і міжклітинної речовини, об'єднаних спільною функцією, будовою та походженням.

Травлення – сукупність процесів, що забезпечують механічне та хімічне розщеплення їжі на компоненти, які можуть засвоюватись організмом і включатися в обмін речовин.

Травма – це порушення цілісності та функції тканин (органів) унаслідок зовнішнього впливу.

Травна система – це комплекс органів, які забезпечують надходження в організм і перетворення їжі та води в ньому на прості хімічні сполуки, які здатні засвоюватись або виводитись.

Тромб – щільний згусток крові, що закупорює кровоносну судину.

Тромбоз – процес закупорювання судин тромбом.

Тромбоцити – формені елементи крові, які містять важливий чинник згортання крові й забезпечують процеси зсідання крові, запобігаючи крововтратам при пошкодженні стінок кровоносних судин. У ссавців тромбоцити – це окремі частки велетенських клітин червоного кісткового мозку, позбавлені ядер.

Туберкульоз – тяжке хронічне інфекційне захворювання, спричинене туберкульозною паличкою.

Увага – спрямованість психічної діяльності людини на певні предмети або явища дійсності за умови абстрагування від усього іншого.

Умовивід – одна з основних форм теоретичного мислення, у якій з одного або декількох суджень виводиться нове, з одного знання набувається інше.

Уявлення – чуттєво-наочний образ предметів або явищ дійсності, які раніше діяли на органи чуття.

Фагоцити – загальна назва рухливих клітин багатоклітинного організму, що здатні захоплювати та перетравлювати мікроорганізми, зруйновані клітини та сторонні тіла.

Фагоцитоз – процес поглинання та перетравлення мікроорганізмів, зруйнованих клітин та сторонніх часток одноклітинним організмом або особливими клітинами (фагоцитами) багатоклітинного організму.

Ферменти – певний клас білків, що прискорюють біохімічні реакції.

Фізичний розвиток дитини – це фізіологічне дозрівання клітин, тканин, органів і всього організму.

Фібрин – згортувальний білок крові.

Фібриноген – неактивний попередник фібрину.

Фізіологічні системи – це анатомічне або функціональне об'єднання органів, які в організмі виконують спільну функцію.

Фізіологія – наука про функції живого організму як єдиного цілого, про процеси, що відбуваються в ньому на всіх його структурних рівнях: клітинному, тканинному, органному, системному й організменому.

Філогенез – історичний розвиток окремих видів, родів, родин та інших систематичних груп органічного світу. Термін запровадив німецький біолог-еволюціоніст Ернст Геккель (1866).

Функціональні системи – взаємоузгоджене об'єднання різних органів і фізіологічних систем, спрямоване на досягнення корисного для організму пристосувального результату.

Харчування – це сукупність механічних, фізичних та хімічних процесів, що сприяють засвоєнню організмом поживних речовин, потрібних для підтримання життя, здоров'я та працездатності людини.

Холецистит – запалення жовчного міхура.

Хондроцити – клітини хрящової тканини.

Хроматида – одна з двох поздовжніх структурних одиниць хромосоми.

Хромосоми – найважливіші структури ядра клітини, що забезпечують передачу спадкової інформації від клітини до клітини та від покоління до покоління, а також реалізацію цієї інформації в процесі індивідуального розвитку в організмі. Уперше цей термін описав і запропонував німецький анатом і гістолог В. Вальдейєр (1888 р.).

Хронологічний вік – це період (у роках, місяцях, днях), прожитий від дня народження до певного моменту.

Центромера (від латин. *центрум* – середина, грец. *мерос* – частина) – первинна перетяжка хромосоми, що ділить її на два плеча.

Цинга – захворювання, спричинене нестачею в організмі вітаміну С.

Цитокінез (від грец. *kytos* – клітина, *kinesis* – рух) – процес поділу материнської клітини на дві дочірні через утворення клітинної перегородки.

Цитологія (від грец. *kytos* – клітина, *logos* – учення) – наука про клітину.

Цитоплазма (від грец. *kytos* – клітина, *plasma* – оформлене) – це внутрішнє середовище клітини, яке являє собою неоднорідну колоїдну речовину з розміщеними в ній ядром та органелами.

Ядро (від латин. *nucleus* – ядро, від грец. *karion* – ядро) – складова частина живої клітини, яка зберігає спадкову інформацію, передає її дочірнім клітинам під час поділу й керує життєвими процесами.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агаджанян Н. А. Физиология человека / Н. А. Агаджанян, Л. З. Тель, В. И. Циркин, С. А. Чеснокова. – СПб. : Сотис, 1998. – 526 с.
2. Аносов І. П. Вікова фізіологія з основами шкільної гігієни : навч. посіб. / І. П. Аносов, В. Х. Хоматов, Н. Г. Сидор'як, Т. І. Станішевська, Л. В. Антоновська. – Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 433 с.
3. Батуев А. С. Малый практикум по физиологии человека и животных : учеб. пособие / под ред. А. С. Батуева. – СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2001. – 348 с.
4. Бугаев К. Е. Возрастная физиология / К. Е. Бугаев [и др.]. – Ростов н / Д : Ворошиловградская правда, 1975. – С. 80–85.
5. Возрастная физиология (физиология развития ребёнка) : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / М. М. Безруких, В. Д. Сонькин, Д. А. Фарбер. – М. : Изд. центр «Академия», 2002. — 416 с.
6. Возрастная анатомия, физиология и школьная гигиена [Текст] : учеб. пособие / Н. Ф. Лысова, Р. И. Айзман, Я. Л. Завьялова, В. М. Ширшова. – Новосибирск : Сиб. университет. изд-во, 2009. — 398 с.
7. Головацький А. С. Анатомія людини : у 3 т. Т. 1 / А. С. Головацький [та ін.]. – Вінниця : Нова кн., 2006. – 368 с.
8. Головацький А. С. Анатомія людини : у 3 т. Т. 2 / А. С. Головацький [та ін.]. – Вінниця : Нова кн., 2007. – 456 с.
9. Головацький А. С. Анатомія людини : у 3 т. Т. 3 / А. С. Головацький [та ін.]. – Вінниця : Нова кн., 2009. – 376 с.
10. Гжегоцький М. Р. Система крові: Фізіологічні та клінічні основи : навч. посіб. для студ. вищ. мед. закл. освіти III–IV рівнів акредитації / М. Р. Гжегоцький, О. С. Заячківська. – Львів : Світ, 2001. – 175 с.
11. Гіттік Л. С. Вступ до загальної фізіології людини і

тварин : навч. посіб. / Л. С. Гіттик. – Луцьк : РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2000. – 100 с.

12. Дубровский В. И. Валеология. Здоровый образ жизни / В. И. Дубровский. – М. : Флинта, 1999. – 560 с.

13. Ермолаев Ю. А. Возрастная физиология / Ю. А. Ермолаев. – М. : Высш. шк., 1985. – 384 с.

14. Залози внутрішньої секреції та обмін речовин : опорний конспект лекцій / уклад С. Є. Швайко, В. П. Пикалюк, О. Р. Дмитроца, Т. Я. Шевчук, Т. Ф. Поручинська, А. І. Поручинський, Т. С. Комшук. – Луцьк : [б. в.], 2009. – 388 с.

15. Коцун О. М. Психофізіологія : навч. посіб. / О. М. Коцун. – К. : Центр навч. л-ри, 2006. – 184 с.

16. Коцан І. Я. Вплив малих доз іонізуючого випромінювання на психофізіологічні функції та стан інтегративних систем організму людей, які постійно проживають на радіоактивно забрудненій території : монографія / І. Я. Коцан, Н. О. Козачук, О. А. Журавльов. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2009. – 183 с.

17. Коцан І. Я. Анатомія людини : підруч. для студ. вищ. навч. закл / І. Я. Коцан [та ін.]. – Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2010. – 902 с.

18. Леонтьева Н. Н. Анатомия и физиология детского организма (основы учения о клетке и развитии организма, нервная система, опорно-двигат. аппарат) : учеб. для студ. пед. ин-тов по спец. № 2111 «Педагогика и психология (дошк.)». – 2-е изд., перераб. / Н. Н. Леонтьева, К. В. Маринова. – М. : Просвещение, 1986. – 287 с. : ил.

19. Любимова З. В. Возрастная физиология : в 2 ч. Ч. 1 : учебник / З. В. Любимова, Н. В. Маринова, А. А. Никитина. – М. : ВЛАДОС, 2004. – 304 с.

20. Маруненко І. М. Анатомія і вікова фізіологія з основами шкільної гігієни : курс лекцій для студ. небіологічних спец. вищ. пед. навч. закл. / І. М. Маруненко, Є. О. Неведомська, В. І. Бобрицька. – К. : Професіонал, 2004. – 480 с.

21. Медична біологія : підручник / за ред. В. П. Пішака, Ю. І. Мажори. – Вінниця : Нова кн., 2004. – 656 с. : іл.
22. Начала физиологии : учеб. для вузов / под ред. акад. А. Д. Ноздрачева. – СПб. : Лань, 2001. – 1088 с.
23. Обреимова Н. И. Основы анатомии, физиологии и гигиены детей и подростков / Н. И. Обреимова, А. С. Петрухин. – М. : Изд. Центр «Академия», 2000. – 376 с.
24. Пикалюк В. С. Філо-, онтогенез органів і систем людини / В. С. Пикалюк, А. Ю. Османов. – Сімферополь : Доля, 2011. – 312 с.
25. Плахтій П. Фізіологія людини. Нейрогуморальна регуляція функцій : навч. посіб. / П. Плахтій, О. Кучерук. – К. : ВД «Професіонал», 2006. – 336 с.
26. Плахтій П. Д. Фізіологія людини. Обмін речовин і енергозабезпечення м'язової діяльності : навч. посіб. / П. Д. Плахтій. – К. : ВД «Професіонал», 2006 – 464 с.
27. Плиска О. І. Фізіологія : навч. посіб. / О. І. Плиска. – К. : Парламент. ви-во, 2004. – 362 с.
28. Сапин М. Р. Анатомия и физиология детей и подростков / М. Р. Сапин, З. Г. Брыскина. – М. : Академия, 2004. – 456 с.
29. Сапин М. Р. Анатомия и физиология человека (с возрастными особенностями детского организма) / М. Р. Сапин, В. И. Сивоглазов. – М. : Изд. центр «Академия», 1999. – 448 с.
30. Сиротюк А. Л. Нейропсихологическое и психофизиологическое сопровождение обучения / А. Л. Сиротюк. – М. : ТЦ Сфера, 2003. – 288 с.
31. Смирнов В. М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность. – 2-е изд., стер. / В. М. Смирнов, С. М. Будылина. – М. : Академия, 2004. – 304 с.
32. Старушенко Л. І. Клінічна анатомія і фізіологія людини : навч. посіб. / Л. І. Старушенко. – К. : УСМП, 2001. – С. 33–60.
33. Тарасюк В. С. Ріст і розвиток людини / В. С. Тарасюк [та ін.] ; за ред. проф. В. С. Тарасюка. – К. : Здоров'я, 2002. –

456 с.

34. Теппермен Дж. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. Вводный курс : пер. с англ. / Дж. Теппермен, Х. Теппермен – М. : Мир, 1989. – 656 с.

35. Ріст і розвиток людини : навч. посіб. / О. Ф. Гаврилюк, Л. С. Залюбківська. – К. : ВСВ «Медицина», 2010. – 168 с.

36. Филатова С. А. Геронтология / С. А. Филатова, Л. П. Безденежная, Л. С. Андреева. – Ростов н / Д : Феникс, 2004. – 512 с. – (Серия «СПО»).

37. Чайченко Г. М. Фізіологія людини і тварин / Г. М. Чайченко, В. О. Цибенко, В. Д. Сокур. – К. : Вища шк., 2003. – 463 с.

38. Шевчук Т. Я. Сучасні проблеми спадковості: конспект лекцій : [навч. посіб.] / Т. Я. Шевчук, О. Р. Дмитроца. – Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки ; ВМА «Терен», 2011. – 124 с. – (Посіб. та підруч. ВНУ ім. Лесі Українки).

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Навчальне видання

Коцан Ігор Ярославович
Швайко Світлана Євгенівна
Дмитроца Олена Романівна

ВІКОВА ФІЗІОЛОГІЯ

Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України

Редактор і коректор *Г. О. Дробот*
Технічний редактор *І. В. Захарчук*

Формат 60x84 ¹/₈. Обсяг 43,71 ум. друк. арк., 43,65 обл.-вид. арк.

Наклад 300 пр. Зам. 353.

Редакція, видавець і виготовлювач – Вежа-Друк

(м. Луцьк, вул. Бойка, 1, тел. (0332) 29-90-65).
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4039 від 08.04.2011 р.