

**А. Г. МОРЕНКО**

**ФІЗІОЛОГІЯ**

**НЕРВОВО-М'ЯЗОВОГО  
АПАРАТУ**

**Лабораторний журнал**

УДК 612.81 (075.8)  
ББК 28.981 я 73  
М 79

*Рекомендовано рішенням методичної ради Волинського національного університету імені Лесі Українки від 21.12.2020 р.*

Укладач: *Алевтина Григорівна Моренко*, к.б.н., доцент кафедри фізіології людини і тварин ВНУ імені Лесі Українки

Рецензент: *Світлана Євгенівна Швайко*, к.б.н., професор кафедри фізіології людини і тварин ВНУ імені Лесі Українки;

М 79 Фізіологія нервово-м'язового апарату: Лабораторний журнал. /  
Укладач А. Г. Моренко

Лабораторний журнал складений згідно діючої робочої програми з фізіології нервово-м'язового апарату і розрахований для студентів біологічних факультетів університетів. Включає лабораторні роботи, присвячені дослідженню електричних та механічних властивостей м'язів людини.

УДК 612.81 (075.8)  
ББК 28.981 я 73

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ</b> .....	5
<b>Лабораторна робота № 1.</b> Побудова біокінематичної схеми рухів точок тіла людини відносно соматичної системи відліку.....	5
<b>Лабораторна робота № 2.</b> Побудова траєкторії руху точок тіла людини відносно різних систем відліку.....	9
<b>Лабораторна робота № 3.</b> Визначення лінійних швидкостей руху біоланок тіла людини за біокінематичною схемою фізичної вправи.....	12
<b>Лабораторна робота № 4.</b> Дослідження спонтанної та інтерференційної ЕМГ м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті у спокої.....	15
<b>Лабораторна робота № 5.</b> Дослідження впливу тонічного та фазного фізичного навантаження на формування спонтанної ЕМГ м'язів згиначів і розгиначів пальці кисті людини.....	19
<b>Лабораторна робота № 6.</b> Дослідження спонтанної ЕМГ м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті людини при синергічних змінах їх тонусу.....	21
<b>Лабораторна робота № 7.</b> Дослідження впливу рухової навички на характер електричної активності м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті людини при фазних рухах.....	25
<b>Лабораторна робота № 8.</b> Дослідження М-відповіді м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті людини.....	27
<b>Лабораторна робота № 9.</b> Залежність амплітуди м'язового скорочення від сили подразнення.....	30
<b>Лабораторна робота № 10.</b> Дослідження пізніх нейроміографічних феноменів (F-хвилі) збудження м'язів кисті людини.....	32

**Лабораторна робота № 11.** Комплексне дослідження біципітального та корпорадіального сухожильних рефлексів людини методикою електроміографії..... 36

**Лабораторна робота № 12.** Оцінка статичної та динамічної координації людини.....39

**РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ..... 40**

## ВСТУП

Сучасний період розвитку фізіології людини як науки відзначається швидким вдосконаленням посилюючої та ресруючої апаратури, широким упровадженням мікропроцесорних методик та технологій для дослідження функцій організму людини. “Фізіологія нервово-м’язового апарату лабораторний журнал” містить розробку форм виконання ряду класичних лабораторних робіт з фізіології нервово-м’язового апарату на сучасному методичному рівні, з використанням комп’ютерної системи електронейроміографії. Під час лабораторного практикуму студенти повинні поглибити знання з теоретичних основ даного курсу, навчитись на практиці самостійно визначати фізіологічні та механічні параметри м’язів людини, біомеханічні характеристики рухової активності людини. В основу створення лабораторного журналу закладена мотивація, яка повинна забезпечити можливість для кожного студента якомога більш самостійно оволодіти необхідними знаннями і практичними навичками з курсу «Фізіологія нервово-м’язового апарату». Форма видання – лабораторний журнал – дасть змогу студентам більше часу присвячувати оволодінню методичним прийомам дослідження і спростить для них технічне оформлення робіт.

## ЛАБОРАТОРНИЙ ЖУРНАЛ ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

**Тема:** Побудова біокінематичної схеми рухів точок тіла людини відносно соматичної системи відліку.

**Мета:** Навчитись визначати положення тіла людини у просторі і його переміщення у часі відносно соматичної системи відліку.

**Обладнання:** біокінематична схема фізичної вправи відносно зовнішньої системи відліку, лінійки, олівці, міліметровий папір (або зошит у клітинку), калька.

**Об'єкт дослідження:** людина.

Для опису рухів людини використовуються такі поняття, як переміщення, траєкторія, швидкість, прискорення тощо. Складність пізнання процесу руху полягає у специфіці способів вимірювання його параметрів та їх подальшого аналізу.

Рухи тіла людини можна виміряти тільки порівнюючи положення його матеріальних точок із положенням обраного для порівняння тіла відліку. Зручною системою відліку при вивченні біокінематичних характеристик рухової дії за кінограмою є декартова система координат на площині. У процесі біокінематичного дослідження координатна система у може бути співвіднесена з будь-яким відносно нерухомим на кінограмі орієнтиром (лінія старту або фінішу у бігу, нерухомі орієнтири навколишнього середовища тощо). Така система відліку називається зовнішньою (рис. 1). Вона дозволяє оцінити характер і особливості переміщення тіла людини та його біоланок відносно нерухомої координатної системи відліку.

Для вивчення рухів зі складною координаційною структурою, а також для оцінки рухомості у суглобах під час рухової реабілітації важливо визначити не тільки положення усього тіла у певній площині, але й вивчити взаємне розташування окремих його біоланок, біокінематичних пар або ланцюгів. Для розв'язання таких проблем використовують соматичну систему відліку, що дозволяє зв'язувати систему координат не з якимось зовнішнім об'єктом, а із самим тілом людини (рис. 2, б).

Для біомеханічного дослідження природних локомоцій, а також специфічних рухів людини відносно обраної системи відліку насамперед потрібно скласти характерну розрахункову схему її рухової системи, або біокінематичну схему. Локомоторний апарат зображується на схемі у вигляді системи біоланок біокінематичних пар і ланцюгів. Точки між двома сусідніми біоланками є проєкціями вісей суглобів на площину руху.

## **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Установити масштаб біокінематичної схеми. Приготувати листок міліметрового паперу (або паперу у клітинку) і замалювати на ньому лінійний масштаб.

**Завдання 2.** Відмітити орієнтири на біокінематичній схемі бігу відносно зовнішньої системи відліку. Необхідна наявність не менше двох нерухомих орієнтирів (точок) для накладання їх при переході до наступного кадру. Намалювати на кальці орієнтовну горизонталь.

**Завдання 3.** Накреслити біокінематичну схему відносно соматичної системи відліку. Накласти листок кальки на 1-й кадр біокінематичної схеми відносно зовнішньої системи відліку і відмітити орієнтири. Проставити усі головні точки першої пози. Переходячи від кадру до кадру з накладанням орієнтирів, проставити усі головні точки кожної пози. Точки з'єднати після замальовування чергового кадру. Біля кожної пози проставити їх порядкові номери. Через орієнтир побудувати прямокутну систему координат.

**Завдання 4.** Визначити координати усіх точок біолонок тіла людини відносно вісей  $X$  і  $Y$  у соматичній системі відліку. Дані занести у таблицю 1.

**Завдання 5.** Визначити координати основних біолонок тіла людини відносно вісей  $X$  і  $Y$  у зовнішній системі відліку (рис. 3). Результати занести у таблицю 2.

Таблиця 1

Координати точок біоланок тіла людини (X; Y) відносно соматичної системи відліку

№ пози	Центр маси голови	Променевозап'ястковий	Ліктьовий суглоб	Плечовий суглоб	Кульшовий суглоб	Колінний суглоб	Гомілково-стопний суглоб	Пальці стопи
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Таблиця 2

Координати точок біоланок тіла людини (X; Y) відносно зовнішньої системи відліку

№ пози	Центр маси голови	Променевозап'ястковий	Ліктьовий суглоб	Плечовий суглоб	Кульшовий суглоб	Колінний суглоб	Гомілково-стопний суглоб	Пальці стопи
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								



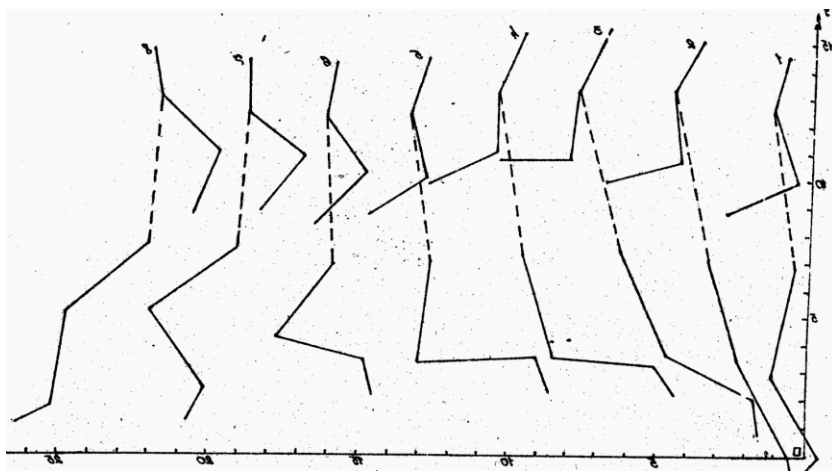


Рисунок 1. Біокінематична схема рухів людини під час бігу відносно зовнішньої системи відлік

**Зробити висновки.**

## Питання для співбесіди:

1. Що таке біокінематична схема?
2. З якою метою будується біокінематична схема фізичної вправи?
3. В чому різниця біокінематичної схеми відносно зовнішньої та відносно соматичної систем відліку?
4. Описати основну методикою побудови біокінематичної схеми фізичної вправи відносно соматичної системи відліку.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

**Тема: Побудова траєкторії руху точок тіла людини відносно різних систем відліку.**

**Мета:** Навчитись будувати траєкторію руху точок тіла людини відносно зовнішньої та соматичної систем відліку.

**Обладнання:** біокінематична схема фізичної вправи відносно зовнішньої системи відліку, калька, міліметровий папір, лінійка, олівці.

**Об'єкт дослідження:** людина.

Оцінка траєкторії рухової дії дозволяє не тільки визначати її біокінематичні параметри, але й в окремих випадках об'єктивно оцінювати рівень професійної майстерності того, хто здійснює рухове завдання.

У біомеханіці тіло людини найчастіше подається як система матеріальних точок або система біоланок. Траєкторією називається геометричне місце положення рухомої матеріальної точки відносно обраної системи відліку. Вона дозволяє отримувати просторові уявлення про рух матеріальної точки. Тому для більш глибокого розуміння механізмів рухів необхідно вивчити траєкторії якомога більшої кількості матеріальних точок тіла людини.

Для отримання траєкторії матеріальної точки, яка рухається, необхідно визначити послідовні її положення у зовнішній системі відліку, тобто координати –  $X$  і  $Y$ . На біокінематичній схемі достатньо з'єднати лінією точки одного й того ж суглобу по кадрах, щоб отримати у масштабі схеми траєкторію руху цієї точки у зовнішній системі відліку (рис. 2, а) або ж побудувати окремий графік.

Побудова траєкторії руху точки у соматичній системі відліку пов'язана з переміщенням цієї системи разом із тілом відліку. Наприклад, для вивчення руху верхніх або нижніх кінцівок відносно

тулуба використовують соматичну систему координат і у цій системі простежують траєкторію руху будь-якого суглоба або центра маси біоланки (рис. 2, б).

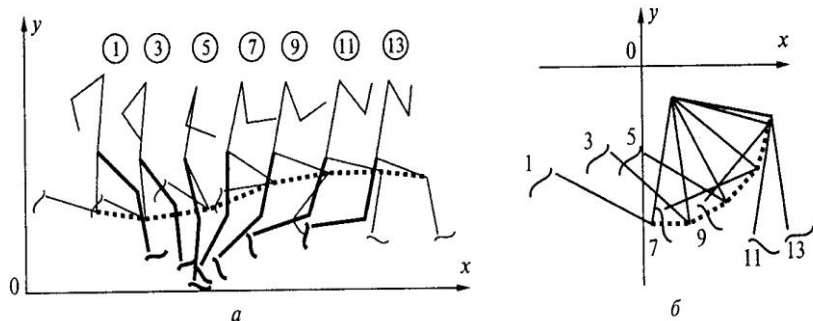


Рисунок 2. Траєкторія колінного суглобу махової ноги спринтера у сагітальній площині відносно зовнішньої (а) та соматичної (б) системи відліку.

#### Хід роботи:

**Завдання 1.** На біокінематичній схемі бігу відносно зовнішньої системи відліку координат відмітити точки ліктьового суглобу, траєкторія котрих має бути побудована.

**Завдання 2.** Послідовно нанести на координатну систему (рис. 3, а) точки ліктьового суглобу, використовуючи для цього їхні координати відносно зовнішньої системи відліку.

**Завдання 4.** З'єднати прямою лінією послідовно усі положення ліктьового суглобу. Нумерація точки має відповідати номеру кадру на біокінематичній схемі (див. рис. 1). Отримана лінія є траєкторією ліктьового суглобу відносно зовнішньої системи відліку.

**Завдання 5.** Побудувати траєкторію руху ліктьового суглобу відносно соматичної системи відліку, використовуючи таку саму послідовність дій, що й при побудові траєкторії відносно зовнішньої системи координат. На координатну систему (рис. 3, б) слід нанести координати точок ліктьового суглоба, виміряні у соматичній системі відліку.

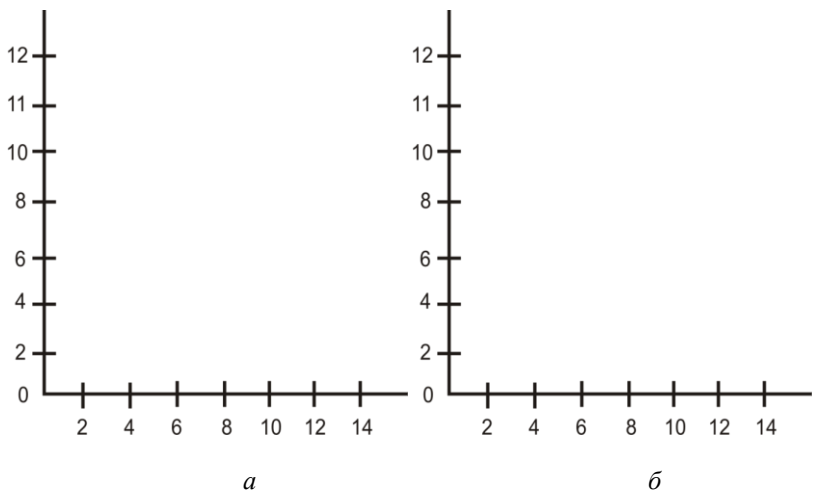


Рисунок 3. Координатна система для побудови траєкторії руху ліктьового суглобу відносно зовнішньої (а) та соматичної (б) систем відліку

**Завдання 6.** Порівняйте траєкторії відправних точок у зовнішній та соматичній системах координат і зробіть висновок щодо форми та характеру руху досліджуваних точок.

**Зробити висновки.**

### Питання для співбесіди:

1. Що таке траєкторія, переміщення, шлях?
2. Для чого вивчаються траєкторії руху точок тіла людини?
3. Який рух вважають прямолінійним, криволінійним?
4. Якою є послідовність дій при побудові траєкторії точок за біокінематичною схемою відносно різних систем відліку?

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

**Тема:** Визначення лінійних швидкостей руху біоланок тіла людини за біокінематичною схемою фізичної вправи.

**Мета:** Навчитись за біокінематичною схемою визначати швидкості основних точок тіла людини, використовуючи отримані величини швидкості, навчитись будувати графіки лінійних швидкостей основних точок біоланок тіла людини.

**Обладнання:** Біокінематична схема фізичної вправи відносно зовнішньої системи відліку, лінійки, трикутники, олівці, міліметровий папір.

**Об'єкт дослідження:** людина.

При вивченні техніки виконання будь-якої фізичної вправи важливо знати швидкість руху не тільки всього тіла людини, але й усіх його головних біоланок. Це є показником величини м'язового навантаження і визначає характер участі окремих груп м'язів у тих чи інших рухових діях.

Швидкість точки тіла людини у просторі вимірюється відношенням шляху, що подоланий ( $S$ ), до витраченого часу ( $t$ ) (формула 1):

Формула 1

$$V = \frac{S}{t}$$

Шлях визначається за побудованим графіком траєкторії біоланок, або за таблицею координат як різниця координат кінцевого та вихідного положень матеріальної точки (формула 2):

Формула 2

$$\Delta S_x = S_{x \text{ кінц.}} - S_{x \text{ вихід.}}$$

Так само визначають шлях між наступними положеннями матеріальних точок біоланок.

Для того, щоб отримані координати (див. Лабораторне заняття № 1) перевести у дійсні, треба помножити їх на величину (M), що зворотно обернена обраному масштабу. Наприклад, якщо масштаб 1:10, то M=10. Тоді дійсний шлях дорівнює (формула 3):

$$\Delta S = \Delta S_x \cdot M \quad \text{Формула 3}$$

Витрачений на переміщення час, визначається за кількістю міжкадрових інтервалів (L) і частотою кінозйомки (N) (формула 4):

$$t = \frac{L}{N} \quad \text{Формула 4}$$

Наприклад, якщо ведеться кінозйомка спортсмена зі швидкістю 24 кадри в секунду, то переміщення певної матеріальної точки з першого положення у третє відбулось за 2/24 секунди.

Виходячи з вищенаведеного, формулу для визначення швидкості руху певної точки або біоланки тіла людини можна представити (формула 5):

$$V = \frac{M \cdot \Delta S \cdot N}{L} \quad \text{Формула 5}$$

Величина  $\frac{M \cdot N}{L}$  є сталою і називається розрахунковим коефіцієнтом швидкості (K). Таким чином, якщо помножити величину шляху ( $\Delta S$ ) на розрахунковий коефіцієнт швидкості (K), можна отримати величину швидкості (V) (формула 6):

$$V = \Delta S \cdot K \quad \text{Формула 6}$$

### **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Визначити подоланий шлях проєкціями точок суглобів, указаних у таблиці 3. Дані занести у таблицю 3.

Таблиця 3

№ крапки	Подоланий шлях відносно вісі X				Середня швидкість			
	Ліктьовий суглоб	Промене- зап'ятковий	Колінний суглоб	Гомілково- стопний	Ліктьовий суглоб	Промене- зап'ятковий	Колінний суглоб	Гомілково- стопний
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

**Завдання 2.** Обрахувати розрахунковий коефіцієнт швидкості.

**Завдання 3.** Помножити величину отриманого шляху на розрахунковий коефіцієнт швидкості, розрахувати середню швидкість кожної точки вищеназваних суглобів. Дані внести у таблицю 3.

**Завдання 4.** Використовуючи одержані величини побудувати графік швидкості (рис. 4). По вісі Y у довільному масштабі відкласти величини швидкостей вивчених матеріальних точок, по вісі X – номери положень матеріальних точок.

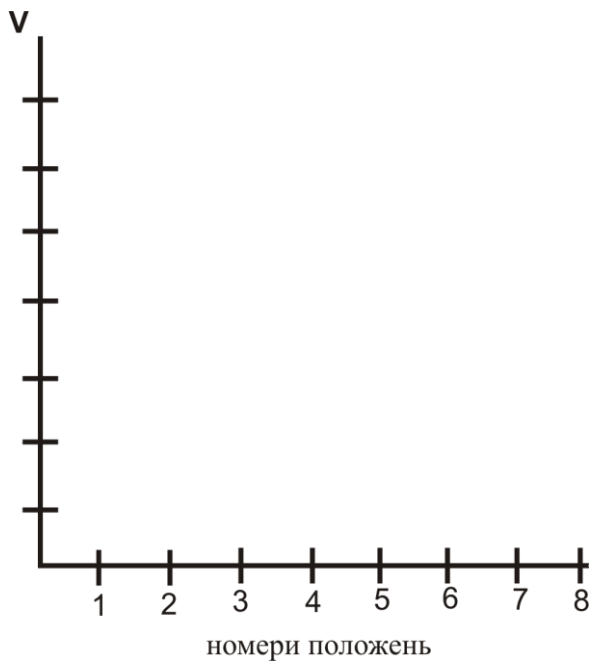


Рисунок 4. Графік швидкості руху матеріальних точок тіла людини.



## **Зробити висновки**

### **Питання для співбесіди:**

1. Що таке швидкість руху людини і за якою формулою вона визначається?
2. У якій залежності від часу руху певної матеріальної точки або біоланки тіла людини знаходиться частота кінозйомки й кількість між кадрових інтервалів?
3. Які послідовність і хід роботи з визначення лінійних швидкостей матеріальних точок тіла людини?

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4**

**Тема:** Дослідження спонтанної та інтерференційної ЕМГ м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті людини у спокої.

**Мета:** Ознайомитись з технікою і методикою реєстрації й аналізу поверхневої ЕМГ м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті людини у спокої.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейроміограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.  
**Об'єкт дослідження:** людина.

Сучасна електроміографія (ЕМГ) – це метод, що ґрунтується на реєстрації й аналізі біоелектричної активності м'язових і периферійних нервових волокон. При цьому вивчається: 1) біоелектрична активність, що відображає стан нервово-м'язової системи у спокої і при м'язовому напруженні; 2) викликана біоелектрична активність, зумовлена електричною стимуляцією нерву або м'язу різної інтенсивності і частоти. Біоелектрична активність, що відображає стан нервово-м'язової системи людини, може вивчатися за допомогою спонтанної та інтерференційної поверхневої ЕМГ.

Система реєстрації поверхневої ЕМГ складається з електродів, що відводять потенціали м'язу, посилювача цих сигналів і реєструючого пристрою. Поверхневі електроди є металічними пластинами або дисками площею близько 0,2-1 см<sup>2</sup>. Вони звичайно вмонтовані попарно у фіксуючі колодки, що забезпечують сталість відстані між відповідними електродами. Такі електроди накладаються на шкіру над ділянкою рухової точки м'язу. Шкіру перед накладанням електрода протирають спиртом і змащують електроміографічним гелем. Електрод фіксують над м'язом за допомогою гумових стрічок. Великий розмір і віддаленість від м'язової тканини поверхневого електроду дозволяють реєструвати з його допомогою лише сумарну активність м'язів, тобто інтерференцію потенціалів дії багатьох сотен і тисяч м'язових волокон.

### **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Провести реєстрацію і аналіз інтерференційної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої й лівої руки у стані спокою (рука вільно лежить на підлікотнику крісла-кушетки).

Параметри реєстрації: Вхідний діапазон посилювача – 50 мВ, нижня частота фільтрації – 5-10 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ., розгортка – 5 мс / поділ. Епоха аналізу – 70 мс.

При накладанні відповідних електродів (активного та референтного) пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається над руховими точками (місце найбільшого випинання м'язу під час максимального зусилля) поверхневих

м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої та лівої рук (на рівні середньої третини передпліччя), референтний – на рівні середньої третини плеча.

**Завдання 2.** Провести аналіз інтерференційної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої й лівої рук у стані спокою.

Для оцінки інтерференційних кривих використовується метод автоматичного аналізу – метод Віллісона. За заданий інтервал (звичайно 1сек.) підраховується середня кількість "поворотів" кривої і середня амплітуда між сусідніми поворотами. За "поворот" приймається зміна знака потенціалу за умови проходження ним до чергового повороту різниці потенціалів не менше 100 мкВ. В якості параметрів оцінки електроміограми використовують середню амплітуду, сумарну амплітуду середню кількість поворотів за 1 сек.. Оскільки параметри сумарної електроміограми, у тому числі амплітуда і частота, залежать від міри зусилля, що розвивається м'язом, а в експериментальних умовах не завжди можна досягти точного дозування навантаження, було запропоновано дослідження відношення величини середньої амплітуди до величини середньої частоти (мкВ \* сек). Цей показник залишається досить стабільним на протязі всього зусилля, що розвивається м'язом. Адекватною мірою електричної активності м'язу є сума амплітуд за 1с – сумарна амплітуда електроміограми (мВ/с).

**Завдання 3.** Порівняти основні показники інтерференційної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої і лівої руки. Заповніть таблицю 4.

Таблиця 4

Показники ЕМГ	Сумарна амплітуда, мВ	Середня амплітуда, мкВ	Частота, 1/с	Амплітудно-частотний показник, мкВ*с
М'яз				
Розгинач правої руки				
Згинач правої руки				
Розгинач лівої руки				
Згинач лівої руки				

**Завдання 4.** Провести реєстрацію і аналіз спонтанної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої й лівої рук у стані спокою (рука вільно лежить на підлікотнику крісла-кушетки).

Параметри реєстрації: Вхідний діапазон посилювача – 50 мВ, нижня частота фільтрації – 5-10 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ., розгортка – 5 мс / поділ. Епоха аналізу – 70 мс.

При накладанні відвідних електродів (активного та референтного) пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається над руховими точками (місце найбільшого випинання м'язу під час максимального зусилля) поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої та лівої руки (на рівні середньої третини передпліччя), референтний – на рівні середньої третини плеча.

**Завдання 5.** Провести аналіз спонтанної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої й лівої рук у стані спокою.

**Завдання 6.** Порівняти основні показники спонтанної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої і лівої рук. Заповніть таблицю 5.

Таблиця 5

Показники ЕМГ	Середня амплітуда, мкВ	Середня частота, Гц
М'яз		
Розгинач правої руки		
Згинач правої руки		
Розгинач лівої руки		
Згинач лівої руки		

## Зробити висновки

### Питання для співбесіди:

1. Опишіть можливості методики електроміографії.
2. У яких випадках реєструють спонтанну та інтерференційну ЕМГ?
3. Дайте характеристику системи реєстрації поверхневої ЕМГ.

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

**Тема:** Дослідження впливу тонічного та фазного фізичного навантаження на формування спонтанної ЕМГ м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті людини.

**Мета:** Ознайомитись з характером впливу тонічного і фазного навантаження на формування спонтанної ЕМГ м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої та лівої рук людини.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейроміограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.

**Об'єкт дослідження:** людина.

## **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Зареєструвати спонтанну ЕМГ поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої рук людини у спокої.

Параметри реєстрації: вхідний діапазон посилювача – 50 мВ, нижня частота фільтрації – 5-10 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ., розгортка – 5 мс / поділ. Епоха аналізу – 70 мс.

При накладанні відвідних електродів (активного та референтного) пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається над руховими точками (місце найбільшого випинання м'язу під час максимального зусилля) поверхневого м'язу згинача та поверхневого м'язу розгинача пальців кисті правої та лівої руки (на рівні середньої третини передпліччя), референтний – на рівні середньої третини плеча.

**Завдання 2.** Зареєструвати спонтанну ЕМГ поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої рук людини під час тонічного напруження. Стан тонічного напруження пальців кисті створити одноразовим згинанням кисті в променево-зап'ястковому суглобі під кутом 45° до зафіксованого передпліччя та утримували її у такому положенні до завершення експерименту.

**Завдання 3.** Зареєструвати спонтанну ЕМГ поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої рук людини під час фазного моторного навантаження. В якості останнього використати багаторазове згинання і розгинання кисті у фронтальному напрямку в променево-зап'ястковому суглобі з частотою 2 Гц. Частоту рухів задавати за допомогою метронома.

**Завдання 4.** Проаналізувати отримані значення амплітуди і частоти м'язового скорочення під час тонічного напруження та фазного моторного навантаження, внести їх у порівняльні таблиці 6 і 7.

Таблиця 6

Показники ЕМГ М'яз	Амплітуда м'язового скорочення у спокої, мкВ	Амплітуда м'язового скорочення під час тонічного напруження, мкВ	Амплітуда м'язового скорочення під час фазного моторного навантаження, мкВ
Згинач правої руки			
Розгинач правої руки			
Згинач лівої руки			
Розгинач лівої руки			

Таблиця 7

Показники ЕМГ М'яз	Частота м'язового скорочення у спокої, мВ	Частота м'язового скорочення під час тонічного напруження, мВ	Частота м'язового скорочення під час фазного моторного навантаження, мВ
Згинач правої руки			
Розгинач правої руки			
Згинач лівої руки			
Розгинач лівої руки			

## **Зробити висновки**

### **Питання для співбесіди:**

1. Охарактеризуйте особливості генерації процесу скорочення у тонічних та фазних м'язових волокнах.
2. Опишіть теорію ковзання під час м'язового скорочення.
3. Охарактеризуйте ізометричний режим м'язового скорочення.
4. Охарактеризуйте ізотонічний режим м'язового скорочення.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6**

**Тема:** Дослідження спонтанної ЕМГ м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті людини при синергічних змінах їх тонусу.

**Мета:** Оволодіти методикою вивчення електричної активності м'язів при синергічних змінах їх тонусу.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейроміограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.

**Об'єкт дослідження:** людина.



Функціональна активність будь-якого органу або системи органів людини завжди супроводжується аферентною імпульсацією до ЦНС на сегментарному або надсегментарному рівні. Відповідно, вагомі зміни функціонування органу (наприклад, глибокий вдих, максимальні м'язові зусилля, тощо) зумовлюють значне збільшення аферентних імпульсів, їх амплітуди, частоти. Це є передумовою виникнення вогнища збудження у відповідному нервовому центрі. Останнє іррадіює до інших нервових центрів, у тому числі до мотонейронів.

Синергічна активність у ззовні спокійних м'язах завжди виникає одночасно з появою коливань потенціалу у активних м'язах. На амплітуду синергічних тонічних напружень зовнішньо спокійних м'язів впливає, з одного боку, топографічна віддаленість сегментарних локомоторних центрів, а з іншого, величина сили активного м'язового скорочення. В нормі амплітуда синергічних змін тону м'язів кінцівок не перевищує 50 мкВ.

### **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Дослідження тонічного напруження м'язів в умовах їх дихальної синергії.

В умовах глибокого вдиху, збудження від дихального центру може поширюватись як до кори головного мозку, так і до мотонейронів спинного мозку. На рівні кори імпульси від дихального центру зумовлюють збудження пірамідних клітин, що дають початок пірамідному тракту. В цьому випадку створюються умови для посилення тону мотонейронів мускулатури кінцівок. Загальний тонізуючий вплив на мотонейрони спинного мозку також створюються з боку ретикулярної формації, що анатомічно та функціонально пов'язана з дихальним центром. У результаті у здорових людей спостерігається невелике нарощення біоелектричної активності в момент глибокого вдиху до 10-15 мкВ, порівняно зі станом спокою, яке називається *дихальною синергією*.

Параметри реєстрації: вхідний діапазон посилювача – 50 мВ, нижня частота фільтрації – 5-10 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц, чутливість – 1 мВ/поділ., розгортка – 5 мс / поділ., епоха аналізу – 70 мс.

При накладанні відвідних електродів (активного та референтного) пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається над руховими точками (місце найбільшого випинання мускула під час максимального зусилля) поверхневих

м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки (на рівні середньої третини передпліччя), референтний – на рівні середньої третини плеча.

Зареєструвати спонтанну ЕМГ поверхневого м'язу згинача та поверхневого м'язу розгинача пальців кисті правої та лівої руки в умовах дихальної синергії.

**Завдання 2.** Дослідження тонічного напруження м'язів в умовах їх ближньої синергії.

Позно-тонічна напруга є необхідним компонентом фазних рухових реакцій: з її виникненням починається, на її фоні розгортається і нею закінчується будь-який поведінковий акт. Взаємодію цих двох форм м'язової активності можна спостерігати на одному м'язі – до, під час і після його скорочення, а також на різних м'язах, що найчастіше є синергістами. При цьому вивчають електричну активність м'язів однієї кінцівки, що ззовні знаходиться у “спокої”, під час активного довільного скорочення м'язів-синергістів іншої кінцівки. В багатьох дослідженнях було відмічене незначне (не більше 9-10% амплітуди коливань у активному м'язі) зростання амплітуди коливань електроміограми зовнішньо спокійних м'язів. Посилення електричної активності при синергії було тим більше, чим ближче був розміщений досліджуваний м'яз до активного і чим сильніше було його скорочення. Нейрофізіологічні механізми даної закономірності запрограмовані на рівні сегментів спинного мозку. Вважається, що рухова діяльність кожної кінцівки підпорядковується окремому локомоторному центру. При сильному збудженні локомоторного центру однієї кінцівки (активне м'язове зусилля), воно іррадіює на локомоторний центр іншої, симетричної, кінцівки. Це і зумовлює рефлекторне зростання тону останньої, або виникнення *ближньої синергії*.

Зареєструвати спонтанну ЕМГ поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки в умовах ближньої синергії.

**Завдання 3.** Дослідження тонічного напруження м'язів в умовах їх віддаленої синергії.

За умов максимального напруження м'язів одної кінцівки, збудження від її локомоторного центру по нервовим шляхам спинного мозку може поширюватись на локомоторні центри протилежних (нижніх або верхніх) кінцівок. В результаті в них виникає так звана

*віддалена синергія*, що супроводжується незначним підвищенням амплітуди їх біоелектричної активності.

Зареєструвати спонтанну ЕМГ поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки в умовах віддаленої синергії.

**Завдання 4.** Проаналізувати отримані результати дослідження, скласти порівняльну таблицю (табл. 9) основних показників спонтанної електроміограми поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої руки в різних експериментальних ситуаціях.

Таблиця 9

Показники ЕМГ Вид синергії	Амлітуда, мкВ		Частота, Гц	
	Згинач правої руки	Розгинач правої руки	Згинач правої руки	Розгинач правої руки
Дихальна				
Ближня				
Віддалена				
Стан спокою				

**Зробити висновки**

### **Питання для співбесіди:**

1. Описати основні принципи функціонування сегментарного інтернейронного апарату спинного мозку.
2. Пояснити, що таке дихальна синергія?
3. Пояснити, що таке ближня синергія?
4. Пояснити, що таке віддалена синергія?

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7**

**Тема:** Дослідження впливу рухової навички на характер електричної активності м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті людини при фазних рухах.

**Мета:** Оволодіти методикою дослідження електричної активності поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої рук при фазних рухах, визначити вплив рухової навички на характер електричної активності досліджуваних м'язів.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейроміограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.

**Об'єкт дослідження:** людина.

За характером електроміографічної картини рухи можна поділити на два типи. Перший з них характеризується тим, що збудження м'яза-агоніста триває на протязі всього руху. При цьому в ЕМГ іноді реєструють періодичні посилення і послаблення активності. Останні пов'язують з корекціями руху під час його здійснення. Така електроміографічна картина властива для незвичних, особливо точних рухових актів. У подібних рухах нерідко відмічають одночасне напруження і м'язу-антагоніста. Рухи такого типу називають "напруженими", або "фіксованими".

Рухи другого типу – балістичні, при яких м'яз-агоніст активний лише на початку переміщення, а потім воно продовжує здійснюватись за інерцією; антагоністи при цьому розслаблені. Такий спосіб роботи м'язів спостерігають при звичних рухах, міцних рухових навичках. Вважається, що балістичні рухи у процесі переміщення не коригуються.

## Хід роботи:

**Завдання 1.** Провести реєстрацію та аналіз основних показників спонтанної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки у спокої (рука вільно лежить на підлокотнику крісла-кушетки).

Параметри реєстрації: вхідний діапазон посилювача – 50 мВ, нижня частота фільтрації – 5-10 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ. Розгортка – 5 мс / поділ. Епоха аналізу – 70 мс.

При накладанні відвідних електродів (активного та референтного) пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається над руховими точками (місце найбільшого випинання мускула під час максимального зусилля) поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки (на рівні середньої третини передпліччя), референтний – на рівні середньої третини плеча.

**Завдання 2.** Провести реєстрацію та аналіз основних показників спонтанної ЕМГ поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки під час їх фазних стереотипних рухів. В якості стереотипних рухів можна використати прості рухи згинання-розгинання пальців кисті у ритмі, що задається метрономом (частота 2 Гц). Навичку до виконання цих рухів необхідно виробити попередньо.

**Завдання 3.** Провести реєстрацію та аналіз основних показників спонтанної електроміограми поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки під час фазних нестереотипних рухів. В якості нестереотипних рухів можна використати згинання досліджуваними почергово пальців кисті у послідовності, що задається експериментатором безпосередньо перед виконання руху.

**Завдання 4.** Проаналізувати отримані результати дослідження, заповнити порівняльні таблиці (табл. 10, 11) основних показників спонтанної електроміограми поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки в різних експериментальних ситуаціях.

Таблиця 10

Показники ЕМГ Вид рухів	Амлітуда, мкВ		Частота, Гц	
	Згинач правої руки	Розгинач правої руки	Згинач правої руки	Розгинач правої руки
Стан спокою				

Стереотипні				
Нестереотипні				

Таблиця 11

Показники ЕМГ Вид рухів	Амлітуда, мкВ		Частота, Гц	
	Згинач лівої руки	Розгинач лівої руки	Згинач лівої руки	Розгинач лівої руки
Стан спокою				
Стереотипні				
Нестереотипні				

### Зробити висновки

#### Питання для співбесіди:

1. Охарактеризуйте принципові відмінності у керуванні з боку центральної нервової системи стереотипними та нестереотипними руховими діями.
2. Які особливості ЕМГ фіксують під час стереотипних та нестереотипних рухових дій?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

**Тема:** Дослідження М-відповіді поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті людини.

**Мета:** Навчитись проводити реєстрацію та аналіз показників М-відповіді поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої рук людини.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейроміограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.

**Об'єкт дослідження:** людина.

Основою методики стимуляційної електроміографії є вивчення параметрів викликаних відповідей м'язів при подразненні їх електричним струмом. За допомогою методики електроміографії визначають пороги скорочення м'язу у відповідь на подразнення нерву або м'язу струмами різної сили, тривалості, частоти та полярності. Використовуються поверхневі електроди. Шкіра пацієнта обробляється спиртом і змочується ізотонічним розчином хлориду натрію. Активний електрод розміщується на черевцем м'язу, референтний – над сухожиллям або кістковим виступом. Подразнюючий електрод є біполярним шириною 5 мм, вмонтований у фіксуючу колодку з міжелектродною відстанню 20 мм. Пацієнт повинен знаходитись у зручній позі, досліджувана кінцівка повинна бути розслабленою.

Стимуляційні методи електроміографії можна поділити на:

1. Дослідження прямої збудливості м'язів.
2. Оцінка стану еферентної ланки (мотонейронів та їх аксонів).
3. Аналіз стану чутливих (аферентних) волокон периферичних нервів.
4. Вивчення нервово-м'язової передачі.

*Дослідження потенціалу дії* у відповідь на стимуляцію нерва є однією з базових методик електроміографії, так як дозволяє оцінити як стан самого м'язу, так і функцію еферентних волокон периферійних нервів. Подразнюючий біполярний електрод розміщують над нервом у місці найбільш поверхневого залягання. Активний електрод (катод) повинен знаходитись дистальніше аноду.

**М-відповідь** – це потенціал дії м'язу, що є сумою синхронних розрядів рухових одиниць м'язу при подразненні нерву електричним струмом. Реєструється та оцінюється поріг подразнення (мінімальне значення стимула, що здатне викликати М-відповідь). М-відповідь при

відведенні біполярними електродами має дві (негативну та позитивну) фази. Амплітуда *M-відповіді* визначається амплітудою негативної фази, що відображає сумарну відповідь усіх функціонуючих рухових одиниць м'язу.

### **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Визначити поріг подразнення поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті правої руки і мінімальну амплітуду *M-відповіді*.

Параметри реєстрації ЕМГ: Вхідний діапазон посилювача – 50-60 мВ, нижня частота фільтрації – 2-5 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ., розгортка – 2 мс / поділ. Епоха аналізу – 30 мс. Стимуляція проводиться прямокутними імпульсами тривалістю 0,2 мс (200 мкс). Крок зміни сили стимулу – 0,01-1мА. Сила стимулу підбирається індивідуально. Під час стимуляції необхідно ретельно слідкувати за точністю установа катоду стимулюючого електроду.

При накладанні відвідних електродів (активного та референтного) пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається над руховими точками (місце найбільшого випинання м'язу під час максимального зусилля) поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки (на рівні середньої третини передпліччя), референтний – на рівні середньої третини плеча. Стимуляція проводиться на серединному нерві на рівні зап'ястка.

Визначити швидкість поширення хвилі збудження (ШПЗ) по досліджуваному м'язу правої руки за формулою:

Формула 7

$$\text{ШПЗ} = S / Td1 - Td2,$$

де *S* – відстань між точками стимуляції; *Td1* – латенція *M-відповіді*, отримана при стимуляції у проксимальній точці; *Td2* – латенція *M-відповіді*, отримана при стимуляції у дистальній точці.

**Завдання 2.** Визначити поріг подразнення поверхневих м'язів згиначів та розгиначів пальців кисті лівої руки і мінімальну амплітуду *M-відповіді*.



Обрахувати швидкість поширення хвилі збудження по досліджуваному м'язу лівої руки за формулою 7:

Завдання 3. Порівняти одержані показники правої та лівої руки, заповнити таблицю 12.

Таблиця 12

Показники ЕМГ	Поріг подразнення, мА	Амплітуда М-відповіді, мкВ	Швидкість поширення хвилі збудження, мм/сек
М'яз			
Згинач правої руки			
Розгинач правої руки			
Згиначі лівої руки			
Розгинач лівої руки			

## **Зробити висновки.**

### **Питання для співбесіди:**

1. Охарактеризуйте можливості методики стимуляційної електроміографії.
2. Що показує М-відповідь м'язу?
3. Як обрахувати швидкість поширення хвилі збудження по м'язу?
4. Як визначити поріг подразнення м'язу?

### **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9**

**Тема:** Залежність амплітуди м'язового скорочення від сили подразнення.

**Мета:** Визначити, як змінюється амплітуда м'язових скорочень під час стимуляції м'язу подразниками зростаючої сили.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейромиограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.

**Об'єкт дослідження:** людина.

Під час стимуляції м'язу пороговою силою подразника виникає порогове (мінімальне) скорочення м'язу. При цьому скорочується група м'язових волокон, що відзначаються найбільшою збудливістю. При подальшому зростанні сили стимулу амплітуда скорочення м'язу на кожний поодинокий подразник буде зростати, так як при цьому в реакцію будуть залучатись усе більша кількість волокон. У якійсь момент подальше зростання сили стимулу вже не викличе росту амплітуди скорочення м'язу. Це матиме місце тоді, коли сила подразника буде достатньою, щоб залучити в реакцію усі м'язові волокна. На дію такого максимального подразника м'яз відповідає максимальним скороченням. Подразники від порогових до максимальних називаються субмаксимальними. На їх дію м'яз відповідає субмаксимальним скороченням.

Для підрахунку кількості рухових одиниць у м'язі застосовують таку формулу 8:

Формула 8

$$N = \frac{A}{a},$$

де N – кількість рухових одиниць у м'язі; A – максимальна амплітуда M-відповіді при супрамаксимальній стимуляції; a – мінімальна амплітуда M-відповіді при пороговому подразненні.

*Тривалість максимальної M-відповіді* визначається при подразненні нерву у найбільш дистальній точці. Цей показник залежить від синхронності скорочення м'язових волокон. *Латентний період M-відповіді* залежить від швидкості поширення збудження по мієліновим волокнам, немієліновим терміналям аксонів, від часу синаптичної передачі і часу, необхідного для деполяризації мембран міоцитів і поширення збудження на весь м'яз. Чим дистальніше розміщена збудлива структура, тим повільніше поширюється по ній електричний імпульс і тим довший латентний період M-відповіді.

### **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Визначити амплітуду M-відповіді поверхневого м'язу згинача пальців кисті правої руки при збільшенні подразника відносно порогового на 25%, 50%, 75%, 100%.

Параметри реєстрації ЕМГ: Вхідний діапазон посилювача – 50-60 мВ, нижня частота фільтрації – 2-5 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ. Розгортка – 2 мс / поділ. Епоха аналізу – 30 мс. Стимуляція проводиться прямокутними імпульсами

тривалістю 0,2 мс (200 мкс). Під час стимуляції необхідно ретельно слідкувати за точністю устанавлення катоду стимулюючого електроду.

При накладанні відвідних електродів (активного та референтного) пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається над руховими точками (місце найбільшого випинання м'язу під час максимального зусилля) поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті правої та лівої руки (на рівні середньої третини передпліччя), референтний – на рівні середньої третини плеча. Стимуляція проводиться на серединному нерві на рівні зап'ястку.

Визначити величину максимального за силою подразнення. Дані внести у таблицю 13

Таблиця 13

Показник \ Сила струму	Порогова сила струму, мА	Сила, струму, що на 25% вища порогової мА	Сила, струму, що на 50% вища порогової мА	Сила, струму, що на 75% вища порогової мА	Сила, струму, що на 100% вища порогової мА
Сила струму, мА					
Амплітуд а М-відповіді, Мв					

*Завдання 2.* За допомогою формули 8 обрахувати кількість рухових одиниць поверхневого м'язу згинача пальців кисті правої руки. Зафіксувати тривалість максимальної М-відповіді і латентний період М-відповіді.

Отримані результати внести у таблицю 14.

Таблиця 14

Показники ЕМГ \ М'яз	Тривалість максимальної М-відповіді, мс	Латентний період М-відповіді, мс
Згинач правої руки		

## **Зробити висновки.**

### **Питання для співбесіди:**

1. Яку силу подразнення називають пороговою, надпороговою, супрамаксимальною?
2. Як змінюється амплітуда М-відповіді м'язу згинача пальців кисті правої руки при зміні сили подразнення?
3. Як змінюється робота м'язу при зміні сили подразнення?

### **Лабораторна робота № 10**

**Тема:** Дослідження пізніх нейроміографічних феноменів (F-хвилі) збудження м'язів пальців кисті людини.

**Мета:** Навчитись визначати характер антидромного проведення нервових імпульсів по рухових волокнах до спинного мозку з наступним розрядом мотонейронів і звичайним антидромним поверненням цього імпульса до м'язу.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейроміограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.

**Об'єкт дослідження:** людина.

*F*-хвиля – це пізній нейроміографічний феномен, що визначається у дистальних групах м'язів (кисті, стопи) одночасно з максимальною М-відповіддю. *F*- хвиля виникає в результаті антидромного поширення збудження по рухових волокнах до спинного мозку з наступним розрядом мотонейронів і ортодромним поверненням цього імпульса до м'язу. Таким чином, латенція *F*-хвилі включає час антидромного поширення імпульса до проксимальної ділянки нерва, затримку на генерацію потенціалу дії мотонейрона (біля 1 мс) і час ортодромного проведення збудження до відповідного м'язу. Аналізуючи ці параметри можна обрахувати швидкість поширення збудження (ШПЗм) для проксимальних ділянок нервів, де вимірювання її звичайним способом неможливе (формула 9).

Формула 9

$$\text{ШПЗм} - \text{прокс.} = \frac{2S}{Tf - Tm - 1(\text{мс})},$$

де *S* – відстань від стимулюючого електроду до хребця відповідної проєкції сегменту спинного мозку, що вивчається; *Tf* – латентність *F*-хвилі; *Tm* – латентність М-відповіді; 1 мс – час генерації потенціалу дії мотонейрону.

Для вивчення проведення імпульсу по найбільш дистальним ділянкам нервів застосовують показник термінальної латентності (латентність М-відповіді, отримана при стимуляції нерва у дистальній точці). Також використовують параметр ризидуальної латентності (РЛ) (формула 10):

Формула 10

$$\text{РЛ} = \text{ТЛ} - \frac{S}{\text{ШПЗм}},$$

де ТЛ – термінальна латентність, *S* – відстань між дистальною точкою стимуляції і точкою реєстрації М-відповіді; ШПЗм – швидкість проведення на проксимальній ділянці нерва. Ризидуальна латентність відображає сповільнення проведення імпульса на дистальному відрізьку нерва.

### Хід роботи:

**Завдання 1.** Зареєструвати *F*-хвилю та проаналізувати її параметри у поверхневому м'язі-згиначі пальців кисті правої руки при його стимуляції струмом зростаючої сили і сталої частоти (25 Гц). Результати експерименту занести у таблицю 15.

Параметри реєстрації: Вхідний діапазон посилювача 50-60 мВ, нижня частота фільтра – 8 Гц, верхня частота фільтра 8 000 Гц. Розгортка складає 5 або 10 мс/ поділ. Чутливість для перегляду F-хвилі – 200-500 мкВ/поділ.

Стимуляція проводиться прямокутними імпульсами тривалістю 200 мсек (0,2 мс). Стимулюючий електрод установлюється на дистальну точку нерву, у якій він найближчу підходить до шкіри, і обертається катодом проксимально таким чином, що анод виявляється над точкою, у якій знаходиться катод периферичної М-відповіді. Стимуляція проводиться на серединному нерві на рівні зап'ястка.

Таблиця 15

F-хвилі	Латентність, мс	Амплітуда, мкВ	Сила струму, мА
1			10
2			12
3			14
4			16
5			18
Середні дані			

Зареєструвати F-хвилю та проаналізувати її параметри у поверхневому м'язі-згиначі пальців кисті правої руки при його стимуляції струмом зростаючої частоти і сталої сили (14-18 мА). Результати експерименту занести у таблицю 16.

Таблиця 16

F-хвилі	Латентність, мс	Амплітуда, мкВ	Частота стимулів, Гц
1			10
2			25
3			50
4			75
5			100
Середні дані			

**Завдання 2.** Зареєструвати F-хвилю та проаналізувати її параметри у поверхневому м'язі-згиначі пальців кисті лівої руки при його стимуляції струмом зростаючої сили і сталої частоти (25 Гц). Результати експерименту занести у таблицю 17.

Таблиця 17

F-хвилі	Латентність, мс	Амплітуда, мкВ	Сила струму, мА
1			10
2			12
3			14
4			16
5			18
Середні дані			

Зареєструвати F-хвилю та проаналізувати її параметри у поверхневому м'язі-згиначі пальців кисті правої руки при його стимуляції струмом зростаючої частоти і сталої сили (14-18 мА). Результати експерименту занести у таблицю 18.

Таблиця 18

F-хвилі	Латентність, мс	Амплітуда, мкВ	Частота стимулів, Гц
1			10
2			25
3			50
4			75
5			100
Середні дані			

*Завдання 3.* Провести порівняльну оцінку латентності та амплітуди F-хвилі поверхнього згинача пальців кисті правої і лівої рук (середні дані). Заповнити таблицю 19.

Таблиця 19

	Латентність, мс	Амплітуда, мкВ
Ліва рука		
Права рука		



## **Зробити висновки.**

### **Питання для співбесіди:**

1. Наведіть приклади пізніх нейроміографічних феноменів.
2. Що таке F -хвиля?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 11**

**Тема:** Комплексне дослідження біципітального та корпорадіального сухожильних рефлексів людини методикою електроміографії.

**Мета:** Навчитись реєструвати електроміографічні параметри (амплітуду та латентність) біципітального та корпорадіального сухожильних рефлексів людини.

**Обладнання:** Нейро-ЕМГ-Мікро (двохканальний електронейроміограф), вода, електроміографічний гель, вата, гумова стрічка для кріплення електродів, спирт для знежирення шкіри.

**Об'єкт дослідження:** людина.

У випадку подразнення неврологічним молоточком сухожильних рецепторів при певному положенні кінцівки з'являється рефлекторна відповідь м'язу. За допомогою поверхневих електродів і спеціального, синхронізованого з моментом запуску епохи, неврологічного молоточка її можна зареєструвати. Основною складністю при дослідженні рефлекторних відповідей є зміщення шкіри при ударі неврологічним молоточком. Це призводить до виникнення артефактів, які не дозволяють достовірно вивчити одержані відповіді. У зв'язку з цим експериментатору необхідно накласти великий палець на поверхню шкіри у місці удару молоточком. Досліджувати біципітальний та корпорадіальний сухожильні рефлекси рекомендується на правій та лівій руках. Комплексне дослідження цих рефлексів дозволяє у значній мірі підвищити діагностичні можливості даної методики. Біципітальний рефлекс має таку рефлекторну дугу:

1. Сенсорні волокна м'язово-шкірного нерву.
2. Чутлива корінцева система спинного мозку на рівні сегментів C5-C6.
3. Сегмент спинного мозку C5-C6.
4. Рухові корінці спинного мозку на рівні сегментів C5-C6.
5. Рухові волокна м'язово-шкірного нерву.
6. Біцепс.

Корпорадіальний рефлекс має таку дугу:

1. Поверхнева гілка променевого нерву.
2. Чутливі корінці спинного мозку на рівні сегментів C7-C8.
3. Сегмент спинного мозку C7-C8, C5-C6.
4. М'язово-шкірний нерв.
5. Біцепс.

Порівняння латентних періодів біципітального та корпорадіального рефлексів дозволяє досить точно визначити уповільнення проведення по руховій та чутливій системам рівня C5-C6, C7-C8. Головною умовою порівняння одержаних відповідей є однакове положення відвідних електродів на біцепсі при дослідженні біципітального та корпорадіального рефлексів. Відмінність у тривалості латентного періоду правої та лівої рук не повинна перевищувати 1,5 мс. Відмінності латентного періоду біципітальної та корпорадіальної рефлекторних відповідей не повинні складати більше 2,5 мс.

### **Хід роботи:**

**Завдання 1.** Реєстрація біципітального рефлексу людини.

Параметри реєстрації: Вхідний діапазон посилювача – 50 мВ, нижня частота фільтрації – 5-10 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ., розгортка – 5 мс / поділ. Епоха аналізу – 70 мс.

При накладанні відвідних електродів пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Активний електрод накладається посередині біцепсу, референтний – на рівні верхньої третини плеча, між біцепсом та дельтовидним м'язами. Стимуляція проводиться спеціальним неврологічним молоточком. На сухожилля накладається великий палець, і під контролем напруження м'язу виконується удар неврологічним молоточком. У результаті стимуляції реєструються декілька рефлекторних відповідей. Для аналізу береться відповідь, яка має максимальну амплітуду, чіткий початок і найбільш відтворювана за латентністю. За умови недостатньої рефлекторної відповіді можна застосувати прийом фасилітації. Для цього пацієнт може підняти протилежну рук догори, стиснути кулак протилежної руки.

Зареєструвати амплітуду та латентність біципітального рефлексу на правій та лівій руках, дані внести у таблицю 20.

Таблиця 20

Показники ЕМГ	Латентність, мс	Амплітуда, мВ
Біцепс		
Правої руки		
Лівої руки		

**Завдання 2.** Реєстрація корпорадіального рефлексу людини.

Параметри реєстрації: Вхідний діапазон посилювача – 50 мВ, нижня частота фільтрації – 5-10 Гц, верхня частота фільтра – 10 000 Гц. Чутливість – 1 мВ/поділ., розгортка – 5 мс / поділ. Епоха аналізу – 70 мс.

При накладанні відвідних електродів пацієнт знаходиться у положенні сидячи. Рука зігнута у локті під кутом 70-90 градусів, кисть – у положенні між пронацією та супінацією. Активний електрод накладається посередині біцепсу, референтний – на рівні верхньої третини плеча, між біцепсом та дельтовидним м'язами. Стимуляція (удар) проводиться спеціальним неврологічним молоточком у зоні шиловидного відростку променевої кістки. У результаті отримується відповідь з біцепсу. Реєструється декілька відповідей. Для аналізу береться відповідь, яка має максимальну амплітуду, чіткий початок і найбільш відтворювана за латентністю.

Зареєструвати амплітуду та латентність корпорадіального рефлексу на правій та лівій руках, дані внести у таблицю 21.

Таблиця 21

Показники ЕМГ	Латентність, мс	Амплітуда, мВ
Біцепс		
Правої руки		
Лівої руки		

Порівняти одержані значення амплітуди та латентності біципітального та корпорадіального сухожильних рефлексів людини, зареєстрованих на правій та лівій руках. Визначити міру уповільнення проведення по руховій та чутливій системам рівня С5-С6, С7-С8 під час біципітального рефлексу, порівнюючи з корпорадіальною рефлекторною відповіддю.

### **Зробити висновки.**

### **Питання для співбесіди:**

1. Охарактеризуйте найпростіші рефлекси людини.
2. Опишіть структурно-функціональні особливості м'язової чутливості.
3. Охарактеризуйте роль нейронів (інтернейронів та мотонейронів) спинного мозку в управлінні руховими функціями людини.
4. Охарактеризуйте спинномозкові механізми локомоції людини.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 12

**Тема:** Оцінка статичної та динамічної координації

**Мета:** Провести оцінку статичної та динамічної координації у людини. Зіставити індивідуальні показники координації.

**Обладнання:** секундомір.

**Об'єкт дослідження:** людина.

### Хід роботи:

**Завдання 1.** Провести оцінку координації (проба Ромберга). Для цього треба врахувати час стійкості досліджуваного в позі на одній нозі, з діставанням колінної чашечки п'яткою ноги. При цьому очі заплющені, руки простягнуті вперед. Звертати увагу на міру стійкості (нерухомо стоїть досліджуваний чи хитається), на наявність тремтіння повік і пальців. Передбачити підстраховку на випадок падіння!

Якщо досліджуваний зберігає стійкість такої пози 15 сек. (без тремтіння повік і пальців рук) - добра оцінка статичної координації. Якщо стійкість менша 15 сек. і виявляється тремтіння пальців і повік - статична координація незадовільна.

Стояння на одній нозі - важке випробування, його можна замінити: пропонують стати прямо, п'яти разом, очі заплющити. В нормі мають бути слабкі, ледь помітні похитування.

**Завдання 2** Провести дослідження динамічної координації - пальцево-носова проба. Досліджуваний відводить праву руку вправо, потім повинен швидко зігнути її і торкнутися кінчиком вказівного пальця свого носа. Очі заплющені. Потім повторюють те саме лівою рукою.

Зіставити результати дослідження кількох учасників.

### Зробити висновки

### **Питання для співбесіди:**

1. Охарактеризуйте статичні та статокінетичні рефлекси людини.
2. Охарактеризуйте рефлекторну функцію спинного та довгастого мозку.
3. Охарактеризуйте рефлекторну функцію середнього мозку.
4. Охарактеризуйте участь кори головного мозку при забезпечення рефлексів людини.

### **РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА ТА ІНТЕРНЕТ-РЕСУРСИ**

1. Біомеханіка спорту. /За ред. А.М. Лапутіна. - Київ: Олімпійська література, 2001. – 319 с.
2. Ганонг В. Фізіологія людини. – Львів: БаК, 2002. – 784 с.
3. Гехт Б.М. Теоретическая и клиническая электромиография. - Л.: Наука, 1990. – 232с.
4. Зенков Л. Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней: Руководство для врачей. – М.: Медицина, 1991. – 640 с.
5. Изаков В. Я., Иткин Г. П. Биомеханика сердечной мышцы. – М.: Наука, 1981. – 328с.
6. Коцан І. Я., Моренко А. Г. Фізіологія нервово-м'язового апарату: навчальний посібник. – Луцьк: РВВ «Вежа», 2006. – 184 с.
7. Команцев В.Н. Методические основы клинической электронейромиографии / В. Н. Команцев. - СПб., 2001. - 350 с.Мак-Комас А. Дж. Скелетные мышцы. – К.: Олимпийская литература, 2001. – 408 с.
8. Николаев, С. Г. Практикум по клинической электромиографии / С. Г. Николаев. - Иваново, 2003. - 264с.
9. Общий курс физиологии человека и животных. У двух кн. /Под ред. А.Д. Ноздрачева. – М.: Высшая школа, 1991. – Кн. 1. – С. 102-129, 333-348.
10. Персон Р. С. Спинальные механизмы управления мышечным сокращением. – М.: Наука, 1985. – 184с.
11. Персон Р.С. Теоретические основы трактовки ЭМГ / Физиология человека. - 1987 - т.13, №4 - с. 65-67.
12. Скок В. И., Шуба М. Ф. Нервно-мышечная физиология. – К.: Вища школа, 1986. – 222 с.

13. Спортивная электронейромиография [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://lib.sportedu.ru/press/tpfk/2005N9/p6-11.htm>. - Загл. с экр.
14. Электромиография (ЭМГ) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://www.arcerm.ru/kabinet-elektroneiromiog.html>. - Загл. с экр.
15. Электромиография (ЭМГ) [Электронный ресурс]. - Электрон. дан. - Режим доступа: <http://tryphonov.narod.ru/tryphonov2/terms2/emg.htm> Загл. с экр.

**ДЛЯ ПРИМІТОК:**