

Міністерство освіти і науки України  
Східноєвропейський національний університет  
імені Лесі Українки

**Алевтина Григорівна Моренко**

**ОСОБЛИВОСТІ МОЗКОВИХ ПРОЦЕСІВ  
ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МАНУАЛЬНИХ РУХІВ  
У ВІДПОВІДЬ НА СЕНСОРНІ СИГНАЛИ В ОСІБ  
ІЗ ВИСОКОЮ І НИЗЬКОЮ АЛЬФА-ЧАСТОТОЮ**

*Монографія*

Луцьк  
Східноєвропейський національний університет  
імені Лесі Українки  
2014

УДК: 612.82:615.825  
ББК 28.991.77+53.541.5  
М 79

*Рекомендовано до друку вченою радою  
Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки  
(протокол № 6 від 27 грудня 2013 р.)*

**Рецензенти:**

**Макарчук М. Ю.** – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фізіології людини і тварин ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

**Мірошниченко М. С.** – доктор біологічних наук, професор кафедри біофізики ННЦ «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка

**Моренко А. Г.**

М 50 **Мозкові** процеси під час виконання мануальних рухів у відповідь на сенсорні сигнали в осіб із високою і низькою альфа-частотою : монографія / Алевтина Григорівна Моренко. – Луцьк : Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2014. – 216 с.

ISBN 978-966-600-\_\_\_\_

У монографії висвітлено результати комплексного дослідження функціонування мозку та дистальних м'язів руки в осіб із переважанням у фоновій ЕЕГ високо- або низькочастотного альфа-діапазону під час сприйняття сенсорних стимулів і здійснення звичних мануальних рухів. Важливим є врахування кінцевого результату діяльності – психодинамічних властивостей нервових процесів.

**УДК: 612.82:615.825**  
**ББК 28.991.77+53.541.5**

ISBN 978-966-600-\_\_\_\_

© Моренко А. Г., 2014  
© Гончарова В. О. (обкладинка), 2014  
© Східноєвропейський національний  
університет імені Лесі Українки, 2014

## ЗМІСТ

Список умовних позначень .....	3
Передмова .....	5
Індивідуальні особливості функціональної активності мозку .....	7
Структурно-функціональні основи рухової діяльності людини .....	19
Електрофізіологічні кореляти рухів людини .....	32
Методичні аспекти дослідження .....	44
Особливості вихідних психодинамічних характеристик чоловіків і жінок із високою та низькою індивідуальною $\alpha$ -частотою .....	58
Електрична активність кори головного мозку та дистальних м'язів руки в стані спокою в обстежуваних із різною індивідуальною $\alpha$ -частотою .....	61
Електрична активність кори головного мозку в обстежуваних із різним рівнем індивідуальної $\alpha$ -частоти під час дії ритмічних сенсорних подразників .....	68
Електрична активність кори головного мозку під час виконання мануальних рухів у відповідь на сенсорні стимули в обстежуваних із різним рівнем індивідуальної $\alpha$ -частоти .....	77
Зміни потужності коливань ЕЕГ під час виконання мануальних рухів у відповідь на сенсорні стимули в обстежуваних із різним рівнем індивідуальної $\alpha$ -частоти .....	78
Зміни когерентності коливань електроенцефалограми під час виконання рухів пальців у чоловіків і жінок із високою та низькою індивідуальною $\alpha$ -частотою .....	108
Електрична активність поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті під час виконання рухів пальців у чоловіків та жінок із високою та низькою індивідуальною $\alpha$ -частотою .....	141
Мозкові процеси під час виконання мануальних рухів у відповідь на сенсорні сигнали в осіб із високою і низькою $\alpha$ -частотою .....	151
Висновки .....	183
Список використаних літературних джерел .....	186

## СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСВП – акустичні стовбурові викликані потенціали  
АЦП – аналого-цифровий перетворювач  
ГМ – головний мозок  
дБ – децибел  
ЕЕГ – електроенцефалограма  
ЕКГ – електрокардіограма  
ЕМГ – електроміограма  
ЕОМ – електронно-обчислювальна машина  
ЕПР – ендоплазматичний ретикулум  
ІАЧ – індивідуальна частота максимального піку альфа-активності  
ІЗП – індекс зміни потужності  
Ког – когерентність  
ЛКПА – логарифмічний коефіцієнт приросту амплітуди  
ЛКСЧ – логарифмічний коефіцієнт спаду частоти  
РО – рухова одиниця  
РЯТ – ретикулярне ядро таламусу  
ЦНС – центральна нервова система  
ФМРТ – функціональна магнітно-резонансна томографія  
 $\alpha$  – альфа  
 $\beta$  – бета  
 $\theta$  – тета  
 $\gamma$  – гама  
ІСА – аналіз незалежних компонент  
FDS – поверхневий м'яз згинач пальців кисті  
ED – поверхневий м'яз розгинач пальців кисті.

## ПЕРЕДМОВА

Виконання цілеспрямованих тонких рухів людиною – складний багаторівневий процес, який проходить у декілька відмінних за своїм функціональним значенням етапів. Водночас, фізіологічні механізми цих етапів, послідовність відповідних процесів та причинно-наслідкові зв'язки між ними на сьогодні здебільшого досліджені недостатньо. Також усе більш актуальним стає встановлення функціональних корелятивів індивідуальних функціональних можливостей сенсорної і моторної систем тої чи тої людини. Прямим відображенням індивідуальних особливостей діяльності головного мозку є його фонова електрична активність. Серед її параметрів найбільшу інформативність має частота максимального піку  $\alpha$ -ритму.

Отож важливо з'ясувати в цій монографії питання про те, як змінює функціонування мозку, м'язів виконання мануальних рухів у відповідь на дію сенсорних сигналів в обстежуваних із переважанням у фоновій електроенцефалограмі (ЕЕГ) низько- або високочастотного діапазону  $\alpha$ -ритму. Особливий інтерес має дослідження мозкових механізмів реалізації різних моделей тонкої мануальної моторики в групах обстежуваних – стискання і розтискання пальців за типом хвильових рухів (без зусилля та із силовим навантаженням), почергові рухи (перебирання) пальців у заданій послідовності. Використання саме таких моделей тонкої моторики обґрунтовано важливістю їх фізіологічного змісту. Здійснення почергових рухів пальців висуває підвищені вимоги до раціонального розподілу уваги між сенсорним сприйняттям і моторним реагуванням, до потреби швидко перебудувати моторну програму внаслідок черговості включення в роботу рухових одиниць м'язів різних пальців. На противагу, застосування силового навантаження приводить до більшого зосередження уваги під час утримання і фіксації пальцями кисті вантажу, подолання його ваги. Важливим є встановлення ролі латеральності виконання рухів, урахування статевого аспекту.

Усе це є актуальним із теоретичного погляду, оскільки торкає фундаментальні питання нейрофізіологічного забезпечення цілеспрямованих рухів руки людини. У монографії показано особливості функціонування мозку й дистальних м'язів руки під час виконання тонких мануальних рухів у відповідь на сенсорні стимули в осіб із високою та низькою фоновією  $\alpha$ -частотою. Удосконалено нинішні уявлення про прогностичне значення динаміки ЕЕГ і електро-

міограми (ЕМГ) за цих умов для встановлення рівня психодинамічних можливостей людини.

Важливими є отримані результати й щодо практичного застосування. Річ у тім, що такі рухи найбільш уживані в мануальній моториці людини в її повсякденному житті, навчанні, операторській і виробничій діяльності. Їх успішна реалізація набуває все більшого значення в умовах зростання ролі електронних технічних засобів, зокрема поширення практики дистанційного мануального керування ними.

Застосування комплексного методичного підходу, вибір адекватних завданням експерименту тестів та контингенту обстежуваних дає можливість авторові розвинути теперішні уявлення щодо особливостей електричної активності кори головного мозку й дистальних м'язів руки в стані спокою та їх змін під час виконання тонких мануальних рухів у відповідь на сенсорні стимули.

Монографія складається зі вступу, декількох розділів, висновків і списку використаних літературних джерел. У розділах «Індивідуальні особливості функціональної активності мозку», «Структурно-функціональні основи рухової діяльності людини», «Електрофізіологічні кореляти рухів людини» висвітлено сучасні й класичні уявлення вітчизняних та іноземних наукових шкіл із досліджуваної проблематики. У розділі «Методичні аспекти дослідження» схарактеризовано умови формування контингенту, процедуру, описано апаратуру для реєстрації ЕЕГ та ЕМГ дослідження, а також описано первинний аналіз даних, статистичну обробку результатів. Як аналіз результатів дослідження в наступних розділах монографії висвітлено особливості вихідних психодинамічних характеристик, електричної активності кори головного мозку й дистальної мускулатури руки в обстежуваних із різним рівнем вихідної  $\alpha$ -частоти в стані функціонального спокою, під час фоностимуляції, за умови здійснення мануальних рухів у відповідь на дію сенсорних сигналів. У розділі «Мозкові процеси під час виконання мануальних рухів у відповідь на сенсорні сигнали в осіб із високою і низькою  $\alpha$ -частотою» узагальнено й обґрунтовано результати дослідження.

Дослідження, які лягли в основу монографії, здійснено в межах наукового фундаментального проекту «Нейрофізіологічні механізми і системна організація сенсомоторної діяльності людини (віковий і статевий аспекти)» (реєстраційний номер 0111U002143).

## ІНДИВІДУАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ АКТИВНОСТІ МОЗКУ

Проблема вроджених індивідуальних відмінностей у стабільних характеристиках функціональної активності мозку – одна з найважливіших у сучасній диференціальній психофізіології. У цьому контексті важливим є вивчення питання співвідношення цих відмінностей із рівнем властивостей основних нервових процесів, характером моторного реагування на сенсорні подразники, психічними функціями тощо. Актуальною науково-практичною проблемою, яка й сьогодні потребує подальшого вивчення, є дослідження генетично детермінованих індивідуальних особливостей реалізації фізіологічних функцій людини залежно від результатів діяльності.

**Індивідуальні особливості реалізації фізіологічних функцій людини.** Питання про роль генотипу в міжіндивідуальній варіативності психологічних ознак вирішують і в контексті його онтогенетичного розвитку [27, 78, 100, 110, 144]. Згідно з лонгітюдними дослідженнями в дитинстві виявлено певні психологічні характеристики, які володіють прогностичною валідністю щодо оцінки інтелекту в більш пізньому віці [110].

Відповідно до досліджень М. В. Макаренко [88] властивості основних нервових процесів суттєво впливають на розвиток сенсомоторних функцій і мають достовірний зв'язок із показниками властивостей цих функцій. Особи з високим і середнім рівнями функціональної рухливості та сили нервових процесів мають вищу сенсомоторну реактивність в умовах виконання складних розумових навантажень із переробки інформації. З літературних джерел [32, 85, 100] відомо, що генетично-детермінованим властивостям вищої нервової діяльності, якими є функціональна рухливість і сила нервових процесів, відводять важливу роль у відборі молоді до занять у спортивних секціях, у прогнозуванні результативності спортивної діяльності [88].

Уроджені індивідуальні властивості нервової системи і сформований на їх основі темперамент зумовлюють не лише вироблення індивідуального стилю діяльності, полегшення чи ускладнення оволодіння тим чи тим її видом, а й визначають динамічну своєрідність самої діяльності, її хід і способи реалізації дій, темп руху до поставленої мети [113].

Відповідно до уявлень П. В. Симонова [118] індивідуально-стійкий рівень активації мозку може бути одним із вирішальних факторів,

який при досягненні мети індивідом сприяє вибору ним стратегії суб'єктивної «цінності» або високої ймовірності досягнення. За даними Е. М. Теплової, В. Д. Небиліцина [129], високий рівень активації мозку (переважання в ЕЕГ більш високочастотного й низькоамплітудного  $\alpha$ -ритму), що можна трактувати як ознаку слабкої нервової системи й низької рухливості нервових процесів. Крім того, низьку амплітуду й високу частоту коливань ЕЕГ вважають ознаками нейротизму [155]. Відповідно до даних А. О. Чернінського [148] обстежуваним із низьким рівнем активації головного мозку (ГМ) у стані спокою і переходу в оптимальний для аналізу сенсорної інформації стан потрібне додаткове збудження, що проявляється в експресії високочастотних компонентів ЕЕГ ( $\beta$ ). Натомість, більш активовані обстежувані вже перебувають на оптимальному рівні й не потребують додаткової активації. Процеси, пов'язані із семантичною обробкою сенсорної інформації, у них відбуваються ефективніше.

Відповідно до результатів М. Ю. Макаруча та співавт. [54] співвідношення параметрів точності реакції на рухомий об'єкт зі швидкісними характеристиками нервової системи залежать від статі обстежених. У жінок встановлено відхилення співвідношення центральної затримки та швидкості простої сенсомоторної реакції від меж пропорції золотого перетину, що вказує на наявність ознак неоптимальної діяльності функціональних підсистем, задіяних під час реалізації реакцій випередження при визначенні точності на рухомий об'єкт. В обстежених чоловічої статі за умов підвищеної відповідальності за результат діяльності не виявлено порушень у діяльності функціональних підсистем, задіяних під час проходження тестування на здатність орієнтуватися в просторі й часі. За оптимальних умов діяльності регуляторний запас нервової системи використовують ефективніше представники жіночої статі, а за екстремальних умов – чоловічої. Величина швидкості простої сенсомоторної реакції, реакції вибору, швидкості центральної обробки інформації, а для представників жіночої статі ще й величина функціональної рухливості нервових процесів – надійний прогностичний критерій меж помилок точності реакції на рухомий об'єкт і за оптимальних, і за екстремальних умов діяльності.

**Вихідні характеристики ЕЕГ під час вивчення вроджених індивідуальних властивостей нервових процесів.** Останнім часом усе більшу увагу приділяють дослідженням «фонового» стану мозку, який впливає на наступні зміни мозкової активності, викликані вико-



нанням мислительних операцій і психомоторних дій [120, 224, 269]. С. А. Крижановський та співавт. [29] констатують, що просте, легке сенсомоторне навантаження значною мірою залежить від вихідного стану мозкових систем. При цьому величина латентного періоду аудіомоторної реакції перебуває у зворотній залежності від вихідної потужності ЕЕГ-діапазону 11,52–12,11 Гц у тім'яній ділянці правої півкулі. Якість виконання сенсомоторного й мнемонічного тестів пов'язана з вихідним станом лівої лобової ділянки неокортексу, який може бути оцінений за потужністю коливань ЕЕГ у діапазоні 9,5–10,5 Гц. Водночас, зростання інформаційної насиченості завдання та його вимог до ресурсів нервової системи, на думку вчених, зменшують можливість прогнозування ефективності його виконання за параметрами вихідного функціонального стану мозку.

Відомо, що ЕЕГ є інтегративною характеристикою функціонування ГМ, тобто відображає активність багатьох нейрональних груп, і це проявляється у фоновій електричній активності. Спонтанну електричну активність кори визначають генетично контрольовані індивідуальні особливості структурно-функціональної організації мозку [179, 318]. Вона пов'язана з різними психологічними характеристиками людини й може забезпечувати прогноз особливостей мозкової відповіді на очікувані зміни в навколишньому середовищі [68, 158]. Так, під час виконання завдань на комплексну обробку інформації інтроверти демонструють реакцію синхронізації, а для екстравертів характерна десинхронізація ЕЕГ [214, 215]. На думку Г. В. Портнової та співавт. [106], облік індивідуальних особливостей ЕЕГ і їх реакцій на когнітивні навантаження дає змогу надзвичайно підвищити точність визначення типу розумової діяльності за ЕЕГ порівняно зі звичайним підходом, який ґрунтується на виявленні середніх тенденцій щод всієї вибірки обстежуваних.

У наукових роботах описано зв'язок індивідуальних особливостей  $\alpha$ -ритму в ЕЕГ і деяких психологічних характеристик та особливостей мислення [134, 158]. Зокрема, для осіб із добре вираженим  $\alpha$ -ритмом при заплющених очах характерні пасивність та інтровертність, для осіб із високолабільним  $\alpha$ -ритмом і зниженою амплітудою ЕЕГ – часті невротичні реакції, підвищена тривожність тощо. Зв'язок характеристик  $\alpha$ -активності з психологічними особливостями може проявлятися по-різному залежно від функціонального навантаження [174]. Так, показник нейротизму корелював із середньочастотним  $\alpha$ -ритмом негативно для ЕЕГ, записаної при спокійному стані, й

позитивно – для ЕЕГ, записаної під час виконання випробуванням завдання на час реакції.

Характеристики  $\alpha$ -активності значною мірою генетично детерміновані. Індивідуальні відмінності можуть бути пов'язані з різними морфологічними факторами: особливостями клітинної будови різних полів кори, провідних шляхів, метаболізму синаптичних медіаторів, товщини і властивостей тканин, що лежать на шляху від кори до реєструвального електрода [4]. Однак у лобових ділянках, порівняно зі скроневию та потиличними,  $\alpha$ -активність та інші компоненти ЕЕГ менш індивідуалізовані й меншою мірою залежать від генетичних факторів.

**Генератори  $\alpha$ -ритму ЕЕГ.** Механізми генерації  $\alpha$ -ритму людини на сьогодні не цілком зрозумілі [281]. Нині існує три основні теорії походження  $\alpha$ -активності й локалізації його генераторів: 1) теорія Е. Басара, що постулює наявність багатьох мультифункціональних селективно розміщених у корі генераторів  $\alpha$ -ритму, які утворюють дифузно-розподілену  $\alpha$ -систему; 2) факультативна теорія пейсмейкерів, яку сформулювали П. Андерсен і колеги, заснована на локалізації центрального механізму генерації  $\alpha$ -ритму в таламічних ядрах, які впливають на нейронну активність у відповідних коркових ділянках, 3) модель коркових і таламічних генераторів, яку підтвердили Ф. Лопес де Сільва зі співавторами й обґрунтували існуванням відносно незалежних генераторів, локалізованих і в ядрах таламуса, і в корі [62].

На основі експериментальних результатів, отриманих під час використання різних технік аналізу ЕЕГ, висловлювали різні припущення про розміщення коркових «генераторів»  $\alpha$ -активності. Передбачали наявність чотирьох генераторів  $\alpha$ -ритму (по два в кожній півкулі), трьох (у потиличній ділянці кожної півкулі й у прецентральному відділі кори), двох потиличних, [62]. Показано наявність генералізованого й локального компонентів  $\alpha$ -ритму, з яких перший має максимум потужності в потиличних ділянках, а другий – у центральних (можливо, локальний компонент відповідав  $\mu$ - (мю) ритму. На користь уявлення про множинність генераторів  $\alpha$ -ритму свідчать, зокрема, дані про відмінність його частоти в різних ділянках кори. Г. Пфуртшеллер і співавт. [291] показали, що, незважаючи на великі коливання середньої частоти  $\alpha$ -ритму в різних ділянках кори та за часом, частота центрального  $\alpha$ -ритму в одній із півкуль завжди незмінна для кожного випробуваного й дещо перевищує частоту в іншій півкулі. Півкулю з більшою частотою розрізняли в різних обстежуваних, причому поза зв'язку з провідною рукою.

Д. Р. Белов зі співавт. [15] окреслює основні гіпотези, які пояснюють просторову організацію  $\alpha$ -ритму: фізичної інтерференції електричних коливань від одного або декількох компактних генераторів [152]; «єдиної динамічної хвилі», яка поширюється в корі завдяки послідовному залученню в синхронну діяльність нейрональних елементів [287, 288]; таламічного пейсмейкеру [164]. Відповідно до такої концепції кожні 100 мс у центрі коркової проекції поля зору виникає хвиля, яка рухається до її меж. Завдяки послідовній сумачії в аферентних коркових нейронах вона посилює їх деполяризацію до надпорогового рівня. У результаті такого сканування може відбуватися послідовне зчитування інформації, яка передається в екстрастріарні відділи кори. Цей механізм, якщо він реально існує, дуже важливий для переходу позиційного кодування ознак образу в гнучкіший просторово-часовий код [132].

Згідно з гіпотезою таламічного джерела генерації  $\alpha$ -хвиль передбачають, що в різних ядрах таламуса за механізмом зворотного гальмування виникає ритмічна активність [152, 164]. Доведено, що електричну  $\alpha$ -активність кожної ділянки кори контролює певне ядро таламуса і що локальні таламокортикальні зв'язки керують ритмічною активністю кори [164 – 313].

**Молекулярні основи функціонування таламічних нейронів і генетичної природи частоти  $\alpha$ -осциляцій.** Здатність релейних таламічних нейронів до генерації осциляцій на частоті  $\alpha$ -ритму залежить від регуляції концентрації йонів кальцію в цитоплазмі й, відповідно, активності кальцієвих Т-каналів ендоплазматичного ретикулуму (ЕПР) [164, 243, 304, 315]. Особливістю таламічних релейних нейронів є підвищена щільність розподілу кальцієвих Т-каналів у сомі та дендритах [182, 304], провідність яких значною мірою змінює реактивність релейних клітин і тим самим впливає на передавання інформації в кору [243, 304]. Рівень концентрації вільного кальцію в цитоплазмі регулюють кальцієві Т-канали ЕПР і вторинний месенджер (переносник) трифосфат інозитулу. Він утворюється з фосфоліпідів клітинної мембрани, коли нейротрансмітер взаємодіє з її рецепторами. Трифосфат інозитулу, зв'язуючися з Т-каналами ЕПР на його мембрані, сприяє швидшому вивільненню йонів кальцію в цитоплазму [213, 272, 304]. Після цього внутрішньоклітинний кальцієвий струм провокує тимчасову деполяризацію мембрани клітини із частотою близько 10 разів за секунду. Отже, зміну концентрації кальцію в цитоплазмі клітини регулюють кальцієві канали і вони є ключовою ланкою для зміни частоти біоелектричної активності мозку [298].

Кальцієві Т-канали відзначає значний період рефрактерності – близько 100 мс, що зумовлює низьку кінетику цих каналів. У цей період Т-канали інактивовані, і клітина не бере участі в нейрональній відповіді. Кальцієві Т-канали, регулюючи концентрацію кальцію, можуть гальмувати передачу сигналу активації через таламус і тим самим стабілізувати стан спокою [283, 313]. Структурна організація кальцієвих каналів, будучи генетично детермінованою, визначає частоту  $\alpha$ -осциляцій [313]. Нещодавні дослідження Шпергель показали, що структурна організація кальцієвих каналів і, відповідно, частотний профіль  $\alpha$ -осциляцій не змінюється впродовж життя [308]. Факт успадкованої частоти домінантного ритму ЕЕГ довели багато дослідників [166, 191, 306]. Отже, генетично зумовлена структурна організація Т-каналів лежить в основі феномену спадкової детермінованості індивідуальної частоти осциляцій у діапазоні  $\alpha$ -активності. Справді, індивідуальна частота максимального піку  $\alpha$ -ритму в стані спокою – показник інваріантний, високо відтворений і становить  $10 \pm 0,5$  Гц у більшості індивідів 25–40 років [177, 246, 253, 256, 279, 281, 314]. На думку Г. Хупера [234], частота максимального піку  $\alpha$ -ритму відображає єдиний агрегований ресурс  $\alpha$ -активності, а частоти інших спектральних піків із діапазону осциляцій у  $\alpha$ -спектрі найбільш імовірно визначають інтенсивність стимулу й тривалість його впливу [234]. Однак, поряд із цим, встановлено залежність індивідуальної частоти максимального піку  $\alpha$ -ритму від фактору каудальності (у тім'яно-потиличної ділянці вища, ніж у фронто-центральної [19, 41, 289]), від віку [177, 193, 209], нейрогуморального статусу, характеру психотерапевтичного або психофармакологічного впливу [208], вираженості процесів втоми [222], а також ступеня володіння професійними навичками [177]. Така варіабельність  $\alpha$ -частоти в однієї людини – наслідок того, що структуру й активність кальцієвих каналів регулюють багато фенотипічних факторів: вік, активність гормонів і т. д. [204, 207, 235, 259, 298, 308, 326]. Загалом тонка регуляція частоти  $\alpha$ -ритму здійснюється або за допомогою впливу на активність калієвих каналів [207, 298], або на процеси фосфорилування протеїнкінази [259, 308], що бере участь у біосинтезі кальцієвих каналів, або через вплив на активність йоно- та метаболічних ГАМК-рецепторів [235].

Активність йоно- (з йонофором) та метаболічних (використовують для передачі сигналу комплекси вторинних месенджерів) рецепторів таламічних релейних нейронів, у свою чергу, залежить від низки генетичних факторів, зокрема від метаболізму клітини, актив-

ності гормонів, локалізації нейронів [181, 186, 195, 232, 251, 277]. При цьому активація та інактивація таких видів рецепторів може бути взаємозалежною. Зокрема, блокування йонотропних рецепторів ініціює запуск залпових розрядів через метаботропні рецептори [268, 276]. Метаботропні рецептори складають близько 95 % синаптичних входів. Вони мають проєкції за типом зворотного зв'язку в шостому шарі кори й через ретикулярне ядро таламусу (РЯТ) пов'язані зі стовбуровою ретикулярною формацією [195, 277]. При цьому зв'язки з РЯТ гальмівні, що відповідним чином впливає на інгібіторну дію цих рецепторів на механізм кальційзалежної деполяризації клітини. Це значною мірою визначає тривалість рефрактерного періоду кальцієвих каналів і модулює частоту генерації хвиль деполяризації мембрани релейних таламічних нейронів і, як наслідок, індивідуальну частоту максимального піку  $\alpha$ -осциляцій, що реєструється з поверхні кори. Р. Нікол [181] вважає, що метаботропні рецептори, «ідеально пристосовані для контролю активності кальцієвих Т-каналів».

Отже, частота максимального піку  $\alpha$ -ритму ЕЕГ відображає генетично детерміновані особливості структурної організації таламічних нейронів, а точніше, їх кальцієвих Т-каналів, а варіабельність частоти – зміни в кірково-таламічних взаємодіях, які залежать від виду й активності рецепторів [275, 290].

**Індивідуальна  $\alpha$ -частота як інформативний критерій ефективності когнітивної і психомоторної діяльності.** З'ясовано, що для людей, які відрізняються за показником частоти максимального піку  $\alpha$ -активності, характерні різні поведінкові стратегії [9, 177, 253]. Осіб з різним рівнем частоти максимального  $\alpha$ -піку характеризують відмінні механізми сприйняття, переробки інформації, організації руху [9, 10, 206, 236]. З'ясували, що індивідуальна частота  $\alpha$ -ритму лінійно співвідноситься з гнучкістю, оригінальністю вербальних стратегій [289], пластичністю нейрональних процесів й інтелекту [10]. М. Н. Русалова [115] виявила залежність частоти домінуючого  $\alpha$ -ритму ЕЕГ від мотиваційно-емоційного фону діяльності.

Є. А. Умрюхін та співавт. [133] встановили, що випробовуваних із початково високою потужністю низькочастотного діапазону  $\alpha$ -ритму відрізняла менша кількість помилок під час мнестичної діяльності, велика кількість точних відповідей порівняно з обстежуваними, у фоновій ЕЕГ яких переважає потужність високочастотного  $\alpha$ -діапазону. Є. П. Ільїн [58, 64, 118] зазначає, що високоамплітудний і низькочастотний  $\alpha$ -ритм – ознака низької тривожності нервових процесів.

На думку багатьох авторів, індивідуальна частота  $\alpha$ -активності ЕЕГ – визначальний фактор в організації електричної активності мозку [234], що зумовлює швидкість і продуктивність переробки інформації [10, 206]. Порівняльний аналіз фонові ЕЕГ обстежуваних із низьким і високим часом вибору показав, що перші відрізнялися вищим  $\beta$ 1-індексом лівих лобового й потиличного відведень, а також вищою частотою  $\alpha$ -ритму в симетричних лобових ділянках [72].

Виявлені відмінності психомоторних і психічних властивостей залежно від рівня вихідної  $\alpha$ -частоти можуть бути пов'язані з тим, що різні частотні діапазони  $\alpha$ -активності мають відмінні мозкові генератори і є відображенням різних функцій.

**Функціональна роль частотних діапазонів  $\alpha$ -ритму ЕЕГ людини.** На думку багатьох дослідників,  $\alpha$ -хвиля сама по собі пов'язана з коливаннями здатності людини сприймати зовнішні стимули й реагувати на них [43, 96]. Функціональна роль  $\alpha$ -активності реалізується у виконанні функції тимчасового сканування інформації та здійснення механізмів сприйняття; у функціональній оптимізації станів мозку й забезпеченні готовності реагувати; у регуляції потоку висхідної і низхідної інформації; у забезпеченні механізмів пам'яті (зокрема відома «голографічна гіпотеза» Прібрама); в організації корекції рухів за рахунок ритмічних коливань збудливості елементів системи, що управляє рухом [17]. А. Фінк зі співавт. [214, 215] продемонстрували, що електрична активність мозку на частоті  $\alpha$ -ритму чутлива до складності виконуваної задачі й, зокрема, до ступеня стереотипності її розв'язання.

Беручи до уваги функціональну гетерогенність різних  $\alpha$ -піддіапазонів ЕЕГ, автори наголошують на важливості використання більше вузьких частотних смуг замість широкого діапазону 8–13 Гц для зіставлення з результативністю когнітивних завдань різної складності [158, 221, 253].

Ще на початку розвитку електроенцефалографії Гр. Уолтер [134] висловив думку, що індивідуальні особливості  $\alpha$ -ритмів ЕЕГ відображають не стільки функції окремих структур мозку, скільки характер регуляторних процесів, які забезпечують координацію корково-підкоркових взаємовідносин. Сучасна наука отримала переконливі докази, що зміни в різних частотних діапазонах  $\alpha$ -активності є корелятами їх різних функцій. Десинхронізація в нижній і середній  $\alpha$ -смугах асоціюється з процесами уваги, такими як пильність і очікування, у той час десинхронізація у верхньому альфа-піддіапазоні

відображає посилення розумової активності [111, 221, 141, 252, 253, 265]. Багато авторів також відзначало більш виражений зв'язок низько-частотного  $\alpha$ -ритму з мотиваційно-інформаційними функціями [136, 256]. Н. Н. Данилова [45] отримала результати, які вказують, що співвідношення низько- і середньочастотних компонентів  $\alpha$ -ритму залежить і від рівня мотивації, стресу (з їх підвищенням відбувається зміщення питомої ваги в бік низькочастотного компонента 6,5–8 Гц), від властивостей темпераменту випробуваних. За даними W. Klimesch [255, 256], низький рівень уваги (відображається в низькій десинхронізації повільного  $\alpha$ -ритму) призводить до труднощів завдання мнестичного відтворення (відображається у високому рівні десинхронізації швидкого  $\alpha$ -ритму). Важливим є і те, що при паралельній реєстрації ЕЕГ та функціональної магнітно-резонансної томографії (ФМРТ) було чітко доведено, що блокування  $\alpha$ -ритму в певній ділянці кори чітко корелює зі зростанням її активації, що засвідчує посилення її кровопостачання [10].

Водночас, останнім часом з'являється все більше даних і про збільшення потужності деяких частотних складників  $\alpha$ -діапазону при функціональних навантаженнях [74, 203, 253, 261]. W. Klimesch [253] вважає реакцію синхронізації  $\alpha$ -ритму показником функціонального гальмування когнітивної діяльності, коли потрібно затримати поведінкову реакцію, утриматися від використання раніше набутих навичок. Існує досить чітка кореляція між зростанням синхронізації в корі й зниженням регіонального кровотоку у відповідній ділянці [220]. Така кореляція підтверджує уявлення про те, що підсилення потужності  $\alpha$ -ритму в ділянці сомато-сенсорних коркових ділянок пов'язано з розвитком у корі гальмівних процесів і зниженням збудливості її нейронів [263]. Реакція синхронізації  $\alpha$ -активності в лобових ділянках слугує показником контролю з їх боку, що дає змогу за допомогою гальмування («гальмівного фільтра») сфокусувати коркові процеси на розв'язанні поточної значущої задачі й запобігти впливу нерелевантних факторів [253]. На думку G. Buzsáki [187], експресія низько-частотних компонентів  $\alpha$ -діапазону пов'язана з процесами релаксації і нормалізації стану нейронів кори.

Низкою досліджень встановлено, що пов'язана з виконанням креативних завдань десинхронізація/синхронізація  $\alpha$ -ритму чутлива до таких факторів, як стать обстежуваних, рівень їх інтелекту та екстраверсії [103, 214], тип завдання і його складність [274]. Різний рівень ефективності такої діяльності пов'язаний зі специфічними змінами в низько- або високочастотному  $\alpha$ -діапазоні [274, 288, 295].

Гетерогенність і поліфункціональність структури  $\alpha$ -ритму відображаються і в характері перебудов спектрів ЕЕГ під час сенсомоторної діяльності. Її регуляція в різних півкулях здійснюється на різних частотах, що лежать у діапазоні  $\alpha$ -ритму [26]. В. В. Гаркавенко та співавт. [57] вважають, що верхній і нижній діапазони  $\alpha$ -коливань різною мірою пов'язані з процесами, які визначають рівень активації мозкових структур, специфічними для певної задачі.

**Значення мозкових систем активації в процесі обробки інформації.** Процеси блокування та збільшення потужності  $\alpha$ -частот значною мірою пов'язані з функціонуванням основних активаційних мозкових систем: стовбурово-таламо-кортикальної, що використовує таламус для локальної активації як компонента орієнтовного рефлексу, базальної холінергійної переднього мозку, що через таламус здійснює коркову активацію на значущі стимули, каудо-таламо-кортикальної, що також використовує таламус для створення в корі картини розподілу локусів активації, потрібних для виконання тієї чи тієї діяльності [99, 109, 124].

Інтеграція явищ десинхронізації та синхронізації  $\alpha$ -коливань ЕЕГ, що виражається, відповідно, у висхідних (*bottom-up*) і низхідних (*top-down*) потоках імпульсів, визначає процес обробки інформації [74, 203, 254, 261, 279]. Висхідні процеси пов'язані з трансляцією інформації від первинних аферентів до проєкційних й асоціативних ядер кори з її проміжним перемиканням у таламічних релейних ядрах та ядрах із асоціативними функціями. Регульовальна роль низхідних потоків має не менш важливе значення і забезпечується участю префронтальної кори й транскортикальними зв'язками (магнітоцелюлярним шляхом, *express lines*), по яких відбувається швидка передача нервових імпульсів із сенсорних зон мозку до префронтальної кори. На основі подібної часткової, рудиментарної, недеталізованої інформації здійснюється початкова категоризація стимулу, формування моделі, образу, внутрішнього уявлення, установки, що найбільш відповідає діючому стимулу [74, 163, 173, 203, 256, 257]. Інформація про це передається з префронтальних відділів у сенсорні коркові структури, де вона зіставляється з аферентною висхідною імпульсацією від діючого стимулу. У разі, коли вони збігаються, когнітивна діяльність значно полегшується, а їх розузгодження може призводити до спотворень у сприйнятті [203, 233, 238, 317]. Префронтальна кора оцінює значущі невербальні й вербальні стимули залежно від контексту, в якому вони діють, від внутрішніх станів, що сформу-



валися в мозку суб'єкта внаслідок минулого досвіду. Це дає підставу вважати цю структуру ключовою для забезпечення гнучкості нервових процесів у середовищі, що постійно змінюється [75, 163, 173, 218].

Префронтальна кора і структури таламуса складають єдине функціональне ціле – фронтоталамічну регуляторну систему. Особливе місце в її структурі займає медіодорзальне ядро таламуса. Саме це ядро – основний аферент префронтальної кори. Медіодорзальне ядро має аферентні зв'язки і практично з усіма структурами лімбічної системи, у тому числі з поясною звивиною. Отже, воно є головним джерелом мотиваційних та інформаційних (короткочасна й довготривала пам'ять) впливів на префронтальну кору [109]. У свою чергу, еферентні проєкції від префронтальної кори й медіодорзального ядра можуть слугувати морфологічною основою для регуляції мотиваційних процесів із боку лобової кори.

На сьогодні найбільш розробленою теорією керованої локальної активації кори при довільній увазі є теорія Дж. Скіннера, Д. Ліндслі, Ч. Ітлінга [109]. Роль «провідника» вибіркового впливів на кору в цій теорії належить ретикулярному ядру таламуса. Його нейрони справляють селективний гальмівний вплив на клітини релейних ядер таламуса, які беруть участь у передачі висхідної інформації про нерелевантні ознаки сигналу. Ретикулярне ядро трактується як місце конвенції неспецифічних гальмівних (від ретикулярної формації) та специфічних активаційних (від префронтальної кори) впливів. Поряд із пригніченням нерелевантних входів можна спостерігати посилення релевантних. Таке посилення може відбуватись у результаті нисхідних впливів від проєкційної кори. Це свідчить про те, що проєкційна кора залучається до обробки значущої інформації не лише через входи від релейних сенсорних ядер, а й незалежно від них. Реверберація сигналів у таламо-кортикальних неспецифічних проєкціях слугує одним зі способів тривалої підтримки активності вибіркового модульовальних механізмів [109].

Водночас, існує багато факторів, особливо пов'язаних із зоровою увагою в людини, що не узгоджуються з такою схемою. У. Нейссер висунув інше припущення: «...приділення уваги одному з повідомлень є його синтезом. Нерелевантні повідомлення не фільтруються, не послаблюються, вони просто недостатньо активно синтезуються» [273]. Інакше кажучи, нерелевантні стимули отримують менше уваги, що і є недостатнім для активного синтезу, тобто для повної когнітивної обробки. Подібні до цих є уявлення У. Джонсона і В. Дарка [244] про

те, що селективна увага належить до різної обробки одночасних джерел інформації.

Взаємодію ритмогенних таламо-кіркових структур на рівні ретикулярного ядра таламуса визначають вибірково керувальні впливи з боку фронто-таламічної системи, «стрижнем» якої є префронтальна кора, і тонічними – з боку ретикулярної формації середнього мозку. З функцією ретикулярної формації пов'язують явища генералізованої активації, що охоплює обширні ділянки кори. Уважають, що функція стовбурової неспецифічної системи полягає в підтриманні в мозку певного функціонального стану, а неспецифічна система таламуса пов'язана з вибірковою увагою. Шляхи ретикулярної формації середнього мозку поширюють активаційні впливи на кору, найімовірніше, через базальну холінергічну систему переднього мозку, яка, у свою чергу, моносинаптично проектується на кору [109].

Підсумовуючи літературні відомості щодо вивчення індивідуальних особливостей функціональної активності мозку, варто зазначити деякі основні моменти. Уроджені особливості діяльності мозку визначають рівень властивостей основних нервових процесів, психічні функції, успішність результатів діяльності. При цьому все більше уваги приділяють дослідженням «фонового» стану мозку, який впливає на наступні зміни мозкової активності, пов'язані з виконанням мислительних операцій та психомоторних дій. Найбільшу інформативність для визначення стану основних психофізіологічних функцій тієї або тієї людини має індивідуальна варіативність амплітудно-частотних характеристик  $\alpha$ -активності ЕЕГ, зокрема частота максимального піку  $\alpha$ -ритму. Переважання у фоновій ЕЕГ низько- або високочастотного діапазону  $\alpha$ -коливаль, можна трактувати як надійний прогностичний критерій результативності різних видів професійної діяльності та інтелектуальних здібностей. Таке твердження ґрунтується на тому, що домінантна частота ЕЕГ генетично зумовлена, а різні частотні діапазони  $\alpha$ -активності мають відмінні мозкові генератори. Аналіз літературних джерел дає підстави вважати, що різні частотні  $\alpha$ -піддіапазони різною мірою пов'язані з основними системами мозкової активації, що має відображення в їх функціях. Водночас, виявлено недостатньо інформації про особливості регуляторних мозкових процесів у людей із різною індивідуальною  $\alpha$ -частотою під час виконання мануальних рухів у відповідь на сенсорні подразники. Теперішні дані фрагментарні й недостатні. Однак така проблема досить актуальна і має не лише теоретичне, а й очевидне практичне значення.

## СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНІ ОСНОВИ РУХОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

Рух – це універсальна функція організму. Вона визначає можливість поведінкових реакцій і нормальне функціонування всіх органів та систем організму. У житті людини рухова діяльність та її управління пов'язані з багаторівневою системною організацією центральних і периферійних регуляторних механізмів [3, 4, 17, 58, 99, 124, 135]. Відомо, що рухи, які виконує людина, поділяються на довільні й мимовільні, або автоматизовані. Уважають, що перші з них здійснюються під контролем свідомості, другі виконуються на підсвідомому рівні. Однак потрібно відзначити певну умовність подібного розподілу, оскільки в руховій діяльності людини, у складних життєвих ситуаціях, у навчанні й в індивідуальному досвіді роль свідомості в різних формах реалізації руху дуже коливається – від осмисленої цілеспрямованої організації рухових актів до їх автоматизації [17, 36].

**Класичні й сучасні уявлення про центральну регуляцію рухів людини.** Класичні погляди на апарат центральної регуляції руху ґрунтуються на принципі структурно-функціональної ієрархії. Нейромоторні структури (рухова кора великих півкуль, стріопалідарні структури, мозочок, червоне ядро, спинний мозок, м'язи) локалізуються в різних відділах центральної нервової системи – від кори головного мозку до спинного. У їх розміщенні відображається послідовне вдосконалення рухових функцій у процесі еволюції і під час онтогенезу. Ієрархічне формування рухових систем полягає не стільки в перебудові наявних регуляторних структур, як у надбудові нових надсистем, які забезпечують складніші програми дії [17, 39, 76, 86, 147]. У цій ієрархії кожен рівень наділений автономією, але одночасно підпорядкований вищерозміщеному [17].

Експериментальне виявлення Г. Фрітче і Е. Гітцигом моторних зон кори свого часу дало поштовх для формування уявлень про спеціалізовані рухові центри та їх низхідні еферентні шляхи. Спираючися на ці уявлення і значною мірою на клінічний матеріал, виділено пірамідну та екстрапірамідну системи регуляції моторики. Передусім враховували їх анатомічні характеристики й синдроми рухових розладів у хворих. У подальшому було встановлено, що не існує двох чітко виокремлених рухових регуляторних систем [3, 39, 61, 76]. Є думка, що пірамідна система переважно забезпечує дискретні довільні рухи, які здійснюються дистальними м'язами [167]. Екстра-

пірамідна система переважно разом із базальними гангліями, мозочком, ретикуло- і вестибулоспинальним апаратом регулює роботу осової мускулатури та діяльність проксимальних відділів кінцівок. Взаємодіючи між собою, пірамідна й екстрапірамідна системи відіграють «цільову» та «підтримувальну» ролі [45, 60, 61, 76, 95, 140, 148].

У соматопічній організації кори людини основною руховою ділянкою вважають прецентральну звивину. Рухова зона безпосередньо пов'язана з управлінням і координацією рухів. Однак у забезпеченні адаптивних моторних актів важлива роль належить різним відділам кори. Фактично в ній встановлене множинне моторне представництво, існує не лише первинна рухова ділянка, а й додаткова вторинна моторна зона. Ця ділянка розміщена в глибині міжпівкульової щілини, що прилягає до первинної рухової зони й простягається дещо ростральніше неї. Обидві ці ділянки мають також чутливі периферійні проєкції, і тому їх можна назвати первинною і вторинною моторно-сенсорною корою. Виділяють також первинну і вторинну соматосенсорні зони. Загалом встановлено наявність чотирьох рухових і чотирьох чутливих ділянок. Отже, внутрішня організація моторної кори виявилася складнішою і не зводилася лише до зони з великими пірамідними клітинами Беца (поле за Бродманом) і її пірамідного кортикоспинального шляху. Встановлено прецентральні й додаткові моторні поля з їх складними структурними взаємозв'язками та різноманітними регулювальними функціями. В організації рухів розкрито роль тім'яної кори, яка пов'язана зі всіма структурами рухової системи, включаючи моторну зону неокортекса і стріо-палідарні ядра [13, 42]. Як на загальний принцип слід вказати на широке представництво пускових і асоціативних зон у різних ділянках кори головного мозку, на їхню тісну взаємодію у формуванні функціонального об'єднання коркових зон [13, 14, 86, 135]. У цій корковій діяльності в програмуванні та ініціації рухів встановлено значення лобних структур.

На сучасному етапі, розвиваючи принцип структурно-функціональної ієрархії центральної регуляції руху, М. О. Бернштейн [17] виділив п'ять рівнів головного мозку, які здійснюють складний і різноманітний процес управління моторикою:

А. Руброспинальний рівень (регуляція тонуру і статокінетичних функцій тулуба й шиї).

В. Таламо-палідарний рівень (регуляція руху кінцівок, рухових автоматизмів).

С. Пірамідно-стріарний рівень (регуляція простору, локомоцій,

циклічних і цілеспрямованих рухів рук).

Д. Тім'яно-премоторний рівень (регуляція послідовних і предметних дій, навичок, вищих автоматизмів).

Е. Вищі коркові рівні (регуляція відчуттів, мови, психічних та інших інтегративних функцій – праксиса, моторної мови).

Загалом в організації центральної регуляції руху виділяють її рівні:

1) спинний мозок із сегментарним принципом будови й функціонування;

2) стовбур мозку, в якому втрачається локальність сегментарних утворів і формується потужна інтегральна структура – ретикулярна формація;

3) підкоркові структури: «давніша» – палідарна й «молодша» – стріарна (неостріатум);

4) кора головного мозку – вищі центри регуляції моторики й інтегративних процесів у її управлінні.

Отже, на кожному рівні рухової системи є своя «провідна аферентація» та власний тип регульованих рухів. Виконання складного диференційованого руху на всіх його етапах (передналаштування, ініціації, повної реалізації) потребує неперервних сенсорних стимулів і корекції від усіх аферентних входів [36, 39, 42, 45, 64, 86, 229]. Загалом управління руховими актами будується на двох основних принципах – принципі прямого програмного управління і принципі сенсорних корекцій триваючого руху по ланцюгу зворотного зв'язку. Обидва ці принципи реалізуються одночасно [140]. Однак їх співвідношення для рухів різної складності й характеру відмінне.

Реєстрація активності поодиноких пірамідних клітин моторної кори за допомогою імплантованих мікроелектродів у тварин, які виконують різні рухи, дає змогу встановити принципово важливий факт [36, 61, 239]. Нейрони кори, які регулюють діяльність будь-якого м'язу, не зосереджені в межах лише однієї колонки. Рухова колонка значною мірою є функціональним об'єднанням нейронів, які регулюють діяльність кількох м'язів, що діють на певний суглоб. Отже, у колонках пірамідних нейронів моторної кори представлені не стільки м'язи, скільки рухи, нейронні коди моторних програм. Кодується інформація в нейроні частотою його розрядів. Аналіз імпульсної активності нейронів під час вироблення у тварин різних моторних програм показав, що в їх побудові беруть участь нейрони різних відділів рухової системи, виконуючи при цьому специфічні

функції. На думку деяких учених, включення моторних програм відбувається завдяки активації так званих командних нейронів. Командні нейрони перебувають, у свою чергу, під контролем вищих коркових центрів. Гальмування командного нейрона призводить до зупинки контрольованої ним програми, збудження, навпаки, – до активації нервового ланцюга й актуалізації моторної програми [3, 36, 61].

Залучення командних нейронів у цілісну діяльність мозку визначають поточна мотивація і конкретна рухова програма, спрямована на задоволення цієї мотивації. Рухова програма, щоб мати пристосувальний характер, повинна враховувати всі сигнально значущі компоненти зовнішнього середовища, щодо яких здійснюється цілеспрямований рух, тобто будуватися на принципі мультисенсорної конвергенції.

О. В. Казенников та співавт. [65] припускають, що моторна кора може здійснювати і управління індивідуальною активністю окремих м'язів, і активувати наявні нервові автоматизми для виконання руху з корекцією за допомогою локальних зворотних зв'язків. При цьому рухове завдання, що вимагає складнішої координації роботи м'язів, супроводжує підвищений рівень нейрональної активності моторної кори. У роботі О. В. Казенникова та співавт. [107] показано, що моторна кора бере участь також у формуванні випереджувальних м'язових налаштувань під час навчання новому руху. При цьому автори відзначають посиленій корковою контроль цих м'язів. Зміна збудливості моторної кори може бути результатом взаємодії зовнішніх аферентних входів і внутрішніх моделей рухової активності в інших відділах кори головного мозку, зокрема при передачі збудження від тім'яної частки через премоторну зону в моторну кору.

Значний прогрес у розкритті рухової активності було досягнуто під час вивчення її регуляторних апаратів на нейрональному рівні. У цьому напрямі особливий інтерес має встановлення ультрамікроструктури синапсів і пов'язаних із ними нейромедіаторних систем. Використання електронної мікроскопії і гістохімічних методик дало змогу виділити різні групи хімічних синапсів – холінергічних, моноамінних (у тому числі норадренергічні й дофамінергічні), амінокислотних. Сьогодні активно досліджують локалізацію нейромедіаторних систем і у зв'язку з ними взаємодію рухових структур, їх збуджувальну та гальмівну дію на активність певних коркових, підкоркових і периферичних апаратів регуляції моторики. Припускають існування загального біохімічного механізму актуалізації

моторних програм у результаті росту активності ДА- і НА-ергічних систем у мозку. Ці системи наділені властивістю гальмувати гальмівні інтернейрони й тим самим розгальмовувати нейронні сітки [12, 150, 151, 264, 310, 311, 312]. Можна, без перебільшення, вважати, що нейромедіаторні системи, накладені на нейронні ланцюги мозку, додають до його функцій, уключаючи рухові, ще один вимір: високий рівень спеціалізації, системність і комплексність реакцій.

Використання методів внутріклітинних електродів вагомо розширило уявлення про регуляторні процеси на сегментарному рівні руху. Установлено дві моторні системи – систему безпосередньої дії, яка пов'язує альфа-мотонейрони передніх рогів спинного мозку з виконавчою мускулатурою, і систему опосередкованої дії – гаму-петлю, яка йде до м'язових веретен м'язів і потім повертається до альфа-мотонейронів і до інших центральних утворень [39]. Мікроелектродне вивчення рухової кори та інших відділів неокортекса встановило колонки нейронів, які збуджують і гальмують групу функціонально близьких мотонейронів. При їх подразненні через мікроелектрод виникають різноманітні рухи в певному суглобі [13, 14].

У лобовій і меншою мірою в тім'яній долях виявлено три популяції нейронів, які розкривають далекоглядні можливості для здійснення адекватної рухової поведінки, зокрема людини [14]. Перша група клітин належить до сенсорних нейронів із просторовою селективністю, друга забезпечує короткочасну пам'ять і зберігає отриману інформацію, третя реалізує моторну програму. Відзначено послідовне залучення різних популяцій клітин у процес програмування нового рухового акту. Установлено роль префронтальної кори як посередника між пам'яттю і дією [221]. У руховій поведінці реалізується здатність реагувати на ті чи ті ситуації, які зберігаються в робочій пам'яті. Кінцевий і конкретний варіанти управління рухом формуються в моторній корі. До неї надходять сигнали пропріоцептивної м'язової активності, від сенсомоторної, зорової та інших відділів кори, які й використовуються для рухового контролю та корекції руху. На підставі досліджень повільних змін коркового потенціалу перед рухом Г. Корнхюбер [257] припустив, що асоціативна (префронтальна й парієтальна) кора слугує для загального планування стратегії і тактики руху. Тім'яна кора відіграє основну роль в інтеграції різних видів аферентації і забезпечує початкові стадії процесу перекодування сенсорної інформації в моторну. Тут відбувається відбір поведінково значущих стимулів за допомогою меха-

нізмів уваги та пам'яті [22]. Конкретна прострово-часова програма організується мозочком для швидких рухів, базальними гангліями – для повільних і реалізується через моторну кору. Ці ідеї відображені в популярній схемі Аллена-Цукахара, значна роль у якій належить кортико-мозочковим петлям [61]. Передбачено, що команда з асоціативної кори надходить у латеральний мозочок, у якому формується координаційна програма руху, що через зубчасте ядро мозочка й вентролатеральне ядро таламуса приходить у моторну кору [160]. Для повільних рухів програма організується базальними гангліями. Копія вихідної команди з моторної кори йде в проміжній мозочок, який зв'язує її з інформацією від периферійних аферентів. Далі через проміжне ядро мозочка відкоригована команда надходить у моторну кору, а також через червоне ядро й рубро-спинальний тракт безпосередньо на периферію. Відзначимо, що велике значення надається і внутрішнім (копія моторної команди), і зовнішнім (інформація від руху) зворотним зв'язкам [61, 324]. Варто наголосити роль неостріатума як найважливішої структури базальних гангліїв у двох протилежних механізмах реалізації довільного руху, пов'язаного з його ініціацією або, навпаки, з гальмівною корекцією аж до повної зупинки. Активність цієї підкоркової структури проявляється в участі в підготовці довільного руху, в селекції значущих для нього сенсорних сигналів, у корекції моторної програми й підготовки пози.

Пріоритетну роль у забезпеченні складної бімануальної координації рухів відіграє мозолисте тіло [70]. Така координація потребує швидкого обміну інформацією між півкулями головного мозку. Мозолисте тіло може брати участь у передачі моторних команд і еферентної інформації з однієї півкулі в іншу, в реалізації сенсорного зворотного зв'язку [217]. Передня частина мозолистого тіла відіграє принципову роль у міжпівкульовій регуляції моторних реакцій, у набутті нових бімануальних навичок і в успішному використанні цих навичок за відсутності візуального контролю [217].

**Механізми координування моторної та сенсорної інформації.** Сенсорна організація рухів – самостійний початковий етап складного ланцюга процесів побудови рухових актів. Відповідно до загальної теорії функціональних систем початок будь-якого рефлексорного акту полягає в синтезі полімодальної аферентації. При цьому основною структурно-функціональною одиницею синтетичних процесів мозку, незалежно від етапів їх розгортання, є блок полісенсорних нейронів із широкою конвергенцією до нього впливів різної мо-



дальності [13]. Аналіз окремих характеристик рухів (темпу, тривалості окремих фаз) належить слуховій сенсорній системі. Оцінка діяльності окремих фаз рухів ґрунтується на різниці мікроінтервалів часу між звуковими сигналами, які надходять від рецепторів слухової сенсорної системи [104]. У літературі є дані про значення механізмів слухової сигналізації в організації рухової активності на таламо-кортикальному рівні [13, 80, 130]. Виявлено особливості кореляційних взаємин часових характеристик акустичних стовбурових викликаних потенціалів (АСВП) як найбільш стійких показників суппортметрії [130]. Амплітуди компонентів АСВП, на думку деяких авторів, є більш варіабельними показниками й, отже, менш інформативними [37, 56, 161]. Однак ці характеристики, без сумніву, відображають рівень активації елементів сенсорної системи, і особливо тих структур, у яких відбувається перемикавання інформації з її декодуванням.

Функцією і сенсорних, і моторних систем організму людини є імовірнісний прогноз, попереднє налаштування до рухів. Чим більш визначеним є імовірнісне прогнозування розвитку ситуації, тим більш локальним за часом і більш «прицільним» є попереднє налаштування моторного апарату, що забезпечує вищу швидкість, точність і економічність рухової реакції [139].

Сприйняття слухової стимуляції та її моторне відтворення супроводжує складна спільна робота обох півкуль мозку. У цьому процесі задіяні численні мозкові структури й ділянки кори, що можна пояснити складністю самих слухових стимулів і специфікою виконання моторних навичок [102]. У ситуації прослуховування звуків у мономодальній задачі, коли більшою мірою оцінюються звуки за висотою, силою, ритмічністю відзначено більший вклад лівої скроневої частки [98]. Внесок правої скроневої ділянки більш відчувається в задачі з рахунком звуків. Найбільш чітко праве гіпокампальне джерело активації виявлене під час рахунку звуків у біомодальній задачі. У роботі [106] встановлено, що наявність ритмічного звукового фону приводило до прискорення моторної відповіді, а також до зростання кількості правильних відповідей при оцінюванні тривалості стимулів. Різна швидкість ритмічної звукової стимуляції також впливала на мозковий ритм ЕЕГ. Під час повільної звукової стимуляції потужність коливань  $\alpha$ -ритму була меншою, ніж під час швидкої. У роботах В. Г. Каменської [66], А. Г. Моренко, О. С. Павлович [94] ідеться про те, що

зменшення потужності  $\alpha$ -ритму під час повільної звукової стимуляції є відображенням стану більш активної уваги до стимулу.

Згідно з гіпотезою «паралельної обробки» рухова й сенсорна інформації значною мірою обробляються незалежно одна від іншої за допомогою багатьох паралельних і ізольованих систем петлеподібних зв'язків. Гіпотеза «інформаційної воронки», навпаки, припускає «конвергенцію рецепції» в смугастому ядрі та блідій кулі, внаслідок чого рухові, сенсорні, психічні впливи надходять у кору разом [284]. На думку Г. Нортхоффа [278], сенсорні, психічні й рухові складники обробляються в такій «функціональній ланці», яка може бути або паралельною, або конвергентною. Такі замкнуті на себе «функціональні петлеподібні зв'язки» в межах однієї визначеної функціональної системи можуть бути функціональними корелятами процесів внутрішнього моніторингу. Імовірно, суб'єктом їх переживає як психологічні стани (тобто моторне усвідомлення, моторне відображення) [278].

Одним із основних принципів роботи мозку за умови сенсорно-моторної інтеграції розглядають динамічні внутрішні моделі, завдяки яким, як припускають, відбувається організація рухів і навіть здійснюються вищі когнітивні функції [22]. Внутрішні моделі організації рухів уключають план потрібної дії і враховують потрібні параметри її реалізації на основі інформації про поточний стан рухової системи та параметрів об'єкта (відстань, розміри, вага і т. д.). Сучасне поняття внутрішньої моделі багато в чому є розвитком уявлень М. О. Бернштейна про модель потрібного майбутнього [17] і П. К. Анохіна про акцептор результатів дії [4].

**Механізм реалізації оперативної пам'яті.** Обов'язковим елементом функціональної системи, яка забезпечує реалізацію рухів та їх координування із сенсорними стимулами, є процеси оперативної пам'яті. Оперативна пам'ять – один із найважливіших когнітивних процесів, які дають змогу утримувати інформацію, що зберігається в мозкових системах, у тому числі про сенсорні стимули та рухи, і маніпулювати нею. Оперативна пам'ять включає два процеси й, відповідно, дві системи: систему утримання інформації і систему її зв'язки з поточним сигналом [172]. За твердженням А. Д. Беддлі [172], до оперативної пам'яті входять зорово-просторовий, фонологічний, регуляторний компоненти. Останній, як центральний керівний механізм (*central executive*), організовує та координує процеси, що лежать в основі оперативної пам'яті. Модель А. Д. Беддлі передбачає наявність

спеціальних сховищ інформації – «буферів». Вилучає та маніпулює інформацією відповідно до конкретного завдання центральний керуючий механізм. Останнім часом у наявності спеціальних сховищ інформації сумніваються, а провідну роль у відборі запам'ятованої інформації і збереженні її слідів покладають на активаційні процеси. Відповідно до цього погляду [197, 301], під час реалізації оперативної пам'яті потрібна інформація утримується у фокусі уваги, а збереження слідів забезпечує активація тих структур, у яких аналізується та обробляється запам'ятована сенсорна інформація. При актуалізації оперативної пам'яті за допомогою механізмів активації вилучається інформація з тих нейронних мереж, які її обробляли. Це може бути витяг і короткочасного сліду, і сліду з довготривалої пам'яті за відсутності в реальному часі потрібної для впізнання інформації [200]. Більшість учених пов'язує оперативну пам'ять із функцією лобових ділянок кори [185, 194]. Сучасні уявлення про когнітивні процеси як функції розподілених нейронних мереж дають підставу вважати, що в цей процес, поряд із лобовими частками, включаються й інші ділянки кори та підкоркові утворення [18, 137, 188, 189, 199, 202, 282]. Ступінь і характер участі різних відділів мозку в оперативній пам'яті визначають модальність стимулу, тривалість утримуваної в пам'яті інформації та операція, що саме реалізується. Використання моделі порівняння пари стимулів, які прямують із коротким часовим інтервалом (1200–1500 мс), виявило специфіку функціональної організації мозку на різних етапах реалізації оперативної пам'яті [18, 137]. Показано, що на етапі формування і утримання сліду в короткочасній пам'яті (1-й стимул у парі) значимо зростає амплітуда основного комплексу пов'язаних із подією потенціалів у коркових ділянках, які аналізують модально-специфічну інформацію. У здійсненні операції зв'язки висунутого стимулу з короткочасним слідом (2-й стимул у парі) істотна роль належить префронтальній корі.

**Особливості центрального програмування автоматизованих рухів.** У багатьох моментах межа між автоматизованою і довільно контрольованою дією дуже нестійка. Більше того, зміст навчання руховим навичкам становить перехід від постійно контрольованого ланцюжка усвідомлених рухових дій до автоматизованої єдиної «кінетичної мелодії», яка виконується зі значно меншими енергетичними витратами. Водночас достатньо невеликої зміни хоча б одного з компонентів автоматизованого досвіду, щоб ця навичка перестала бути повністю автоматизмом [59].

У розвитку класичних уявлень про природу рухових автоматизмів людини одні вчені вважали, що свідомість при автоматизації дій перемикається на результат [16], а також на умови здійснення дії [8], інші вказували, що свідомий контроль за діями залишається, але здійснюється він по-іншому, за допомогою узагальненого й схематичного способу дії, головню, підсвідомо [83]. Висловлювали думку, що при автоматизації продовжують усвідомлюватися лише м'язово-дотикові відчуття, на основі яких і керується дія. Змістова корекція зникає, тому що людині немає потреби вже думати про те, що і як він буде робити [138]. Переключення концентрованої уваги в окремі моменти виконання дії то на одне, то на інше: з дії – на ситуацію або на результат (тобто з внутрішнього контуру управління на зовнішній), викликане потребою, Е. П. Ільїн визначав як динамічний контроль [59]. М. О. Бернштейн [17] зазначав, що при автоматизації рухів свідомість розвантажується лише від другорядних за змістом деталей корекційного управління рухами; провідні ж, тобто головні на певний момент смислові корекції, ніколи не йдуть із поля свідомості людини, вони перемикаються з одного рівня регуляції рухів на інші відповідно до того, що в певний момент людина хоче контролювати. Тому під час виконання автоматизованих рухів виразному усвідомленню й осмисленню можуть підлягати і результат здійснюваної дії, і тактильно-м'язові та інші відчуття (але одночасно не однаковою мірою). Чим простіша дія, тим легше вона випадає зі змістового контролю, який через це може перемикатися на ситуацію, результат і навіть на інші дії (мовні, розумові). Чим складніша дія і чим вона важливіша для досягнення мети, тим більшою мірою вона перебуває під змістовим контролем. Зовнішній перцептивний контроль за простою дією теж може зніматися. Недарма однією з ознак навички вважають перехід контролю за дією із зовнішнього (зорового) контуру на внутрішній (пропріоцептивний, вестибулярний). Внутрішній перцептивний контроль залишається у формі тонічної уваги. Тонічний (перцептивний) контроль здійснюється постійно (як фон) за мінімальної інтенсивності уваги. Важливо врахувати, що під час виконання будь-яких дій людина завжди здійснює функцію стеження за ними завдяки перцептивному тонічному контролю. Як тільки ми отримуємо нові відчуття (сигнали), що свідчать про незалежні від нас зміни програми дії (перешкода на дорозі, ми оступилися, порвалася ручка сумки і її центр ваги змінився), ми відразу реагуємо на ці зміни, залучаючи концентровану увагу. Автоматизація – це лише придбана в результаті навчання

можливість відключення динамічного контролю за дією, а не обов'язковість і неминучість такого відключення [17].

Складним є питання про розподіл аспектів запам'ятовування і відтворення послідовностей, оскільки відомо, що реалізація будь-якої практичної діяльності передбачає наявність і розгортання відповідної їй програми, що зберігається в пам'яті [81, 226]. На основі досліджень навчання рухових навичок (які включають і запам'ятовування, і відтворення послідовності рухів), передбачають [231], що існують два типи внутрішніх уявлень послідовності рухів: просторових і моторних (*spatial and motor sequences*), які, очевидно, забезпечують абстрактне й ефекторно-специфічне кодування [223]. В. А. Ляховецький, Є. Б. Боброва [87] припускають, що внутрішнє уявлення послідовностей як просторових (абстрактне кодування) більшою мірою пов'язано з пам'яттю, а моторних (ефекторно-специфічне кодування) – з відтворенням рухів.

**Особливості формування центральної програми на початкових етапах моторного навчання.** У разі виконання неавтоматизованої дії інформація, що надходить до людини (у тому числі й сигнали від рецепторів), слугує не лише для контролю за дією, а й для аналізу. Додається перцептивний контроль – і зовнішній, і внутрішній. Потрібно враховувати ще й те, що точний образ вправи ще не склався, а сигнали, які надходять із пропріорецепторів, слабо диференціюються. Початкова стадія моторного навчання вимагає високого рівня довільної уваги, часто характеризується поелементним виконанням елементів серії і може спиратися на свідомі когнітивні стратегії, такі як промовляння або внутрішня візуалізація, що вимагають перекодування інформації [17, 180, 322]. За цих умов у вищих відділах головного мозку формується внутрішній стан, який впливає на сприйняття усвідомлюваних стимулів [256]. Внутрішня репрезентація послідовності зберігається в робочій пам'яті, а сам процес навчання передбачає участь когнітивних функцій, передусім уваги [211, 297]. Нейровізуалізаційні та електрофізіологічні дослідження показали, що мозкова організація спрямованої уваги [266, 292, 293], збереження серійного порядку елементів у робочій пам'яті [162, 170, 171, 198] включає взаємодію субкортикальних структур (таламусу, мозочка й базальних гангліїв) із багатьма структурами кори, серед яких особливу роль відіграє фронтальна кора та її зв'язки з тім'яною корою.

Видається вагомим розвиток уявлень про функції базальних гангліїв і моторної кори в руховому навчанні. Згідно із теперішніми

даними важливу роль у функціях базальних гангліїв відіграє, по-перше, дофамінергічний вхід із компактної частини чорної субстанції, нейрони якої, як і дофамінергічні нейрони вентральної тегментальної ділянки, реагують на підкріплювальні стимули [210], і, по-друге, складна організація виходу зі стріатуму (прямий і непрямий шляхи), що забезпечує вибір реакції («прийняття рішення») і гальмування непотрібних рухів [178, 241, 270]. З іншого боку, показано, що холінергічна система стріатума має стосунок до контролю позного компонента вивченого руху [151].

Було чітко показано, що підвищення активності соматосенсорної кори потрібне для формування нових рухів, але не для відтворення раніше вивчених [169]. Водночас було отримано дані про те, що межі ділянок представництва різних частин тіла в моторній корі можуть змінюватися, що засвідчує її пластичність. Пластичність моторної кори в людини виявляється також під час різних форм навчання нових послідовностей рухів. Аналіз змін активності мозкових структур, за даними функціонального картування, показує, що в моторній практиці, на відміну від навчання, активність виникає в одній і тій самій півкулі, незалежно від активної кінцівки. Такий результат може бути пов'язаний швидше з актуалізацією пам'ятного сліду, ніж із виконанням реального руху [319].

У реальному житті людина навчається багатьох складних рухів. При цьому новий рух може формуватись із готових блоків – уроджених чи сформованих раніше синергій і координацій різних частин тіла [60]. Нерідко наявні координації заважають виконанню руху й тому мають бути загальмовані під час навчання. На думку М. Є. Іоффе [61], процеси гальмування, які заважають синергіям, є специфічною функцією моторної кори, а не результатом передачі через моторну кору гальмівних впливів із інших структур мозку. Навіть після сильного зміцнення («автоматизації») складних координацій коркової контроль цих рухів, на думку авторів, зберігається, а не передається нижчим рівням.

Отже, наведені матеріали щодо класичних та сучасних уявлень про центральну регуляцію рухів людини засвідчують структурно-функціональну складність такого процесу. Вони вказують на різноманітну системну участь рухової кори й пов'язаних із нею підкоркових структур. Внутрішня організація коркової діяльності при формуванні й реалізації рухових функцій включає і активність спеціалізованих моторних зон, і генералізовані процеси в різних ділянках кори.

Кінцевим результатом є спеціалізована діяльність рухових низхідних систем і центрів стовбура та спинного мозку, які забезпечують конкретні рухові акти. У цих складних взаємодіях суттєву роль відіграють підкоркові базальні вузли мозку та мозочок. Найбільш тривалі та специфічні пластичні зміни в моторній корі пов'язані з навчанням нових спеціалізованих рухів. Ці дані надзвичайно важливі, оскільки значно розширюють уявлення щодо ролі моторної кори в навчанні до трансляції моторних програм, сформованої в інших структурах, – мозочку, додатковій моторній ділянці т. д. Важливим питанням центральної регуляції руху є її сенсорне забезпечення. Водночас, недостатньо досліджені на сьогодні центральні механізми формування і реалізації моторної команди в ситуації, що висуває підвищені вимоги до можливостей обстежуваних.

## ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНІ КОРЕЛЯТИ РУХІВ ЛЮДИНИ

Вивчення електричних процесів мозку людини під час ритмічних рухів за допомогою крос-кореляційного аналізу ЕЕГ дає можливість установити, що в корковій організації рухів беруть участь не лише центри моторної кори, що становлять ядро рухового аналізатора, а й інші проекційні, і найголовніше – асоціативні поля неокортекса (лобові й нижні тім'яні ділянки). Усі вони вступають у межцентральні взаємодії і таким чином об'єднують роботу багатьох центрів у єдину функціональну систему, що забезпечує довільну дію [86].

**Особливості електричної активності кори під час виконання рухових навичок у відповідь на сенсорні сигнали.** Інтенсивність активаційних процесів у лобових і тім'яних ділянках визначає рівень моторної навички. На стадії її закріплення активність більша в центральних ділянках мозку, де взаємодіють сенсорна й рухова перцепції [102]. На противагу, за даними В. М. Кірой [68, 156], вагомо менш виражена десинхронізація  $\alpha$ - і  $\beta$ -біопотенціалів центральних ділянок була пов'язана саме з відсутністю рухової навички.

Аналіз хвиль усередненої огинаючої ЕЕГ показав, що перша хвиля десинхронізації при ініціації руху може бути пов'язана з процесами програмування і вилучення з пам'яті центральних програм. Наступна хвиля синхронізації характеризує сенсорний компонент центральної програми і значною мірою зумовлена аферентацією від нервово-м'язового апарату. Друга хвиля десинхронізації зумовлена діяльністю еферентних структур і певною мірою характеризує активацію мотонейронів пулу супраспинальну команду [1].

У процесі формування ритмічної системи рухових умовних реакцій (ритмічний руховий стереотип) у людини з'являється певна циклічність змін біоелектричної активності кори великих півкуль головного мозку, яка у міру закріплення стереотипу, згасає [47]. Останнє автори трактують як наслідок формування стійкої системи послідовних зв'язків. На стадії стійкої рухової навички чіткіше простежується стан селективної уваги [50, 285]. Автори припускають, що в основі цього стану лежать складні когнітивні процеси, які призводять до формування внутрішнього сенсомоторного образу всього контексту ситуації. Цей образ, крім адекватного сприйняття ситуації, відображає знання (сукупність енграм) про послідовність майбутніх дій при пред'явленні умовного сигналу, тим самим забезпечує готовність до адекватної рухової реакції та досягнення



мети. Активація фронто- й центро-сагітальних ділянок кори за цих умов може відображати залучення фронто-медіо-таламічної регуляторної системи [91, 196, 262]. Процеси збудження в тім'яно-потилічних відділах відображають прихід сенсорної інформації в кору по основному ретикуло-генікулярному шляху [121]. Імовірним субстратом цих процесів може бути динамічна, мінлива синхронізація нейрональних ланцюгів через включення/виключення різних синаптичних входів [149]. Зазначені процеси перемикання, на думку авторів, можуть здійснювати невеликі за чисельністю популяції нейронів. Можна припустити, що ритмічне збудження, яке виникає внаслідок дії нав'язаної зовнішньої ритміки сенсорних подій, активує саме такі «керівні» нейрони. Одночасний розвиток синхронних гальмівних і збуджувальних постсинаптичних потенціалів на керованих нейрональних елементах проявляється в сумарній електричній активності як поява високоамплітудної ритміки, синхронної з ритмом стимуляції.

Вивчення біопотенціалів мозку в людини під час професійних і спортивних рухів показало, що в корі великих півкуль існують два типи взаємодій – специфічні й неспецифічні [123]. Перші з них більш локальні й пов'язані з диференційованим включенням певних спеціалізованих моторних зон кори в робочі функціональні системи; другі – мають генералізований характер і найбільш імовірно забезпечують неспецифічну активацію різної значущості.

Підвищення ваги низькочастотних ритмів – це не просто явище, яке супроводжує напружену роботу мозку, а свідчення його активної саморегуляції.  $\Theta$ -хвилі мають гіпокампальне походження. З їх допомогою виявляють компенсаторні та відновлювальні процеси мозку. Н. Н. Данилова [45] та Н. В. Дубровинська із співавт. [48] пов'язують посилення низькочастотних ритмів ( $\theta$ ) зі процесами активації уваги, виникненням орієнтувальної реакції, передбаченням події. Зростання потужності  $\theta$ -активності та значень когерентності  $\theta$ - і  $\alpha$ -потенціалів у префронтальній корі відбувається, коли виникає потреба розподілу ресурсів уваги для розв'язання низки когнітивних завдань, пам'яті [55, 74, 75]. Відомо, що синхронізація  $\theta$ -ритму може свідчити про збільшення концентрації уваги, потрібної для обробки більшої кількості інформації чи виконання складнішого завдання [156].

За деякими літературними даними, активну поведінку й вироблення умовних рефлексів пов'язують із посиленням  $\theta$ -ритму [25, 72, 116, 156, 176, 183, 208, 225, 280]. При більш інтенсивних довільних рухах  $\theta$ -хвилі виражені краще. Слабкі рухи супроводжують менш

виражений  $\theta$ -ритм або його відсутність. На думку А. Н. Шеповальникова та співавт. [154], елементарні моторні акти забезпечують ієрархічно «нижчі» нейрофізіологічні механізми, відображенням яких в ЕЕГ є, відповідно, повільніші процеси.

За даними В. М. Кірой та співавт. [156], зниження  $\alpha$ - і  $\beta$ -потужності, передусім у лобових і центральних відведеннях, пов'язане з керуванням і програмуванням рухової активності та підготовкою довільних рухів [205, 289]. З іншого боку, викликана синхронізація ЕЕГ у лобово-центральному відділі у діапазоні  $\theta$ - і  $\alpha$ -ритмів пов'язана з пригніченням рухів, а також із прийняттям рішення про завершення виконання сенсомоторного завдання [46].

$\beta$ -активність багатьох дослідників пов'язує із дифузними впливами на кору з боку ретикулярної формації стовбура мозку [2, 24, 45, 53].  $\beta$ -активність під час формування навички локалізувалася переважно в тім'яних і потиличних ділянках півкуль [136]. М. В. Sterman [309] указував, що моторна активність, із якою пов'язане пригнічення  $\beta$ 1-ритму ЕЕГ (12–15 Гц, сенсомоторний ритм), може інтерферувати з перцептивними та інтегративними компонентами процесів обробки інформації. На противагу, зростання потужності ЕЕГ у діапазоні низькочастотного  $\beta$ -ритму пов'язане з полегшенням обробки інформації за рахунок зменшення цієї інтерференції [309], а також із посиленням зорової просторової уваги й точністю її фокусування, з підвищенням рівня «психічної напруги» [45, 113, 128, 136, 187].

Посилення  $\beta$ 2-ритму можна трактувати як електрографічний корелят «диференційованої уваги», тобто процесу, що сприяє тіснішій взаємодії широко розподілених нейронних мереж, які беруть участь у обробці інформації [33, 287]. Існують дані про зв'язок експресії високочастотних складників  $\beta$ -діапазону з емоційною активацією [63].

Для низки частот  $\beta$ -активності (13, 14, 15, та 17 Гц) характерне зростання вираженості під час виникнення в людини, що працює, помилкових реакцій [212]. За даними А. В. Горковеко та співавт. [38], зміни функціональних зв'язків у  $\beta$ 1-смугі відображають процеси в корі, пов'язані з підготовкою та здійсненням рухового акту, а коливання  $\beta$ 2-діапазону пов'язані з обробкою сенсорної інформації під час руху.

Сьогодні все більше вчених пов'язує традиційний частотний ЕЕГ-діапазон (до 30 Гц) із реалізацією неспецифічних, керуючих процесів мозку, процесами регуляції його функціонального стану. Сучасні літературні дані засвідчують, що  $\gamma$ -активність відображає механізм взаємодії між нейронами, що забезпечує зв'язування різних

сенсорних, когнітивних, мнестичних і виконавських процесів [49, 68, 175]. Значення синхронних  $\gamma$ -ритмів розглядають також у забезпеченні моторної діяльності [125]. Дослідження авторів показали, що в людини стадії руху пов'язані з підвищенням потужності спектра  $\gamma$ -активності в сомато-сенсорних ділянках кори. Виявлений ріст потужності гама-частот, найбільш виражений саме в ситуації мисленого уявлення руху, може вказувати на хід у відповідних відділах кори специфічних інформаційних процесів, пов'язаних із довільними формами регуляції цих поведінкових актів [49, 68]. Суб'єктивне ускладнення завдання відзначається більш вираженим зростанням  $\gamma$ -частот. При надходженні команди про зупинку руху  $\gamma$ -ритм знижується [125].

Є. А. Умрюхін зі співавт. [133] показали, що висока ефективність діяльності обстежуваних корелювала зі збільшенням потужності  $\beta_1$ -ритму, особливо в центральних і фронтальних ділянках кори. На противагу, інші автори [248, 250] збільшення потужності  $\theta$ - і  $\beta$ -ритму, звуження діапазону й потужності  $\alpha$ -активності, зниження інтенсивності реакції активації [280] пов'язують із неефективним розв'язанням психомоторного завдання.

**Міжпівкульові взаємодії в умовах виконання рухових навичок людиною.** Показано, що права та ліва півкулі головного мозку по-різному обробляють сенсорну інформацію і керують рухами. Водночас, у літературі є дані, що свідчать про переважну роль правої півкулі в позиційному кодуванні, лівої – у динамічному керуванні траєкторією руху [22, 87, 226, 242, 316]. Елементарні моторні й сенсорні функції представлені в лівій півкулі локальніше, у правій – більш дифузно. Дифузне представництво функцій у правій півкулі забезпечує полімодальність зв'язків і є більш корисним на початкових етапах формування нових рухів, а локальне представництво функцій у лівій півкулі дає змогу формувати точніші сенсомоторні координації і «тонкі ручні» вміння [23, 79]. Воно більшою мірою сприяє вдосконаленню навичок та їх автоматизації. Права й ліва півкулі спеціалізуються на різних аспектах здійснення рухів: права – на більш статичних, ліва – на більш динамічних. Права півкуля забезпечує початкову оцінку просторових відношень, підготовку руху, створення нових програм виконання рухів і просторову регуляцію рухів по ходу їх виконання, ліва – здійснення послідовності цілеспрямованих автоматизованих дій, моніторинг послідовних відповідей, корекцію помилок і точний контроль таких параметрів руху, як сила, швидкість, тривалість [184].

За даними В. Д. Глезер і співавт. [6], ліва півкуля формує вроджений опис зорових образів за їх просторово-частотним спектром. Права півкуля дає повний конкретний опис зображення за ознаками та їх просторовими взаємовідношеннями. За наявності асиметрії з домінуванням активності в передніх відділах правої і лівої півкуль створюються умови для реалізації інформаційних процесів на нижчому енергетичному рівні, ніж за інших форм просторового розподілу біопотенціалів [117].

Згідно із сучасним уявленням права рука спеціалізується на здійсненні автоматизованих цілеспрямованих динамічних дій, ліва – на підготовці руху, статиці й плануванні нових рухів (наприклад, під час розпізнання текстури або під час копіювання статичного положення пальців, тобто при завданнях, що вимагають здійснення просторово складних рухів). Самий рух здійснюється швидше правою рукою, проте час реакції менший під час руху лівою рукою [184].

Довільні рухи й моторне навчання приводять до зміни функціональної архітектоники взаємодії центрів обох півкуль. Аналіз отриманих даних дає підставу зробити висновок, що найбільшою мірою домінантність лівої півкулі проявляється в правшів під час реалізації довільних рухів провідною рукою [1, 25]. Використання в реалізації рухів лівої руки приводить до вираженої активації зацікавлених часток лівої і правої півкуль [1]. Водночас, за даними Г. М. Болдиревої та співавт. [25] під час роботи лівою рукою активаційні процеси зміщувалися в праву, контрлатеральну відносно працюючої руки, півкулю. А. Т. Бондар, О. М. Шеповальников зі співавт. [26, 154] стверджували, що при латералізованій діяльності в іпсилатеральній півкулі відносно активної руки також зареєстровано, хоча і менш виражені, процеси, подібні з такими в контралатеральній.

У роботах низки авторів [97, 108, 143, 190] показано, що велику роль у вираженості міжпівкульової асиметрії відіграє рівень стереотипності діяльності. Зі зміцненням навички виконання завдання реалізується на підкорковому рівні, що приводить до зменшення міжпівкульових відмінностей у «професіоналів» [40]. На противагу, відсутність навички потребує інтенсивнішої діяльності мозку, одною з ознак якої є наявність міжпівкульової асиметрії.

Електроміографічні кореляти рухів. Ще в експериментах С. Ж. Тлеуліна і М. Т. Бердиходжина [131] було показано залежність між тонусом м'язів і електричною активністю головного мозку. Ланкою, яка пов'язує між собою ЕЕГ і тонус м'язів, є центри стовбура мозку.

Реєстрація потенціалів рухових одиниць за допомогою поверхневої електроміографії (ЕМГ) визнана актуальним напрямом у сучасній фізіології рухів і клінічній нейрофізіології, оскільки відкриває прямий і простий доступ до інформації про нервово-м'язовий статус людини і стратегії управління рухами.

М'язи дистальних відділів верхніх кінцівок генерують ЕМГ, що характеризують великі значення ширини, домінувальної частоти і менші показники насиченості спектрів потужності. Це пов'язано зі специфікою морфофункціональної організації і самих м'язів, і кортико-спинальних систем контролю їх довільної скорочувальної активності [153]. Вищий ступінь керованості рухових одиниць дистальних м'язових груп, здійснюваний за рахунок гіперселективних моносинаптичних контактів у системі «моторна кора – спинальні мотонейрони», певною мірою забезпечує нижчий рівень просторово-часової синхронізації їх імпульсної активності порівняно з руховими одиницями м'язів проксимальних відділів кінцівок. Асинхронна активність цих м'язів і високий відсоток внеску в цю активність фазних рухових одиниць, яких характеризують вищі швидкості проведення збудження по м'язовим волокнам, забезпечує формування значно ширших спектрів потужності інтерференційних патернів сумарної ЕМГ і збільшення їх домінувальних частот [126]. Водночас, нижчий частотний діапазон відповідає тонічним м'язам і м'язам проксимальних частин тіла [126]

Поєднання синхронізації нейрональних ансамблів (збільшення амплітуди  $\alpha$ -ритму) й економічного використання м'язового апарату (зниження інтегральної потужності ЕМГ) засвідчує збільшення здатності самоконтролю руху [71, 260].

Порівняльний аналіз часових показників ЕМГ у правшів не виявив істотних відмінностей латентних періодів ініціації і припинення руху правою та лівою руками. Латеральне домінування проявлялося лише в різниці часу рекрутування і дерекрутування рухових одиниць. Обидва показники для правої руки були коротші, ніж для лівої [1].

При зростанні довільного зусилля від субмаксимального до максимальних значень тестований м'яз генерує ЕМГ, що зростає лише по амплітуді, причому в окремих моментах у вказаному діапазоні зусиль зростання амплітуди може супроводжувати деяке зниження частоти [30, 71]. Цей факт автори пояснюють відомим феноменом гіперсинхронізації розрядів рухових одиниць (РО), що частково пов'язано з розвитком втоми. Надходження в спинний мозок сигналів високопо-

рогових м'язових еферентів активує пресинаптичний механізм гальмування передачі інформації від м'язових веретен і зумовлює зменшення частоти розряду мотонейронів [247, 258]. Цей механізм вагомий для обмеження сили скорочення м'язів і запобігання пошкодженню м'язів під час надмірного фізичного навантаження.

Моторна результативність може залежати від амплітудно-частотних характеристик ЕМГ при довільному розслабленні й максимальному напруженні м'язів. У разі високої рухової результативності в період м'язового розслаблення відзначають автономну ліво- та правобічну неспецифічну регуляцію з наявною латеральною перевагою. У період максимальної мобілізації простежується переважання специфічної саморегуляції. Сучасні уявлення про лінійність взаємозв'язків у спокої на внутрісистемному та міжсистемному рівнях і нелінійних зв'язків у період діяльності дають підставу стверджувати про багатфакторні взаємовідношення показників функціональної системи організму [126, 127].

Відчуття руху та фіксованих положень у суглобі пов'язане з аферентними сигналами від веретен його м'язів, хоча для більш дистальних суглобів також мають значення імпульси суглобових і шкірних рецепторів [119, 320]. Показано, що високочастотна вібрація сухожилля відповідних м'язів нерухомої кінцівки викликає потужні ілюзії руху в суглобі.

Рухозалежна модуляція частоти імпульсації пропріоцепторів простежується і при дуже повільних змінах довжини м'яза й, отже, суттєва різниця частот відповідає однаковій кінцевій довжині м'язу [147].

М'язові веретена відіграють важливу роль у рефлексній регуляції положення та переміщення кінцівки. Однак варто відзначити, що провідне значення в організації моторної поведінки людини має зоровий аналізатор. Візуальний зворотний зв'язок забезпечує високу якість відстеження траєкторії переміщення рухомої цілі, а обмеження або повна відсутність його призводить до збільшення помилок позиціонування [93, 305]. Також існують експериментальні докази того, що м'язові веретена залучаються до складніших функцій моторного контролю, ніж рефлекс на розтяг м'язу та кінестезія [325].

Полегшення Н-рефлексу, що виникає до початку довільного руху руки, Е. І. Сливко, Г. А. Богуцька [122] пояснюють як один із проявів випереджувальних перебудов пози тіла під час довільних рухів. Такі прояви відповідають розвитку такого ЕЕГ-феномену, як потенціал готовності, тобто формування комплексу центральних команд, які

забезпечують управління довільними рухами. Виникнення потенціалу готовності ЕЕГ збігається за часом із поступальною пристосувальною перебудовою активності м'язів нижніх кінцівок, пов'язаної з рухами рук [168, 325]. Коливання величини латентного періоду ЕМГ за цих умов, які зафіксував Є. А. Умрюхін [133], визначає взаємодія аферентних потоків із інтегральними процесами організації функціональної системи, реверберація збуджень і втягування у реакцію різних ієрархічних підрівнів функціональної системи.

**Індивідуальні особливості центральних механізмів організації рухів.** Урахування рівня індивідуальної адаптивності управління рухом дуже важливе для характеристики психомоторики людини, оскільки відображає становлення здатності екстрено розбудовувати сформовану моторну задачу (рухову установку) на нову, адекватно відповідну до нових умов [17]. Швидкість переходу від «старих» до «нових» параметрів руху – це інтегральна характеристика, на яку впливають процеси в декількох системах мозку – від систем, що здійснюють безпосередній моторний контроль, і систем сенсорного забезпечення руху (сенсомоторні, соматосенсорної ділянок кори) до систем, пов'язаних із формуванням рухової установки й перемиканням уваги – премоторні, тім'яні та префронтальної зони кори [14, 86].

А. В. Курганський та співавт. [81] встановили значну варіабельність латентного часу моторної реакції під час навчання за незначних змін інтервалів між рухами. Індивідуальні відмінності за цих умов, на думку автора, визначають, головне, не моторика, а характер внутрішньої репрезентації послідовності, що утримується в робочій пам'яті, й ті процеси робочої пам'яті, які забезпечують ідентифікацію послідовності стимулів і здійснюють перетворення абстрактної репрезентації в послідовність моторних команд.

За даними Т. М. Марютіної [90], при швидких сенсомоторних реакціях у здорової людини найчастіше високі кореляційні зв'язки біопотенціалів виникали в обох нижньотім'яних ділянках (трохи більше – у лівій півкулі мозку). Збільшення часу реакції супроводжувала синхронізація біопотенціалів у лобових відділах кори, у взаємодію виключалася нижньотім'яна ділянка лівої півкулі. Крім того, було виявлено залежність між величинами фазових зрушень  $\alpha$ -ритму, зареєстрованого в лобових, прецентральної і потиличних ділянках мозку та швидкістю простої рухової реакції. Обстежуваних, які швидше реагували в завданнях на сенсомоторну реакцію, характеризувала вища потужність  $\gamma$ -ритму [125].

Під час аналізу матеріалів Г. М. Болдиревої та співавт. [25] звертає на себе увагу значна міжіндивідуальна варіабельність фМРТ- і ЕЕГ-відповідей на функціональні навантаження. Найбільшою індивідуальною специфічністю характеризуються реакції-відповіді мозку при перебиранні пальців роздільно правої і лівої руки. Варіативність топографії мозкової реакції за цих умов, на думку авторів, зумовлена відносною складністю такого навантаження, що потребує контролю за виконанням цього завдання з боку обстежуваного та передбачає складні міжсистемні церебральні взаємозв'язки.

Індивідуальні особливості людини значною мірою зумовлюють характер його моторного реагування фактично на будь-які зовнішні впливи й, зокрема, на дію чинників монотонії [142]. Стійкість людини до впливу монотонії пов'язана з низкою індивідуальних особливостей, таких, наприклад, як сила-слабкість нервової системи, екстравертованість-інтровертованість, рівень тривожності, нейротизму та ін. [142]. Зазвичай, успішніше справляються з виконанням монотонної за своїм характером моторної діяльності інтроверти з досить низькою силою і рухливістю нервових процесів та відносно високим рівнем тривожності й нейротизму.

Електроенцефалографічними ознаками ефективної професійної діяльності, що потребує високого рівня психомоторної реактивності в музикантів-виконавців, є збільшення потужності й когерентності  $\alpha$ -ритму при одночасному зниженні м'язових енергетичних витрат під час виконання руху [17, 228]. У спортсменів високої кваліфікації міжцентральної взаємодії виражені набагато інтенсивніше й локалізовані чіткіше [64].

Проведені Л. І. Герасимовою та співавт. [31], Є. Г. Антоненом [5] дослідження електроміографічних параметрів за різних рівнів ізометричного скорочення показали, що кількісні показники ЕМГ варіюють у широких межах серед окремих досліджуваних при застосуванні однакового навантаження. Абсолютні параметри ЕМГ сильно залежать від статі досліджуваних, у чоловіків, зазвичай, простежують більш високоамплітудну й багатшу турнами ЕМГ.

Отже, дослідження, проведені на сьогодні, показують, що звична рухова активність людини досить стабільна індивідуальна ознака, а її рівень корелює з поведінковими реакціями. Це є одним із основних факторів, які визначають різні прояви адаптивного поведінки і стійкості до різних факторів навколишнього середовища. Водночас, питання про його індивідуальні варіанти дотепер не є предметом



систематичного дослідження. Накопичені на сьогодні широкі поведінкові дані про функціональну й мозкову організацію процесу навчання значною мірою належать до типологічних груп обстежуваних [223, 230, 297, 300]. Водночас, відомості про індивідуальні особливості реалізації моторних навичок є фрагментарні й неповні. Питання про індивідуальні особливості виконання моторних навичок має і теоретичне, і практичне значення. З теоретичного погляду, таке вивчення дає змогу краще зрозуміти природу усереднених у групі даних, а з практичного – воно потрібне для обґрунтованого вибору індивідуальних методик навчання та реабілітації. Літературний огляд висвітлює певну розбіжність даних про особливості електричної активності мозку та м'язів під час виконання рухів. Очевидно, таку тенденцію значною мірою визначають особливості організації експерименту в кожному випадку. Важливе значення при цьому можуть мати й такі фактори, як рівень автоматизованості та характер рухів, латеральність їх виконання, величина м'язового зусилля, особливості пред'явлення сенсорних сигнальних подразників, інструкції для обстежуваного, його статі й віку.

**Статеві відмінності електричної активності мозку.** Виявлення деяких стабільних показників індивідуальної ритміки мозкової активності дає змогу узагальнювати різні способи кодування інформації. Одна з таких внутрішніх мозкових детермінант – стать людини. З погляду структурної організації, виявлено значно більшу кількість нейронів та їх щільність у чоловіків, а нейронних зв'язків – у жінок [201]. Мозок у чоловіків більший, ніж у жінок, особливо це стосується лобової і потиличної кори. У жінок – порівняно більша товщина кори в задній скроневій і нижній тім'яній ділянках [307]. Установлено більш дифузну організацію проєкцій передньої частини мозолистого тіла в правій півкулі в чоловіків [267], а задня частина мозолистого тіла виявляється більшою в жінок. Існують докази про зв'язок рівня інтелекту в чоловіків більшою мірою з об'ємом сірої речовини, а в жінок – білої [227].

Такі структурні особливості, згідно з гіпотезами багатьох авторів, зумовлюють принципову різницю в селекції інформації чоловіками й жінками: перші частіше спираються на самовизначальні способи з використанням імпульсивно-глобальних стратегій, а другі – на адаптацію до наявних понять із послідовною обробкою інформації та її осмисленням. Для прийняття рішення жінки прагнуть отримати вичерпну інформацію [271]. На користь таких уявлень слугує і більша

гнучкість жінок при переключенні з однієї стратегії селекції і запам'ятовування вербальної інформації на іншу, що проявляється в структурній і часовій динаміці активності мозку [111, 112, 201, 321].

Відповідно до літературних джерел, мозок жінок має меншу латералізацію функцій між півкулями, ніж у чоловіків [33, 44]. Водночас, у жінок відзначено вищий рівень коркової активації. Згідно з моделлю уваги, яку запропонував М. Познер [292], у чоловіків більш вираженою є міжпівкульова асиметрія лобових ділянок кори, а в жінок – відмінності в передньо-задньому напрямку [291]. Велике значення у жінок має задня система уваги, орієнтована на селекцію мультимодальних стимулів [292].

Аналіз, що провів С. Б. Цветковський [145] щодо середньолатентних слухових викликаних потенціалів, які реєструються в чоловіків і жінок, показав, що для чоловіків при бінауральній стимуляції і стимуляції правого вуха характерна вища сумарна амплітуда комплексу середньолатентних компонентів у правому мастоїдному відведенні, для жінок – у лівому. При стимуляції лівого вуха асиметрії середньолатентних слухових викликаних потенціалів у представників обох статей не відрізняються. За даними П. В. Ткаченка [130], слухомоторна координація в чоловіків і жінок має подібний характер і засвідчує роль слухових волокон у ростральної частини мосту й латеральної петлі під час активації розміщених вище структур. При цьому в чоловіків регуляція реалізується за принципом «прогнозування» за рахунок вираженого співналаштування компонентів слухомоторної програми, у жінок – за фактом дії чинника збудження. При аналізі співвідношень гальмування і збудження в руховій сфері було виявлено переважання інгібіторних процесів у лівій півкулі й активуючих – у правій [192, 302]. Водночас, є дані про те, що в жінок можуть бути менш дифузними гальмівні впливи лівої півкулі на праву [33].

За даними І. Г. Зими та співавт. [35], для чоловіків у стані спокою характерний вищий рівень неспецифічної активації, що зумовлений особливостями підкоркових структур, наприклад, тонусом ретикулярної системи й септуму. Автори [35] зазначають, що загалом ЕЕГ мозкової активності в чоловіків у стані спокою є більш стабільною, ніж у жінок, що, імовірно, є наслідком здатності жінок до переключення з однієї стратегії поведінки на іншу, їх більш вираженої емоційності та інтуїтивності.

На противагу концепції статевого диморфізму, J. S. Hyde [237] вказує на те, що сучасні чоловіки й жінки мають переважно подібні

психологічні й фізіологічні характеристики, а спостережувані відмінності, швидше, пов'язані з віком, соціокультурним статусом або залежать від контексту процедури вимірювання, суб'єктивного сприйняття умов завдання, когнітивних стратегій.

Отже, аналіз літературних даних щодо особливостей психофізіологічних функцій та організації мозкових процесів у чоловіків і жінок засвідчує, що встановлені закономірності стосуються передусім вербальних і мнестичних процесів. Даних про статеві відмінності роботи мозку під час рухових навантажень небагато. Водночас, накопичені відомості про нейрофізіологічні основи статевого диморфізму мозкової організації вербальних процесів спонукає до глибокого теоретичного аналізу й побудови адекватних моделей функціонування мозку під час здійснення рухових навичок у відповідь на сенсорні сигнали.

**Узагальнення.** Підсумовуючи зазначені авторами індивідуальні особливості функціональної активності мозку, структурно-функціональні основи рухової діяльності людини та електрофізіологічні кореляти рухів людини, за всією їхньою важливістю все ж є недостатніми для цілковитого розуміння індивідуальних особливостей регуляторних механізмів моторики людини. На противагу, застосування комплексного методичного підходу в нашому дослідженні, вибір адекватних завданням експерименту тестів та контингенту обстежуваних дасть змогу визначити єдині позиції щодо особливостей ЕЕГ і ЕМГ параметрів у стані спокою та їх змін під час сенсорного сприйняття і виконання мануальних рухів у відповідь на сенсорні сигнали в осіб із високою і низькою фоною  $\alpha$ -частотою. Особливе значення має виявлення специфічних рис мозкових процесів та низхідних впливів під час виконання рухових завдань, які створюють підвищені вимоги до індивідуальних можливостей обстежуваних.

## МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Характеристика контингенту обстежуваних.** У наших дослідженнях усього взяли участь 260 осіб, у тому числі 124 чоловіки та 136 жінок, студентів вищих навчальних закладів м. Луцька. Під час проведення експерименту були дотримані норми біомедичної етики основних положень Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень за участю людини (1964 – 2000), міжнародного стандарту «Good Clinical Practice» (Належної клінічної практики) етичних норм і якості наукових досліджень (1996), Конвенції Ради Європи з прав людини та біомедицину (1997), та наказу МОЗ України від 13.02.2006 № 66. Усі обстежувані давали письмову згоду на участь в експерименті.

Вік обстежуваних – 19–21 рік. Усі були за даними медичного професійно-консультативного висновку (довідка 086-о) здоровими, мали нормальний слух. Під час формування контингенту до уваги брали й такі фактори, як відсутність черепно-мозкових травм, добрий стан самопочуття на час тестування, профіль мануальної та слухової асиметрій. Обстеження жінок проводили під час лютеїнової фази менструального циклу, оскільки рівень збудливості мозку в жінок залежить від впливу статевих гормонів. Зокрема, у пізню фолікулярну фазу нервова система більш збудлива, що спричинено естрогеном, а в лютеальну фазу, навпаки, загальний рівень збудливості головного мозку жінки найнижчий упродовж овуляційного циклу, оскільки в дію вступає прогестерон, який здійснює гальмівний вплив [109].

Усі обстеження здійснювали в робочі дні тижня, у першій половині дня в три послідовних етапи – психофізіологічного, електроенцефалографічного, електроміографічного тестування. Експеримент проводили на базі навчально-наукових лабораторій вікової нейрофізіології та електроміографії кафедри фізіології людини і тварин Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки.

**Послідовність та умови психофізіологічного тестування.** На початку психофізіологічного тестування оцінювали профіль мануальної та слухової асиметрій обстежуваних [50]. Час проведення такого обстеження – до десяти хвилин. Оцінювали характер відповідей у процесі опитування і виконання моторних проб. Обстежуваним пропонували заповнити бланки з такими запитаннями:

- 1) До кого Ви себе зараховуєте те – до правшів чи до лівшів?
- 2) Чи є серед Ваших родичів лівші?

- 3) Якою рукою Ви, зазвичай, кидаєте предмети?
- 4) Якою рукою Ви пишете?
- 5) Якою рукою малюєте?
- 6) Яка рука активніша під час жестів?
- 7) Якою рукою голитеся (фарбуєте губи)?
- 8) У якій руці тримаєте зубну щітку?
- 9) У якій руці тримаєте ложку/виделку, коли їсте?
- 10) У якій руці тримаєте ножиці?

Під час експерименту використовували такі моторні проби:

- 1) Сплетення пальців. Великий палець ведучої руки міститься угорі.
- 2) Поза «Наполеона». Кисть ведучої руки лежить на передпліччі

неведучої.

3) Аплодування. При аплодуванні кисть ведучої руки лежить угорі.

4) Динамометрія. Визначали силу кисті кожної руки за допомогою динамометра. Ведучою вважали ту руку, яка переважала в силі неведучу більше, як на 2 кг.

Профіль слухової асиметрії визначали за допомогою психоакустичних проб, під час виконання яких суб'єкт самостійно оцінював почуте [146]:

1. «Розмова за стіною». Обстежуваному пропонували прислухатися до розмови людей, які перебували через стіну приміщення. При цьому він прикладав до стіни ведуче вухо.

2. «Телефон». Обстежуваний під час розмови телефоном тримав слухавку біля ведучого вуха.

3. «Шепіт». Під час нашіптування обстежуваний повертався ведучим вухом до експериментатора.

4. «Цокання годинника». Обстежуваний прослуховував цокання годинника. Фіксували, до якого вуха він спочатку прикладає годинник і біля якого вуха цокання є гучнішим.

За отриманими результатами тестування розраховували коефіцієнт мануальної та слухової асиметрій (форм. 1) [50, 146]:

*Формула 1*

$$K_{ac} = \frac{\Sigma_{пр.} - \Sigma_{лів.}}{\Sigma_{пр.} + \Sigma_{лів.}} \times 100 \%,$$

де  $K_{ac}$  – коефіцієнт мануальної (слухової) асиметрії;  $\Sigma_{пр.}$  – сума завдань, під час виконання яких переважає права рука (праве вухо);  $\Sigma_{лів.}$  – сума завдань, під час виконання яких переважає ліва рука (ліве вухо).

У подальших психофізіологічному, електроенцефалографічному та електроміографічному тестуваннях брали участь обстежувані, у яких коефіцієнт мануальної та слухової асиметрії перевищував +50 %. Їх кількість – 217 осіб, із них 104 чоловіки та 113 жінок.

Для оцінювання вихідних психодинамічних властивостей обстежуваних було здійснено низку відповідних випробувань (комп'ютерна система “Діагност–1”). Загальний час безпосереднього тестування та інструктажу – 10 хв. При цьому оцінювали такі показники:

1. Час простої сенсомоторної реакції як критерій рухливості нервових процесів. Латентний період простої сенсомоторної реакції характеризує латенцію відповідних рецепторів і час проведення сигналу в кіркове представництво аналізатора. Досліджувані повинні були якнайшвидше реагувати на подразник (трикутник, коло, квадрат) натискуванням на клавішу правою рукою. Час виконання тесту – 30 с.

2. Час сенсомоторної реакції в умовах вибору одного з трьох предметних сигналів (трикутник, коло, квадрат) як критерій рухливості нервових процесів. Особливості диференціації стимулів у сенсомоторних реакціях вибору засвідчує про участь другої сигнальної системи й семантичного сприйняття, асоціативних процесів, які вимагають перекодування інформації. Досліджувані повинні були якнайшвидше реагувати на визначений подразник натискуванням на клавішу правою рукою. Час виконання тесту – 30 с.

3. Теппінг-тест, що полягає у вимірюванні в часі максимального темпу рухів кисті. Показники темпу фіксували кожні 5 с і за весь час виконання тесту (30 с). Максимальний темп рухів кисті в нашому експерименті було використано як показник швидкісних можливостей її моторики.

4. Оцінювання та відмірювання хвилинних часових інтервалів як показник співвідношення процесів збудження і гальмування. Досвід багаторічних досліджень [66, 157] також показує, що точність сприйняття часу може бути показником досконалості й успішності діяльності людини. Для оцінювання хвилинного відрізка часу експериментатор за допомогою секундоміра давав перший звуковий сигнал, що був орієнтиром початку відліку часу. Через хвилину давав другий сигнал – завершення відліку часу. Обстежуваний оцінював тривалість заданого відрізка часу. Під час відмірювання хвилини обстежуваний самостійно, без зорового контролю, відміряв цей часовий проміжок натискуванням на кнопку секундоміра. Обстежувані оцінювали та

відмірювали хвилинні відрізки за трьома спробами. За кінцевий результат брали усереднені дані. Час виконання тесту – 6 хв.

Усе психофізіологічне тестування тривало близько 20 хв. Після завершення психологічного обстеження впродовж 30 хв чоловіки й жінки мали відпочинок, за допомогою якого можливий вплив проведених тестів на результати подальшого ЕЕГ-експерименту нівелювався.

**Умови та етапи ЕЕГ-експерименту.** Під час ЕЕГ-експерименту обстежувані перебували у звуко- і світлонепрониклій кімнаті, в положенні напівлежачи в кріслі з підголовником із заплющеними очима. Передпліччя були зафіксовані на підлокотниках. Перед початком запису тестований отримував загальну інструкцію про хід експерименту. Для кожного обстежуваного протокол експериментальної процедури реєстрації ЕЕГ включав такі етапи:

- стан функціонального спокою;
- фоностимуляція;
- виконання рухів стискання і розтискання пальців кисті (без зусилля);
- почергові рухи пальцями кисті;
- виконання рухів стискання і розтискання пальців кисті із силовим навантаженням.

Стан функціонального спокою, що склав 1-й етап експерименту, розглядали як вихідну фонову активність кори головного мозку. Досліджувані перебували в спокійному стані (із заплющеними очима в положенні напівлежачи, кінцівки розслаблені, не перехрещені).

Під час 2-го етапу експериментальної процедури, фоностимуляції як стимули використовували ритмічні акустичні сигнали, що імітували барабанний бій (програмне забезпечення *Finale 2006*). Звуки слідували із частотою 2 Гц. Їх загальна кількість у пробі – 80. Акустичні сигнали подавали бінаурально за допомогою чотирьох колонок, які розміщувались у різних кутках кімнати на відстані 1,2 м від правого та лівого вух обстежуваного. Тривалість кожного сигналу становила 120 мс, частотний діапазон – 220–235 Гц, гучність на виході колонок не перевищувала 55–60 дБ (визначали за допомогою шумоміра DE-3301, дод. Д.1). Гучність звуку додатково регулювали індивідуально для кожного обстежуваного до досягнення комфортного рівня. Під час фоностимуляції обстежувані лише слухали ритмічні стимули. Згідно з інструкцією стану налаштування до рухової діяльності не передбачали.

Використання фоностимуляції в нашому експерименті обґрунтовано важливістю вивчення специфіки реактивності обстежуваних із

різним рівнем ІАЧ на ритмічні подразники фізичної природи. Крім того, під час 3, 4, 5-го етапів експерименту фоностимуляцію використовували як ритмічний сигнальний подразник для мануального реагування. Тому актуальним є зіставлення результатів, отриманих за цих умов із такими під час фоностимуляції в чистому вигляді. Таке зіставлення дає можливість робити більш обґрунтовані висновки про процеси коркової активності під час виконання рухів у відповідь на сигнальні подразники.

Під час 3 і 5-го етапів експерименту у відповідь на кожний звуковий сигнал обстежувані почергово стискали й розтискали пальці кисті правої руки з визначеною частотою – один цикл стискання і розтискання за секунду. Під час 3-го етапу мануальне реагування обстежувані здійснювали без зусилля, на 5-му етапі під час застосування силового навантаження – додатково утримували напівзігнутими пальцями гантель вагою 1 кг. Під час 4-го етапу тестування реагування на кожний стимул обстежувані здійснювали не одночасно всіма пальцями кисті, як у контролі, а по одному в такій послідовності: вказівний – безіменний – середній – мізинний пальці. Умови цього експерименту повідомляли обстежуваним безпосередньо перед початком проби. За даними М. Є. Іоффе [61], Є. П. Ільїна [59], така організація експерименту створює ефект зниження стереотипності (автоматизації) завдання.

Для врахування впливу профілю латеральності моторного реагування кожне завдання 3, 4 і 5-го етапів експерименту обстежувані виконували у дві проби – у першій пробі за участі пальців кисті ведучої (правої) руки, у другій – неведучої (лівої) руки. Упродовж кожної проби чоловіки та жінки виконували завдання однією рукою.

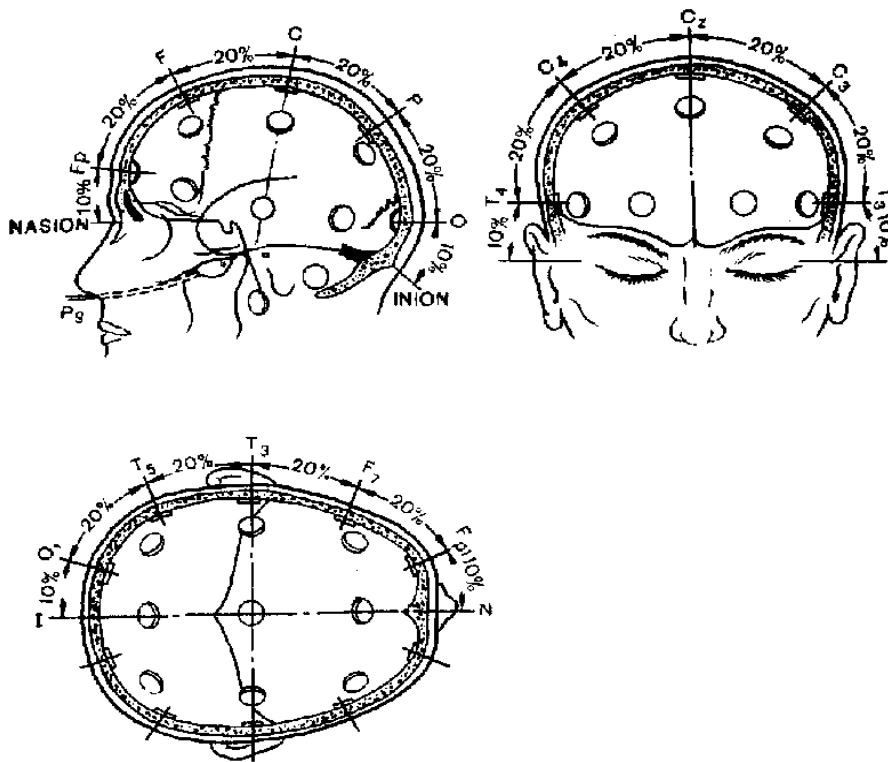
Між етапами для відпочинку обстежуваного й унеможливлення розвитку явищ монотонії робили перерву на 1 хв. Упродовж цього часу проводили інструктаж про його дії в наступній експериментальній ситуації. Це давало змогу обстежуваному краще налаштуватися на виконання наступного завдання і мінімізувало вплив попереднього етапу на параметри ЕЕГ. Задля виключення крайових ефектів реєстрацію ЕЕГ під час усіх проб починали через 15 с після початку діяльності та припиняли за 5 с до її завершення. ЕЕГ-експеримент загалом тривав 15 хв.

*Апаратура, реєстрація та первинний аналіз ЕЕГ-даних.* Біоелектричну активність кори головного мозку вважали показником його інформаційних процесів. Її реєстрацію та первинний аналіз здійснювали за допомогою апаратно-програмних електроенцефалографічних

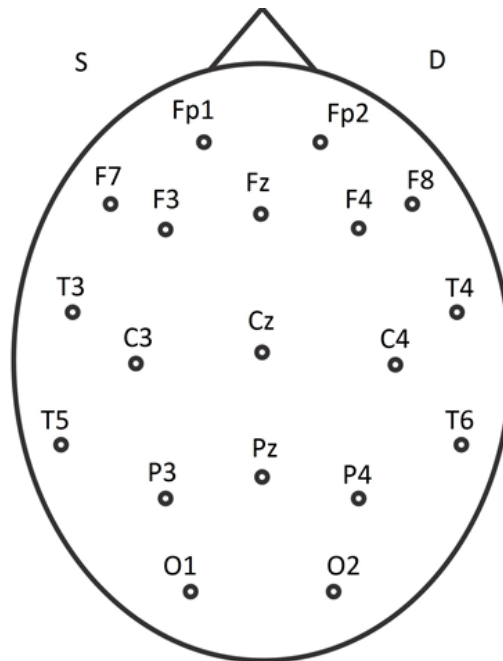


комплексів «Нейроком», «Нейролаб» (ТУ У 33.1-02066769-001-2002, свідоцтво про державну реєстрацію № 6038/2007 від 26 січня 2007 року, сертифікат відповідності засобам вимірювальної техніки Державного комітету України з питань технічного регулювання і споживчої політики № UA-M1/2p-3641-2001, чинний до 18.04.2014 р.). Виробником є науково-технічний центр радіоелектронних медичних приладів і технологій «ХАІ-Медіка» Національного аерокосмічного університету імені М. Є. Жуковського «Харківський аерокосмічний авіаційний інститут».

При записі ЕЕГ з поверхні шкіри голови активні електроди розміщували за міжнародною системою 10/20 у дев'ятнадцяти точках на скальпі голови (рис. 1: А, Б). Реєстрацію ЕЕГ здійснювали монополярно, як референтні використовували вушні електроди А1 і А2. Для збільшення якості запису використовували додаткові референтні електроди *N (nasion)* та *Ref*, які встановлювали між передньолобним та латеральнолобним відведеннями, а також між правим та лівим передніми лобними відведеннями. Для покращеної режекції ЕКГ- (електрокардіографічного) сигналу з ЕЕГ використовували систему реєстрації ЕКГ. Кардіосигнал реєстрували в другому ЕКГ відведенні.



**Рис. 1. А. Розташування ЕЕГ-електродів на поверхні голови досліджуваного за міжнародною системою «10/20».**



**Б. Схема розміщення електродів при реєстрації ЕЕГ в 19 відведеннях**

Примітки:

1) Fz, Cz, Pz – відповідно, лобові, центральні, тім'яні сагітальні відведення; Fp1, Fp2 – передні лобові, Fp3, Fp4 – задні лобові, F7, F8 – бічні лобові, T3, T4 – передні скроневі, T5, T6 – задні скроневі, C3, C4 – центральні, P3, P4 – тім'яні, O1, O2 – потиличні відведення у лівій (S) та правій (D) півкулях кори.

Для відстеження функціонального стану та реакцій обстежуваного на стимули використовували вмонтовану в комплекс систему відеомоніторингу з інфрачервоним підсвічуванням. Реєстрували 40 с інтервали ЕЕГ під час кожної функціональної проби. При проведенні Фур'є-реалізації епоха аналізу становила 4 с із 50 %-м перекриттям, частота дискретизації аналогового сигналу – 500 Гц, вхідний опір для синфазного сигналу – понад 100 МОм. Фільтри високих частот установлювали на рівні 45 Гц, низьких – 0,5 Гц. Напруга внутрішніх шумів, приведена до входу, не перевищувала 0,8 мкВ. Стала часу перехідного процесу становила не менше 0,3 с, коефіцієнт послаблення синфазних сигналів – не менше 140 дБ, опір електродів – близько 100 кОм. Під'єднання реєструвальної апаратури до ЕОМ (процесор – Intel ® Core TM 2 Duo CPU, звуковий пристрій — Audio Device on Nigh Defnition) здійснювали через USB/2 порт. Межі можливої відносної похибки при вимірюванні напруги та часових інтервалів ЕЕГ сигналів становили  $\pm 5\%$ . Для режекції ЕЕГ-артефактів використовували процедуру ІСА-аналізу (*Independent Component Analysis*, аналізу незалежних компонент). Фідльтрували У подальшому фільтрували ІСА-компоненти з артефактним сигналом із результуючої

ЕЕГ. При фільтрації артефактів з ЕЕГ видаляли не більше п'яти артефактних ІСА-компонент. У разі якщо окремі спалахи артефактної активності не вдавалося відфільтрувати за допомогою ІСА-обробки, артефактні відрізки видаляли з нативної ЕЕГ у ручному режимі.

За допомогою пакета відповідних сучасних комп'ютерних програм оцінювали потужність і когерентність електричної активності мозку в основних частотних діапазонах (програмне забезпечення «Нейроком. Нейролаб»). Показники потужності та когерентності (Ког) розраховували для всіх відведень і тестових ситуацій.

Програма аналізу потужності біоелектричних ритмів, виконана на основі швидкого перетворення Фур'є, є математичною функцією перетворення ЕЕГ даних із часового домену в частотний. Це дає змогу проаналізувати енергію окремих частотних діапазонів ЕЕГ та кількісно їх схарактеризувати у вигляді потужності, яку визначали як квадрат амплітуди ( $\text{мкВ}^2$ ) коливань.

Використання когерентного аналізу ЕЕГ дає змогу оцінити рівень просторової синхронізації нейронних ансамблів різних відділів кори однієї або протилежних півкуль під час формування функціональних станів людини. Обчислення цієї функції дає можливість стверджувати про постійність фазових відношень, схожості чи синхронності потенціалів між двома ЕЕГ відведеннями. Постійність фазових відношень, тобто висока Ког потенціалів, відображає тісний функціональний зв'язок між активністю досліджуваних ділянок кори головного мозку, функціональну координацію, часову координацію. Функціональну значущість спектрально-когерентного методу аналізу ЕЕГ показано в роботах багатьох зарубіжних та вітчизняних учених [50, 84, 112, 117, 256]. Кількісним показником функції Ког, який вираховують на основі Фур'є-перетворення, є коефіцієнт Ког ( $r$ ), який варіює в діапазоні від 0 до +1. Чим вище значення коефіцієнта Ког, тим тісніший функціональний зв'язок між активністю досліджуваних ділянок кори головного мозку. Аналізували зміни коефіцієнтів Ког від 0,5. У кожного обстежуваного визначали рівень міжпівкульової (симетричної і діагональної) та внутрішньопівкульової (у лівій і правій півкулях) Ког електричної активності як середньоарифметичні значення коефіцієнтів Ког відповідних груп пар відведень. Для представлення середніх статистичних результатів індивідуальні результати усереднювали.

Аналіз потужності та Ког коливань ЕЕГ здійснювали в таких частотних смугах:

– тета ( $\Theta$ ) активності (амплітуда 100–150 $\text{мкВ}$ ), що вказує на участь кортико-гіпокамально-лімбічних структур при забезпеченні

сенсомоторного реагування і є показником підтримання спрямованої уваги, «енергетичних» запитів завдання та вкладу емоційно-мотиваційного компонента [7, 48, 253];

– піддіапазонах альфа ( $\alpha$ ) ритму (амплітуда до 100 мкВ), що є корелятом корково-коркових і кортико-таламо-кортикальних взаємодій, пов'язаних із механізмами пам'яті, зі сприйняттям і обробкою сенсорної та кінестезичної інформації [10, 15, 50, 159, 252, 254];

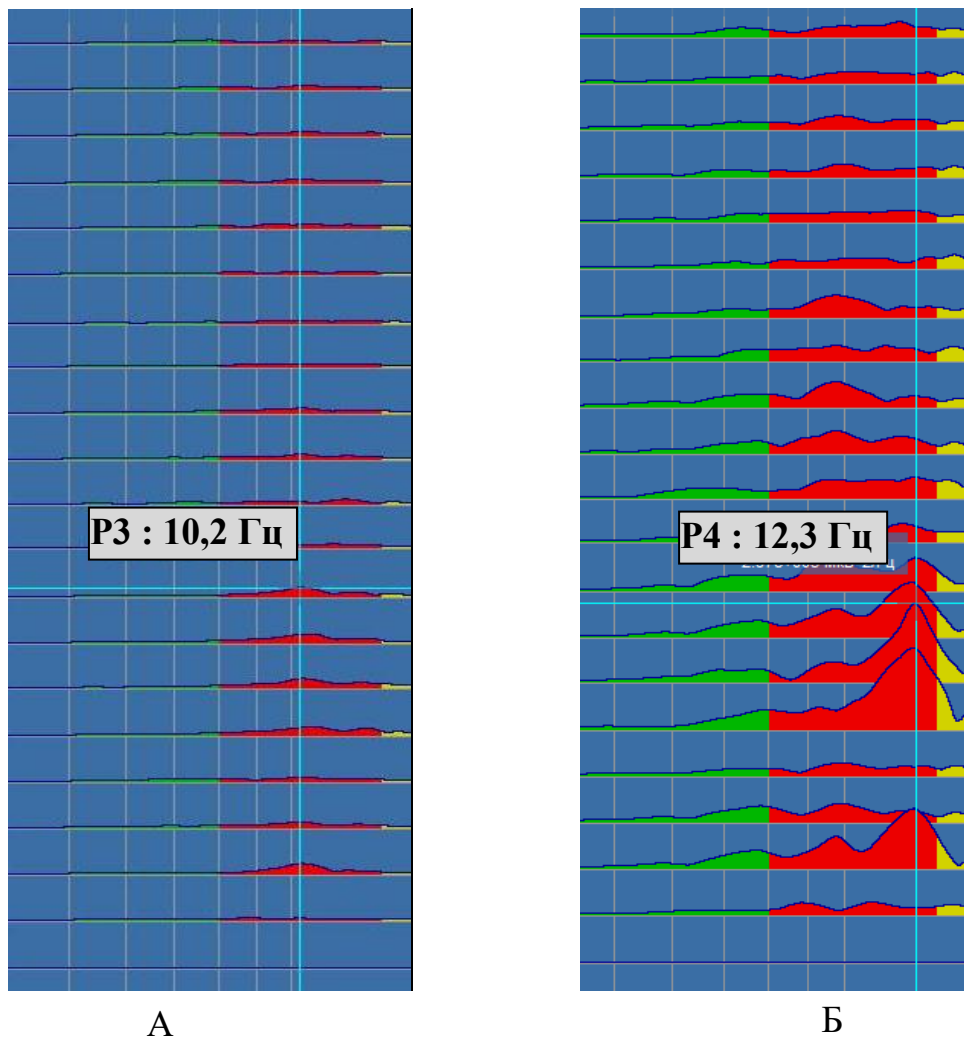
– бета ( $\beta$ ) піддіапазонах (амплітуда 5–30 мкВ), які відображають вплив на кору висхідних неспецифічних систем – ретикулярної формації, лімбічної системи й таламічних ядер – під час забезпечення функціональних станів людини, пов'язаних із психомоторною активністю [56, 120, 128, 252];

– Гама ( $\gamma$ ) діапазоні (амплітуда 10–15 мкВ), який у складі сенсорної відповіді є показником локальної активації сенсорних нейронних сіток, корелює з м'язовою активністю [45, 125, 175]. Генерацію коливань ЕЕГ у гамма-діапазоні пов'язують із висхідними автоматичними процесами обробки різних аспектів сенсорного стимулу [175, 273].

Різні частотні діапазони  $\alpha$ -активності мають відмінні мозкові генератори та є відображенням різних функцій. Зміни потужності й когерентності в нижньому та середньому  $\alpha$ -діапазонах загалом асоціюються з процесами уваги, такими як пильність і очікування, а у верхньому  $\alpha$ -діапазоні є відображенням мнестичної та розумової активності [111, 134, 141, 216, 252, 253]. Діапазон  $\beta$ -коливань ЕЕГ, як і  $\alpha$ -, є функціонально гетерогенним. Зміни  $\beta_1$ -активності пов'язують з інтенсивністю просторової уваги [320], з перцептивними, інтегративними та асоціативними компонентами процесів обробки інформації, з формуванням «психічної напруги» людини [111, 252].  $\beta_2$ -ритм трактують як електрографічний корелят складних когнітивних процесів, вилучення слідів пам'яті, а також «диференційної уваги». Високочастотна  $\beta$ -активність має особливе функціональне значення для взаємодії широко розподілених нейронних мереж, що беруть участь у процесах обробки інформації [112, 287], інтеграції різних ознак складних стимулів і образної, і вербальної природи [294]. Беручи до уваги функціональну гетерогенність різних  $\alpha$ - і  $\beta$ -піддіапазонів ЕЕГ, принциповим і важливим для нас було врахування змін потужності й когерентності в кожному з них. На противагу, зміни потужності й когерентності біоелектричної активності кори в  $\delta$ -смузі ми не враховували.

Межі частотних піддіапазонів ЕЕГ визначали індивідуально за методикою E. Angelakis et all. [165], W. Klimesch et all. [254]. Для цього в кожного обстежуваного в кожному відведенні ЕЕГ у стані спокою при заплющених очах визначали максимальний спектральний пік  $\alpha$ -ритму ЕЕГ (рис. 2, А, Б). Його значення усереднювали в усіх відведеннях, отриману величину вважали індивідуальною  $\alpha$ -частотою обстежуваного (*individual alpha-frequency*, ІАЧ, Гц). У різних обстежуваних такий показник варіював від 8,98 Гц до 10,93 Гц. Розраховували медіану ІАЧ, яка в чоловіків становила 10,04 Гц, у жінок – 10,29 Гц. За такими значенням медіани було сформовано дві групи:

- з високим рівнем ІАЧ, у яку увійшли статеві підгрупи – чоловіків ( $n=53$ , ІАЧ  $\geq 10,04$  Гц) і жінок ( $n=59$ , ІАЧ  $\geq 10,29$  Гц);
- з низьким рівнем ІАЧ, у яку увійшли статеві підгрупи – чоловіків ( $n=51$ , ІАЧ  $< 10,04$  Гц) і жінок ( $n=54$ , ІАЧ  $< 10,29$  Гц).



**Рис. 2.** Схема визначення максимального частотного піку  $\alpha$ -ритму ЕЕГ. Показано частотний пік  $\alpha$ -коливаль у лівому тім'яному відведенні (Р3): А – 10,2 Гц, Б – 12,3 Гц

Індивідуальні межі піддіапазонів частотного спектра ЕЕГ визначали за таим алгоритмом [165, 254]: у правий бік від величини індивідуальної частоти  $\alpha$ -ритму з кроком у 2 Гц відкладали верхню межу  $\alpha$ 3-піддіапазону. Вона відповідала нижній межі  $\beta$ 1-смути. Верхню межу  $\beta$ 1-піддіапазону визначили відповідно до класичних уявлень як 25 Гц, межі бета-2 піддіапазону складали 25–35 Гц. Зліва під піку з кроком у 2 Гц визначали нижню межу  $\alpha$ 2-,  $\alpha$ 1- і  $\theta$ -частот. Усереднені значення меж піддіапазонів частотного спектра ЕЕГ в обстежуваних групах представлені в табл. 3.1 і 3.2. Межі  $\beta$ 2- і  $\gamma$ -смути визначали як класичні – відповідно, 26–35 Гц і 36–45 Гц.

Отримані індивідуальні значення потужності й когерентності коливань ЕЕГ в межах виділених груп чоловіків та жінок усереднювали для кожного відведення і для кожної експериментальної ситуації.

**Етапи й технічні умови ЕМГ-тестування.** Методом електроміографії ми досліджували біоелектричні процеси, пов'язані зі збудженням рухових одиниць (РО) поверхневих м'язів згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis*) та розгиначів (*musculus extensor digitorum*) пальців кисті правої і лівої рук, під час реалізації центральнокоординованої моторної діяльності в обстежуваних із різним рівнем індивідуальної  $\alpha$ -частоти. Біоелектрична активність РО працюючих м'язів при цьому виступає в ролі інтегрального критерію їх функціонального стану в процесі центрального програмування і низхідної спеціалізованої регуляції нервово-м'язової периферії. Під час ЕМГ-тестування обстежувані перебували в ізольованій кімнаті в положенні напівлежачи в кріслі з підголовником із заплющеними очима. Передпліччя були зафіксовані на підлокотниках. ЕМГ-тестування здійснювали за протоколом ЕЕГ-експерименту – в стані функціонального спокою, під час виконання моторних завдань (див. п. 2.3.1 «Розділу 2»). Реєстрацію ЕМГ під час фоностимуляції не проводили. Функціональний стан обстежуваних, створений під впливом фоностимуляції, не був пов'язаний із м'язовою активністю пальців кисті. Водночас, фоностимуляцію, як і під час ЕЕГ-експерименту, використовували як ритмічний сигнальний подразник для мануального реагування. Між етапами ЕМГ-тестування задля відпочинку обстежуваного й унеможливлення розвитку явищ монотонії робили перерву на 1 хв. Тривалість кожної ЕМГ-проби становила 40 с. Задля виключення крайових ефектів реєстрацію ЕМГ під час усіх проб починали через 15 с після початку діяльності та припиняли за 5 с до її завершення. Електроміографічний експеримент загалом тривав 15 хв.

Реєстрацію ЕМГ здійснювали з використанням двоканалної системи комп'ютерної електроміографії «Нейро-ЕМГ-Мікро» (ТУ 9441-034-13218158-2007, сертифікат відповідності № РОСС RU.ИМ 18.ВО1164, чинний до 19.08.2011; ЄС-Сертифікат відповідності № RQ093102-V, виданий EUROCAT Institute for Certification and Testing і чинний до 07.11.2014, сертифікат про затвердження типу засобів вимірювань RU.C.39.026.A № 33695, чинний до 01.01.2014). Виробником є ООО «Нейрософт» (Росія, м. Іваново).

Система реєстрації ЕМГ складалася з електродів, які відводили потенціали м'язу, підсилювача цих сигналів і реєструвального пристрою. При реєстрації ЕМГ використовували біполярне відведення поверхневими електродами. Останні фіксували на шкірі над ділянкою рухової точки м'яза. Шкіру перед накладанням електрода протирали спиртом і змащували електроміографічним гелем. Електрод фіксували над м'язом за допомогою гумових смуг. На шкіру досліджуваного над ліктьовим суглобом накладали поверхневий електрод заземлення. Різницю потенціалів від електродів подавали на вхід посилювача напруги. Вхідний опір для синфазного сигналу становив понад 100 МОм. Напруга внутрішніх шумів, приведена до входу, не перевищувала 0,1 мкВ. Стала часу перехідного процесу становила 100 мс, коефіцієнт послаблення синфазного сигналу – 110 дБ, міжканального згасання – 60 дБ. Підсилювачі мали смугу пропускання 0,1–10 000 Гц. Швидкість розгортки запису становила 5 мс/см, частота дискретизації сигналу – 200 Гц, опір електродів – близько 100 кОм. Під'єднання реєструвальної апаратури до ЕОМ (процесор – Pentium (R) Dual-Core CPU E5200 @ 2.50 GHz 15.20 GHz, звуковий пристрій – Nigh Definition Audio) здійснювали через USB/2 порт. Сигнали ЕМГ у режимі off-line обробляли за допомогою амплітудно-частотного аналізу та фільтрації. Фільтри високих частот встановлювали на рівні 5 кГц, низьких – 2 Гц. Режекторний фільтр становив 50–60 Гц, епоха аналізу – 3 с, частота запиту аналого-цифрового перетворювача – 10 кГц.

Як параметри електричної активності поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті під час моторних навантажень аналізували зміни середньої амплітуди та середньої частоти коливань їх ЕМГ порівняно зі станом функціонального спокою. Для кількісного оцінювання таких параметрів розраховували логарифмічні коефіцієнти їх змін – приросту середньої амплітуди (дБ) та спаду середньої частоти (дБ) коливань ЕМГ [25, 28, 90] (форм. 2):

*Формула 2*

$$L=20 \cdot \lg e_2/e_1 \text{ (дБ)},$$

де  $e_1$  – середнє значення амплітуди (частоти) коливань ЕМГ у стані функціонального спокою;  $e_2$  – середнє значення амплітуди (частоти) коливань ЕМГ під час виконання моторних завдань.

Використання таких кількісних показників роботи м'язів зумовлене значними розбіжностями у величині похибки середніх даних у спокої та під час мануальної моторики в обстежуваних. Збільшення значень логарифмічного коефіцієнта приросту амплітуди засвідчує зростання середньої амплітуди ЕМГ-сигналу й кількості активованих РО в працюючих м'язах [5, 28, 31]. Збільшення модуля логарифмічного коефіцієнта спаду частоти вказує на зниження середньої частоти зубців ЕМГ в обстежуваних. У діапазоні середніх навантажень, які використані в нашому обстеженні, це може вказувати на зростання синхронізації розрядів РО відповідно до активуючих низхідних впливів [30, 42, 105].

**Статистична обробка результатів обстежень.** Для статистичного обґрунтування результатів дослідження обчислювали середні значення ( $M$ ), стандартні відхилення ( $\sigma$ ), величини середньої похибки ( $\pm m$ ), перевіряли нормальність розподілу даних у досліджуваних вибірках за допомогою функцій «Скос» (форм. 3), «Ексцес» (форм. 4) у програмному забезпеченні “Microsoft Excel” [51, 82]:

Формула 3

$$A \approx \frac{1}{ns^3} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 ;$$

Формула 4

$$E \approx \frac{1}{ns^4} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 - 3$$

Функція «Скос» відображала асиметрію розподілу даних, ступінь їх несиметричності щодо середніх значень. Позитивна асиметрія вказувала на відхилення розподілу в бік позитивних значень, негативна – у бік від'ємних. Функція «Ексцес» характеризувала відносну загостреність або згладженість розподілу порівняно з нормальним розподілом. Позитивне значення цієї функції вказувало на те, що розподіл даних є гострим, негативне – згладженим.

Нормальним вважали розподіл даних у виборці при змінах значень функцій «Ексцес», «Скос» у діапазоні від 2,0 до -2,0 [51].

Нормальність розподілу даних досліджуваних вибірок додатково перевіряли в тесті Шапіро–Уїлка (показник  $W$ ) за допомогою пакету STATISTICA 6.0 (Stat-Soft, 2001). Такий тест перевіряє нульову



гіпотезу про відсутність відмінностей між фактичним розподілом даних у виборці й теоретично очікуваним розподілом. Показник  $W$  є часткою квадрата деякої лінійної комбінації членів варіаційного ряду й середнього квадрата відхилення у виборці. При  $p > 0,05$  можна зробити висновок, що аналізований розподіл не відрізняється від нормального.

На основі результатів перевірок було встановлено, що всі досліджувані нами вибірки мали нормальний розподіл, оскільки значення функції «Екссесу» та «Скосу» не перевищували 2,0 і не були нижчими від -2,0, значення довірчої імовірності ( $p$ ) в тесті Шапіро–Уїлка були вищими 0,05.

У досліджуваних вибірках використовували параметричні методи статистичного аналізу відмінностей показників. Значущість відмінностей розраховували за  $t$ -критерієм Стьюдента, що ґрунтується на перевірці рівності середніх значень у двох вибірках [82, 90]. Статистично значущі відмінності розраховували між тестами та між групами досліджуваних. У разі встановлення змін показників між тестами для перевірки їх значущості в межах однієї групи обстежуваних застосовували розрахунки  $t$ -критерію для двох залежних вибірок. При цьому відмінності між двома залежними вибірками перевіряли за формулою 5:

Формула 5

$$t = \frac{|M_d|}{\sigma_d / \sqrt{N}},$$

де  $M_d$  – середня різниця значень;  $\sigma_d$  – стандартне відхилення різниць.

Під час перевірки значущих відмінностей між групами чоловіків та жінок, у яких кількість обстежуваних відрізнялася не принципово (у межах 1–5 осіб), застосовували розрахунки  $t$ -критерію для рівних незалежних вибірок за формулою 6:

Формула 6

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}.$$

Значуще відмінними вважали показники за  $t \geq 2,0$  і  $p \leq 0,05$ . У цьому діапазоні для оцінки збільшення значущості й довірчої імовірності відмінностей показників фіксували  $p \leq 0,001$ .

Отримані результати представлені у вигляді таблиць, графіків, рисунків.

## ОСОБЛИВОСТІ ВИХІДНИХ ПСИХОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЧОЛОВІКІВ І ЖІНОК ІЗ ВИСОКОЮ ТА НИЗЬКОЮ ІНДИВІДУАЛЬНОЮ $\alpha$ -ЧАСТОТОЮ

Для оцінки психодинамічних властивостей обстежуваних визначали латентний період простої сенсомоторної реакції та реакції вибору, максимальний темп рухів кисті (комп'ютерна система «Діагност-1»), характер сприйняття (оцінювання і відмірювання) хвилинних часових інтервалів у групах обстежуваних. Латентний період простої сенсомоторної реакції характеризує латенцію відповідних рецепторів і час проведення сигналу в кіркове представництво аналізатора [88]. Особливості диференціації стимулів у сенсомоторних реакціях вибору засвідчують про участь другої сигнальної системи й семантичного сприйняття, асоціативних процесів, що вимагають перекодування інформації [89]. Темп рухів кисті – критерій результуючої ефективності центральних механізмів організації моторики. Його зміни в часу можуть характеризувати стійкість і силу вищої нервової діяльності обстежуваних. Тенденція до переоцінювання та недовідмірювання часових інтервалів може засвідчувати переважання гальмівних нервових процесів, недооцінки й перевідмірювання – процесів збудження. Точність оцінки часу може вказувати на збалансованість механізмів збудження і гальмування [157]. Багаторічні дослідження Д. Г. Елькіна [157] показують, що між сприйняттям часу й діяльністю існує безпосередній зв'язок: чим точніше сприйняття часу, тим успішніша діяльність. Особливості організації експерименту та обрахунку його результатів наведені в розділі «Методичні аспекти дослідження».

Особливості вихідних психодинамічних характеристик чоловіків і жінок із високою та низькою ІАЧ відображені в табл. 1–3.

За результатами наших досліджень латентний період простої сенсомоторної реакції та реакції вибору є меншим у чоловіків і жінок із високою ІАЧ порівняно з такими з низькою ІАЧ ( $p \leq 0,001$ ) (табл. 1).

Вищі значення темпу рухів кисті за кожні 5 с тестування та разом за 30 с є в групах із високою ІАЧ, ніж у чоловіків і жінок із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (табл. 2). Темп рухів кисті в усіх чоловіків і жінок зменшується після перших 10 с й досягає своїх мінімальних значень наприкінці тестування.

Таблиця 1

**Латентний період простої сенсомоторної реакції та сенсомоторної реакції вибору в обстежуваних групах (с)**

Група	Чоловіки		Жінки	
	з високою ІАЧ	з низькою ІАЧ	з високою ІАЧ	з низькою ІАЧ
<b>Показник</b>				
<b>Час простої реакції</b>	232,35±5,15	299,21±6,40**	324,18±8,45^^	392,52±9,64**^^
<b>Час реакції вибору</b>	334,82±7,19	399,9±15,29**	458,33±12,77^^	525,74±9,41**^^

Примітка до табл. 1, 2: 1) \*\* – значущі відмінності показників між групами з високою і низькою ІАЧ,  $p \leq 0,001$ ,

2) ^ ^^ – значущі статеві відмінності,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ .

Таблиця 2

**Оцінка максимального темпу руху кисті в обстежуваних групах**

Група	Чоловіки		Жінки	
	з високою ІАЧ	з низькою ІАЧ	з високою ІАЧ	з низькою ІАЧ
<b>Т1</b>	39,33±1,80** ^^	34,11±1,25^	33,17±1,49**	31,00±1,37
<b>Т2</b>	39,88±1,99** ^^	33,0±1,37^	33,33±1,58	31,75±1,31
<b>Т3</b>	38,55±1,00** ^^	32,88±1,48^	31,75±1,52*	30,38±1,34
<b>Т4</b>	38,44±1,97** ^^	31,55±1,52^	31,08±1,58**	28,63±1,40
<b>Т5</b>	36,88±1,20* ^^	31,11±1,50^	30,58±1,61*	29,38±1,22
<b>Т6</b>	36,66±1,09** ^^	30,22±1,32^	30,42±1,50*	29,00±1,20
<b>за 30 с</b>	38,29±1,97** ^^	32,14±1,37^	31,43±1,54*	30,08±1,28

Примітки:

1) Т1–Т6 – етапи теплінг-тесту, становлять по 5 с.

У групі чоловіків із високою (65,4 %) та низькою (56 %) ІАЧ виявлено вагоме переважання частки обстежуваних із точною оцінкою та відмірюванням хвилинних часових інтервалів порівняно з жінками (відповідно, 25,8 % і 32 %) (табл. 3).

У чоловіків такий показник вищий в осіб із високою ІАЧ, у жінок – в обстежуваних із низькою ІАЧ. Частка тестованих, які переоцінювали й недовідмірювали хвилинні часові інтервали, більша в жінок із високою (51,61 %) і низькою (48 %) ІАЧ, ніж у чоловіків цих груп (відповідно, 14,6 % і 24 %). Частка обстежуваних, які недооцінювали й перевідміряли хвилинні часові проміжки часу, в усіх чоловіків та жінок із низькою ІАЧ, становила 20 %, у жінок із високою ІАЧ – 22,8 %.

**Оцінка та відмірювання хвилиних проміжків часу  
в обстежуваних групах (%)**

Показник \ Група	Чоловіки		Жінки	
	з високою ІАЧ	з низькою ІАЧ	з високою ІАЧ	з низькою ІАЧ
<b>Переоцінка / недовідмірювання часу</b>	14,60	24,00	51,61	48,00
<b>Точна оцінка часу</b>	65,40	56,00	25,8	32,00
<b>Недооцінка / перевідмірювання часу</b>	20,00	20,00	22,58	20,00

**Висновки**

1. Чоловіки й жінки із високою ІАЧ, у статевому аспекті – чоловіки характеризуються меншими значеннями латентного періоду простої сенсомоторної реакції, реакції вибору й вищим темпом рухів кисті за даними теппінг-тесту.

2. Чоловіки, особливо з високою ІАЧ, характеризуються точнішим оцінюванням часу, порівняно із жінками. Жінок, передусім із високою ІАЧ, відзначає відносно вище переоцінювання часових інтервалів.

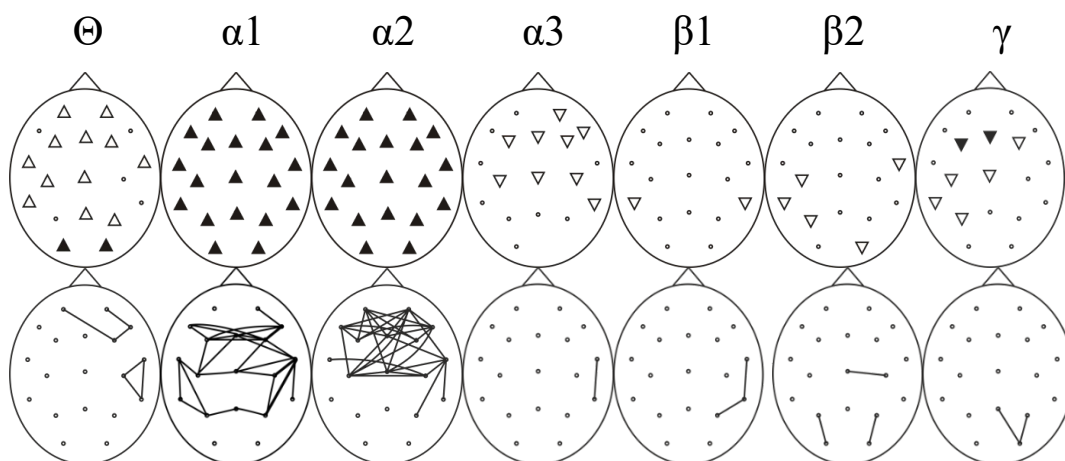
## ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ТА ДИСТАЛЬНИХ М'ЯЗІВ РУКИ В СТАНІ СПОКОЮ В ОБСТЕЖУВАНИХ ІЗ РІЗНОЮ ІНДИВІДУАЛЬНОЮ $\alpha$ -ЧАСТОТОЮ

Сенсорне сприйняття і моторне реагування людини, як і будь-яка інша діяльність, розгортається на фоні певного функціонального стану її нервової системи, який може бути оцінений за параметрами ЕЕГ та ЕМГ. Фонова активність, у її традиційному розумінні, – це не просто стан функціонального спокою, а діяльність, спрямована на забезпечення функціональної активності енергетично-пластичних процесів організму [92]. М. М. Ліванов [84] і Є. А. Жирмунська [53] вважають, що фонова ЕЕГ характеризує стан мозку, який склався в результаті всієї сукупності реакцій на численні й тривалі фізіологічні впливи на ЦНС. Тому важливим є врахування особливостей такого фонового стану в групах обстежуваних. Такий підхід, на думку С. А. Крижановського та співавт. [29], унеможливорює неправильне трактування і «маскування» деяких реакцій, які мають зворотню спрямованість у різних обстежуваних. Збільшується інформативність змін функціонального стану кори головного мозку та працюючих м'язів під час дії навантажень різного характеру.

У підрозділі проаналізовано міжгрупові та статеві відмінності потужності й когерентності коливань ЕЕГ у широкому частотному спектрі, а також амплітудно-частотних параметрів дистальних м'язів руки в стані спокою. Завершуємо підрозділ висновками.

Міжгрупові та статеві відмінності потужності й когерентності коливань ЕЕГ, амплітудно-частотних параметрів ЕМГ дистальних м'язів руки в стані функціонального спокою відображені на рис. 3–8, табл. 4–5.

**Міжгрупові та статеві відмінності потужності й когерентності коливань ЕЕГ.** У стані *функціонального спокою (1-й етап)* чоловіків із низькою ІАЧ характеризує вища потужність  $\theta$ - ( $p \leq 0,05$ ),  $\alpha_1$ - і  $\alpha_2$ -коливань ( $p \leq 0,001$ ) ЕЕГ загалом у корі й нижча – у діапазоні  $\alpha_3$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -частот у лобових, центральних і скроневих відведеннях порівняно з підгрупою з високою ІАЧ (рис. 3). У чоловіків із низькою ІАЧ виявлено відносно вищу Ког електричної активності в усьому частотному спектрі ( $p \leq 0,05$ ). Така особливість набуває більшої значущості в  $\alpha_2$ - і  $\alpha_3$ -смугах у лобових, скроневих і центральних ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



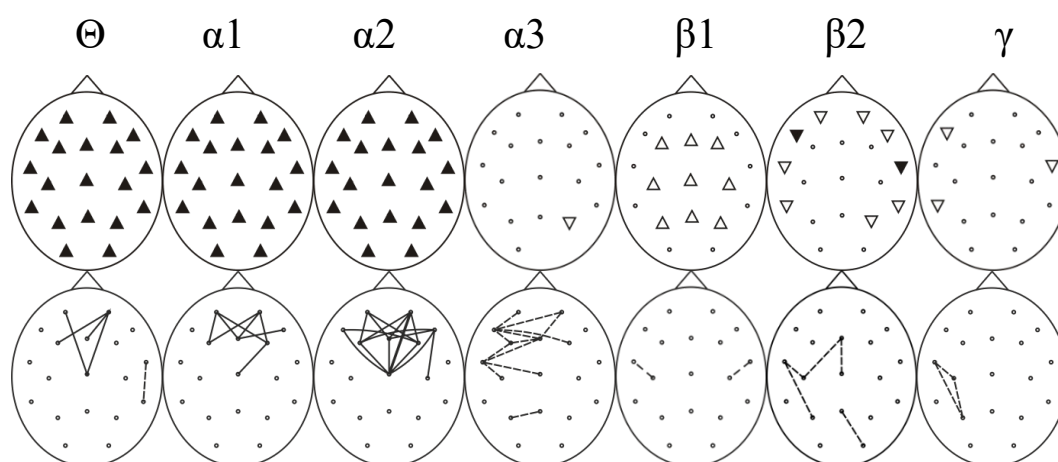
**Рис. 3. Відмінності потужності та когерентності коливань ЕЕГ між підгрупами чоловіків у стані спокою**

Примітки до рис. 3, 4, 12, 13, 19, 24, 29, 34, 39, 44, 49, 54, 59, 64, 69, 74, 79, 84:

1)  $\Delta \nabla \blacktriangle \blacktriangledown$  вища (нижча) потужність у підгрупі з низьким рівнем ІАЧ,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ;

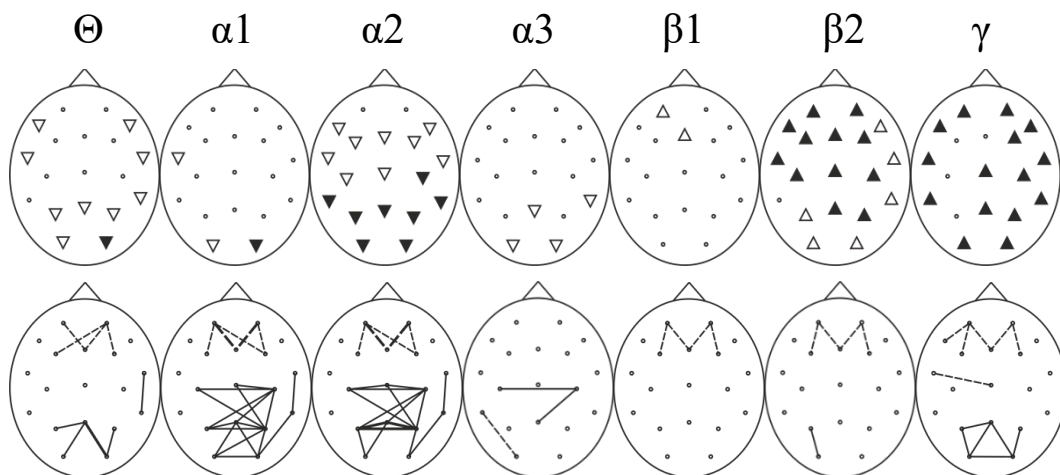
2)  $\text{—} (\text{- - -})$  вища (нижча) когерентність у підгрупі з низьким рівнем ІАЧ,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .

Жінок із низькою ІАЧ відзначає вагоме переважання потужності  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -активності ЕЕГ по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ );  $\beta 2$ -коливань – у задніх лобових, центральних і тім'яних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ), а також нижчі показники в діапазоні  $\alpha 3$ -,  $\beta 1$ -,  $\gamma$ - частот у корі ( $p \leq 0,01$ ), ніж в осіб із високою ІАЧ (рис. 4). У жінок із низькою ІАЧ встановлено порівняно вищу Ког  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -частот в лобово-центральної ділянці ( $p \leq 0,05$ ), нижчу – у смузі  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності здебільшого в скроневих, центральних і тім'яних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 4. Відмінності потужності та Ког коливань ЕЕГ між підгрупами жінок у стані спокою**

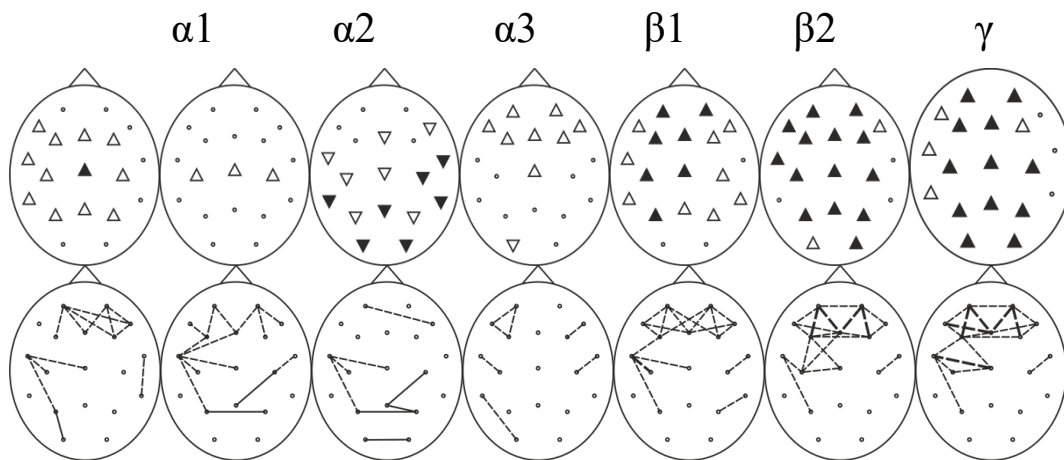
У групі обстежуваних із високою ІАЧ жінок відзначає нижча потужність  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 3$ -ритмів у скроневому й тім'яно-потиличному відділах кори ( $p \leq 0,05$ ),  $\alpha 2$ -коливань – загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками (рис. 5). Жінки характеризуються вищою потужністю  $\beta 1$ -ритму в лобовій ділянці,  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -хвиль по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками. Жінок відзначає вища Ког коливань ЕЕГ у задніх відділах кори на нижча в передніх коркових структурах, ніж у чоловіків ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 5. Статеві відмінності потужності та Ког коливань ЕЕГ в стані спокою в групі обстежуваних із високою ІАЧ**

Примітки до рис. 5, 6, 14, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85:

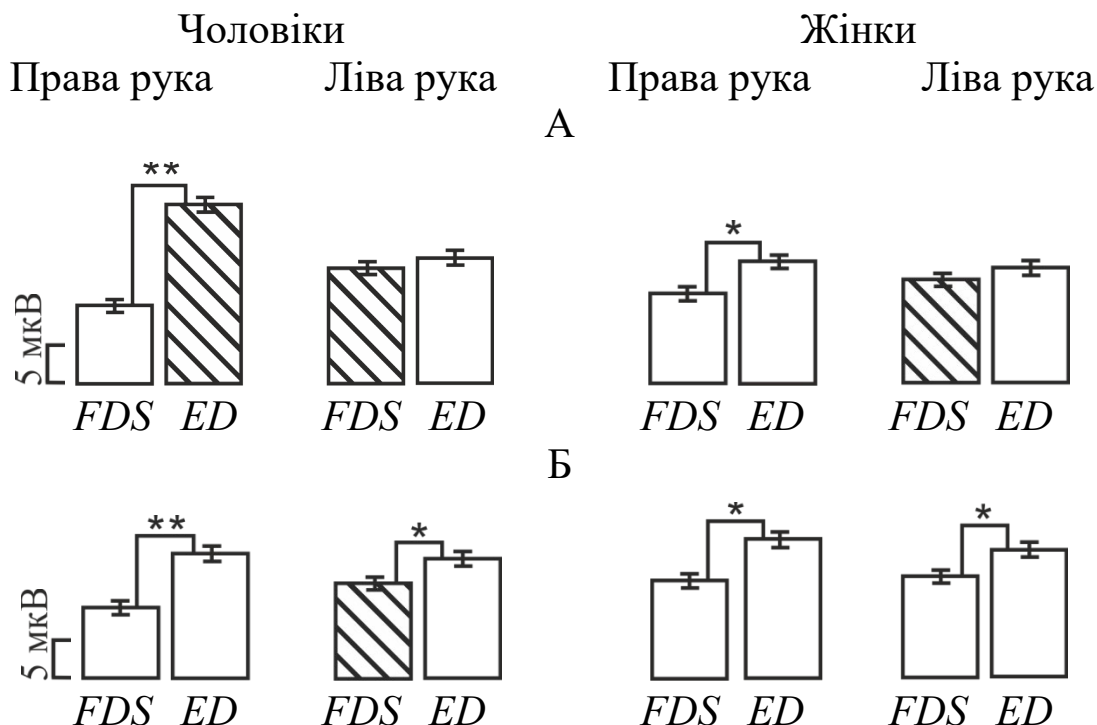
- 1)  $\Delta \nabla \blacktriangle \blacktriangledown$  вища (нижча) потужність у жінок, ніж у чоловіків,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ;
- 2)  $\text{—} (\text{- - -})$  вища (нижча) когерентність у жінок, ніж у чоловіків,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .



**Рис. 6. Статеві відмінності потужності та Ког коливань ЕЕГ у стані спокою в групі обстежуваних із низькою ІАЧ**

У групі з низькою ІАЧ жінки характеризуються вищою потужністю  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\alpha 3$ - ( $p \leq 0,05$ ),  $\beta$ - і  $\gamma$ - ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) активності в корі порівняно із чоловіками цієї групи. Жінки відзначаються нижчою потужністю  $\alpha 2$ -хвиль у корі, ніж чоловіки (рис. 6). Жінки загалом характеризуються нижчою Коґ електричної активності в корі, ніж чоловіки ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у жінок за цих умов встановлено відносно вищу Коґ у тім'яній і потиличній ділянках у  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -піддіапазонах ЕЕґ ( $p \leq 0,05$ ).



**Міжгрупові і статеві відмінності ЕМґ параметрів роботи дистальних м'язів кисті в стані спокою. Відмінності середньої амплітуди ЕМґ коливань.** В усіх обстежуваних виявлено вищу середню амплітуду коливань ЕМґ м'язів розгиначів правої руки порівняно зі згиначами ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 7). Значущих відмінностей показників антагоністичних м'язів лівої руки в усіх обстежуваних із високою ІАЧ не встановлено. В осіб із низькою ІАЧ виявлено переважання амплітуди розгиначів лівої руки порівняно зі згиначами ( $p \leq 0,05$ ). Середня амплітуда м'язів розгиначів правої руки є вищою, ніж така лівої руки в чоловіків із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ). В усіх чоловіків та жінок із високою ІАЧ відзначено вищі показники м'язів згиначів лівої руки, ніж правої ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 7.** Значення середньої амплітуди коливань ЕМґ (мкВ) поверхневих м'язів згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis*, FDS) і розгиначів (*musculus extensor digitorum*, ED) пальців кисті правої та лівої рук у групах обстежуваних



Примітки до рис. 7–8:

- 1) А – обстежувані з високою ІАЧ;
- 2) Б – обстежувані з низькою ІАЧ;
- 3) \* \*\* – значущі відмінності між параметрами ЕМГ антагоністичних м'язів,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ;
- 4)   – значущі відмінності між параметрами ЕМГ м'язів правої та лівої рук,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ .

Середні амплітуди м'язів розгиначів правої руки та згиначів лівої руки є більшою в чоловіків із високою ІАЧ, ніж в осіб із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 4). У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою встановлено порівняно вищі показники розгиначів правої і лівої рук ( $p \leq 0,05$ ). У групі із високою частотою  $\alpha$ -ритму в чоловіків установлено вищу амплітуду ЕМГ зубців розгиначів правої руки, ніж у жінок. У жінок із низькою ІАЧ простежуються вищі показники м'язів правої та лівої рук, ніж у чоловіків ( $p \leq 0,05$ ).

**Таблиця 4**

**Значення середньої амплітуди коливань ЕМГ ( $M \pm m$ )  
поверхневих м'язів у стані спокою в обстежуваних групах**

Група Тест	Із високим рівнем ІАЧ		Із низьким рівнем ІАЧ	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
<b>правої руки</b>				
<b>згиначі</b>	10,37±0,74	11,85±0,79	10,14±0,92	12,9±0,77*
<b>розгиначі</b>	23,7±2,00 <sup>^</sup>	20,15±2,47	16,65±1,59	18,27±2,02*
<b>лівої руки</b>				
<b>згиначі</b>	15,26±1,03 <sup>^</sup>	13,61±1,12	12,75±0,95	13,29±0,82
<b>розгиначі</b>	16,54±1,25	15,15±1,04	15,95±1,82	16,63±1,41

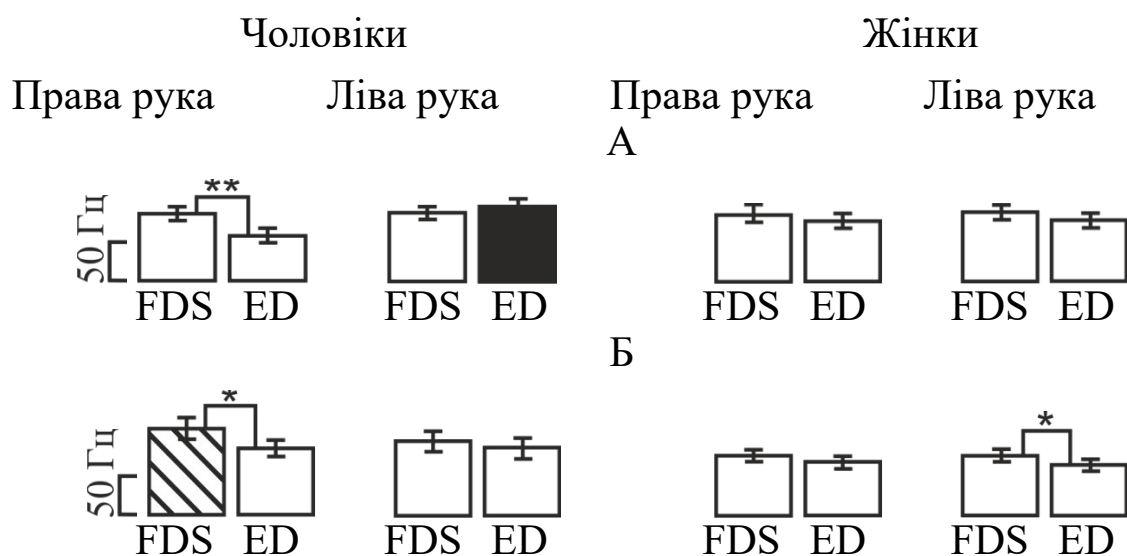
Примітки до табл. 4–5:

- 1) \* \*\* – статеві відмінності параметрів ЕМГ,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ;
- 2) <sup>^</sup> <sup>^^</sup> – міжгрупові відмінності параметрів ЕМГ,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ .

**Відмінності середньої частоти ЕМГ коливань.** У стані спокою в чоловіків із високою ( $p \leq 0,001$ ) і низькою ( $p \leq 0,05$ ) ІАЧ виявлено вищу середню частоту ЕМГ-сигналу м'язів згиначів правої руки, ніж розгиначів (рис. 8). У чоловіків із високою ІАЧ показники м'язів розгиначів лівої руки є вищими, ніж правої ( $p \leq 0,001$ ). У чоловіків із низькою ІАЧ установлено вищі показники м'язів згиначів ( $p \leq 0,05$ ) правої руки порівняно з лівою. У жінок із високою  $\alpha$ -частотою не фіксовано відмінності показників м'язів-антагоністів обох рук. У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою м'язи згиначі лівої руки мають вищі

показники, ніж розгиначі. В усіх жінок не зареєстровано відмінності показників правої і лівої рук.

У чоловіків із низькою ІАЧ встановлено переважання середньої частоти м'язів згиначів ( $p \leq 0,05$ ) і розгиначів ( $p \leq 0,001$ ) правої руки, ніж у високочастотних чоловіків (табл. 5). У жінок із низькою ІАЧ простежено нижчі показники м'язів правої руки ( $p \leq 0,05$ ), ніж у таких із високою ІАЧ. У групі з високою  $\alpha$ -частотою в жінок встановлено вищу середню частоту коливань ЕМГ розгиначів правої руки й нижчу – лівої ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у чоловіків. В осіб із низькою ІАЧ під час роботи правою і лівою руками вищі показники зафіксовано в чоловіків.



**Рис. 8.** Значення середньої частоти коливань ЕМГ (Гц) поверхневих м'язів згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis*, FDS) та розгиначів (*musculus extensor digitorum*, ED) пальців кисті правої та лівої рук у групах обстежуваних

**Таблиця 5**

**Значення середньої частоти коливань ЕМГ ( $M \pm m$ ) поверхневих м'язів у стані спокою в обстежуваних групах**

Група Тест	Із високим рівнем ІАЧ		Із низьким рівнем ІАЧ	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
<b>правої руки</b>				
<b>згиначі</b>	434,42±32,39	559,72±52,78*	554,0±44,17*	353,25±38,25
<b>розгиначі</b>	250,71±12,7	459,08±25,28**	370,26±29,98	303,48±33,07
<b>лівої руки</b>				
<b>згиначі</b>	430,14±34,43	345,53±30,57	448,75±37,20	442,37±50,77
<b>розгиначі</b>	500,4±35,12*	383,55±29,69	446,72±33,95*	363,39±30,76

## Висновки

1. Обстежуваних із низьким рівнем ІАЧ у стані спокою характеризують вища потужність  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ і нижча – в  $\alpha 3$ -,  $\beta 2$ -,  $\gamma$ -смугах, ніж в осіб із високою ІАЧ. Чоловіків із низькою ІАЧ відзначають вищі значення Коґ коливань ЕЕГ, особливо в лобових, скроневих і центральних ділянках кори, ніж чоловіків із високою ІАЧ. Жінок із низькою  $\alpha$ -частотою характеризують вища Коґ  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -хвиль ЕЕГ у лобово-центральної ділянці кори та нижчі показники в  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -смугах у корі, порівняно із жінками з високою ІАЧ.

2. У групі обстежуваних із високою ІАЧ жінок відзначають нижча потужність  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -ритмів у скроневому й тім'яно-потиличному відділах кори,  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -коливань – загалом у корі, вища потужність  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль по всьому скальпу порівняно із чоловіками. Жінок характеризує вища Коґ коливань ЕЕГ в задніх відділах кори, ніж у чоловіків.

3. У групі з низькою  $\alpha$ -частотою жінок характеризує вища потужність  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -активності загалом у корі, порівняно із чоловіками цієї групи. У жінок простежено нижчу Коґ електричної активності в корі, ніж у чоловіків.

4. Тонус спокою м'язів правої руки в усіх обстежуваних забезпечують значне переважання амплітуди та нижчі показники частоти коливань ЕМГ м'язів розгиначів. Така закономірність має більшу значущість у чоловіків, передусім із високою ІАЧ.

5. Тонус спокою лівої руки в осіб із високою ІАЧ супроводжується збільшенням амплітуди ЕМГ згиначів порівняно з правою рукою. У групі з низькою ІАЧ простежено вищу амплітуду й нижчу частоту ЕМГ розгиначів, що має меншу значущість порівняно з правою рукою.

## ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ В ОБСТЕЖУВАНИХ ІЗ РІЗНИМ РІВНЕМ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ $\alpha$ -ЧАСТОТИ ПІД ЧАС ДІЇ РИТМІЧНИХ СЕНСОРНИХ СТИМУЛІВ

Як сенсорне навантаження під час експерименту використовували ритмічну фоностимуляцію. Вона дає змогу зробити висновок про активаційні можливості різних відділів мозку. Крім того, фоностимуляцію застосовували як ритмічний сигнальний подразник для мануального реагування. Зіставлення результатів, отриманих за умови мануальної моторики у відповідь на дію акустичних стимулів із такими під час фоностимуляції без моторного реагування, дає можливість робити більш обґрунтовані висновки про процеси сенсомоторного координування.

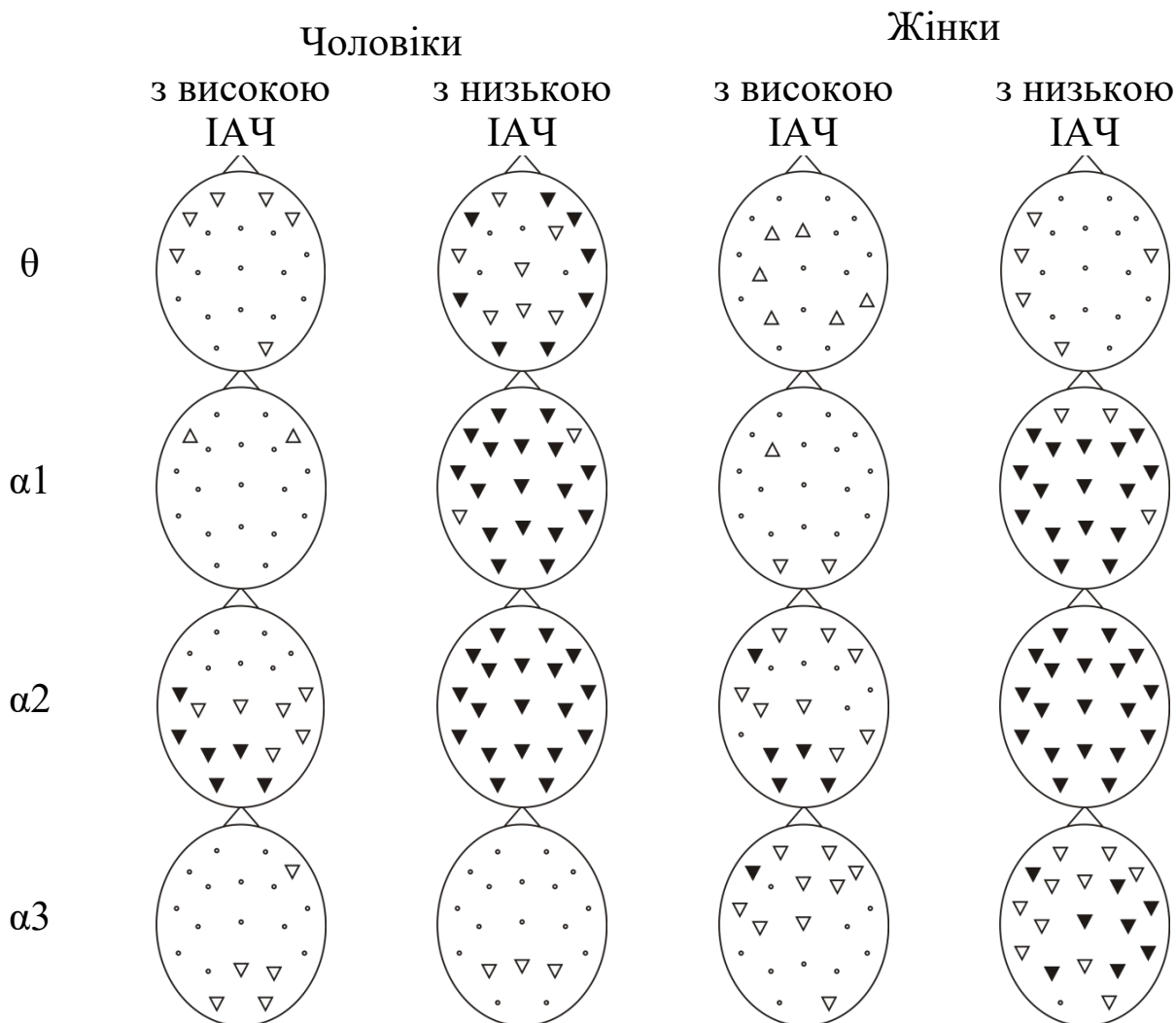
У підрозділі проаналізовано зміни потужності й Коґ коливань у широкому частотному спектрі ЕЕґ –  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta$ . Закінчується підрозділ висновками.

Зміни топографічного розподілу потужності, між- і внутрішньопівкульової Коґ електричної активності кори головного мозку в обстежуваних із високим і низьким рівнями  $\alpha$ -частоти під час ЕЕґ-тестування відображені на рис. 9–16.

**Зміни потужності коливань ЕЕґ.** В усіх чоловіків та жінок із низькою ІАЧ під час фоностимуляції (2-й етап) встановлено зниження потужності коливань ЕЕґ у  $\theta$ -піддіапазоні ЕЕґ загалом у корі порівняно зі станом спокою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 9). У чоловіків із низькою ІАЧ така динаміка більш значуща ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У жінок із високою ІАЧ відзначено зростання показників у задній лобовій, центральній та тім'яній ділянках кори, переважно лівої півкулі.

В обстежуваних із високою ІАЧ простежено збільшення потужності  $\alpha 1$ -піддіапазону ЕЕґ у лобових ділянках, а також її зниження в потиличній ділянці в жінок порівняно зі станом спокою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 9). Натомість в осіб із низькою ІАЧ реєстрували значне зниження показників загалом у корі ( $p \leq 0,001$ ).

У чоловіків із високою ІАЧ встановлено зниження потужності  $\alpha 2$ -хвиль у центральних, скроневих і тім'яно-потиличних структурах кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 9). У чоловіків із низькою ІАЧ зменшення  $\alpha 2$ -ритму є більш генералізованим та поширюється також у лобових відділах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У всіх жінок зниження потужності  $\alpha 2$ -ритму ЕЕґ глибше і охоплює весь неокортекс ( $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 9.** Зміни потужності  $\theta$ - і  $\alpha$ -коливань ЕЕГ під час фоностимуляції в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Примітки до рис. 9–12:

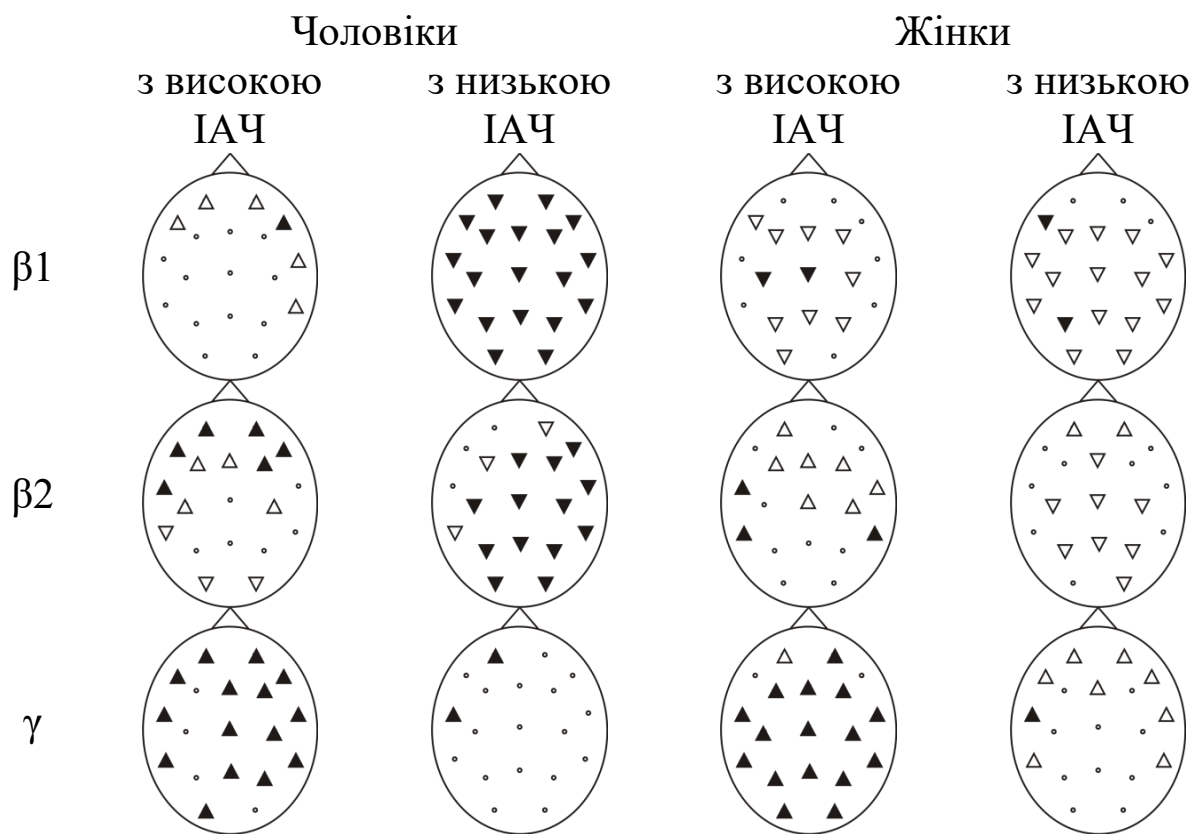
1) стан функціонального спокою (1), фоностимуляція (2).

2)  $\Delta \nabla \blacktriangle \blacktriangledown$  порівняне зростання (зниження) потужності порівняно зі станом спокою,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .

3)  $\equiv (\equiv \equiv)$  зростання (зниження) когерентності порівняно зі станом спокою,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .

В усіх обстежуваних виявлено депресію потужності коливань ЕЕГ в  *$\alpha 3$ -піддіапазоні* порівняно зі станом функціонального спокою (рис. 9). В усіх чоловіків таку динаміку простежено в тім'яно-потилічних ділянках ( $p \leq 0,05$ ), у жінок, особливо з низькою ІАЧ, – більш генералізовано ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

В усіх жінок ( $p \leq 0,05$ ), особливо в чоловіків із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,001$ ), встановлено зниження потужності  *$\beta 1$ -коливань* ЕЕГ загалом у корі (рис. 10). У чоловіків із високою ІАЧ виявлено порівняне зростання показників у лобовій та правій скроневій ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ).



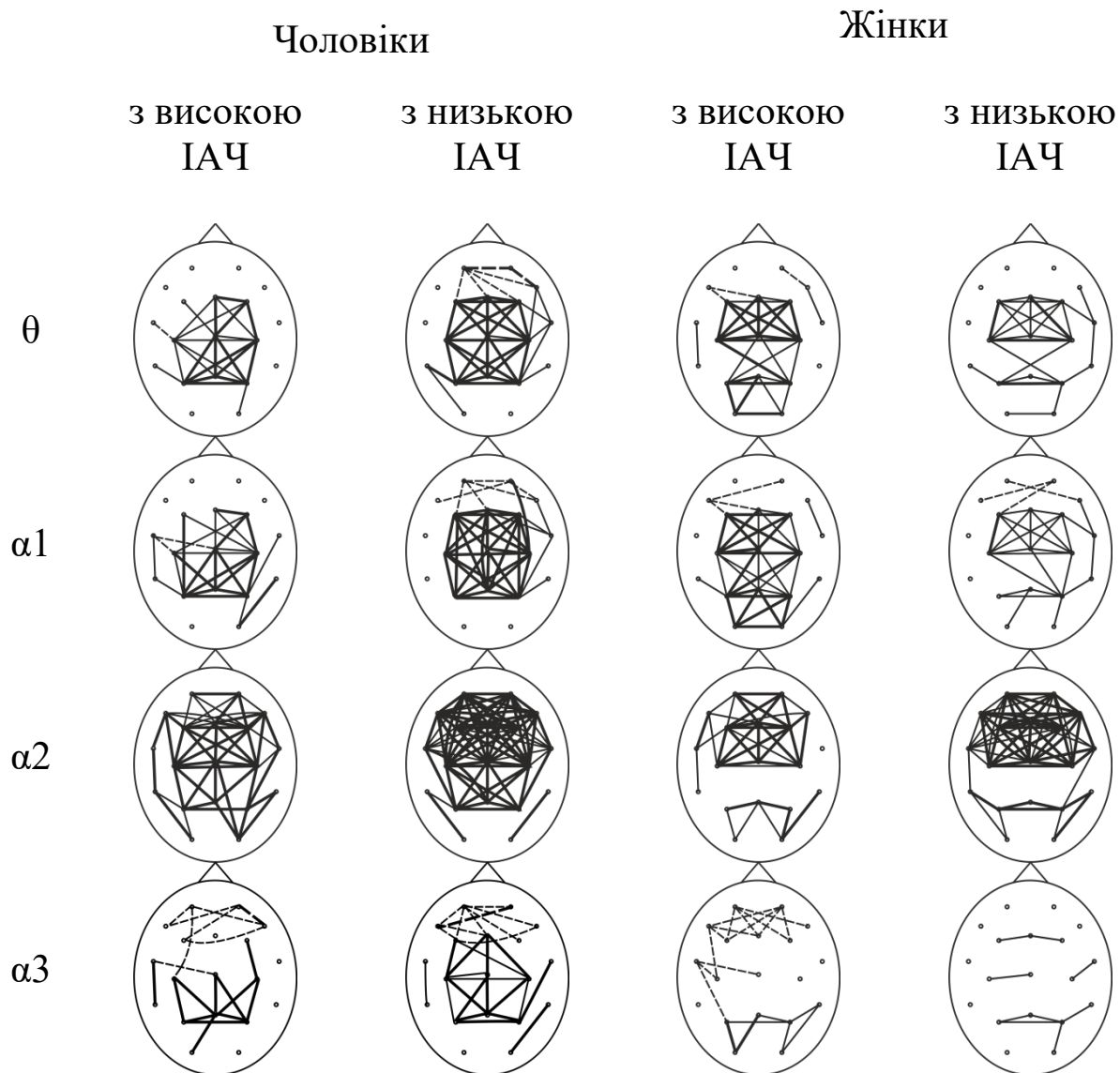
**Рис. 10.** Зміни потужності  $\beta$ - і  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час фонові стимуляції в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

В обстежуваних із високою ІАЧ виявлено зростання потужності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ загалом у корі порівняно з фоном ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 10). У чоловіків ( $p \leq 0,001$ ) і жінок ( $p \leq 0,05$ ) із низькою ІАЧ установлено генералізоване зниження показників. Водночас жінок із низькою ІАЧ відзначає їх локальне зростання в передній лобовій ділянці ( $p \leq 0,05$ ).

Простежено зростання потужності коливань ЕЕГ в  $\gamma$ -діапазоні – загалом у корі ( $p \leq 0,001$ ) в обстежуваних із високою ІАЧ, переважно в передніх відділах кори ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) – в осіб із низькою  $\alpha$ -частотою порівняно зі станом спокою (рис. 10). Така закономірність є більш генералізованою в жінок із низькою ІАЧ.

**Зміни когерентності коливань ЕЕГ.** Під час фонові стимуляції в усіх обстежуваних зареєстровано вагоме збільшення значень між- та внутрішньопівкульової Коґ  $\theta$ -хвиль ЕЕГ передусім у задній лобовій, центральній і тім'яній ділянках кори ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 11). Такі зміни, але меншої значущості ( $p \leq 0,05$ ), зафіксовано також у скроневій і потиличній ділянках у чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок. Відзначено певне превалювання функції Коґ у правій півкулі. Водночас, у чоловіків із низькою ІАЧ та в жінок із високою  $\alpha$ -частотою встановлено зниження Коґ  $\theta$ -ритму в лобовому відведенні ( $p \leq 0,05$ ),

здебільшого правої півкулі, у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою – у лівій скронево-центральной ділянці.



**Рис. 11.** Зміни когерентності  $\theta$ - і  $\alpha$ -коливань ЕЕГ під час фоностимуляції в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

В усіх обстежуваних зареєстровано істотне збільшення значень між- та внутрішньопівкульової Коґ  $\alpha 1$ -хвиль ЕЕГ, передусім у задній лобовій, центральній, тім'яній та правій скроневої ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі спокоем (рис. 11). Такі зміни поширюються також у потиличній ділянці в усіх жінок ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок відзначається локальне зниження Коґ  $\alpha 1$ -ритму в лобовому відведенні ( $p \leq 0,05$ ), у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою – у лівій скронево-центральной ділянці ( $p \leq 0,05$ ).

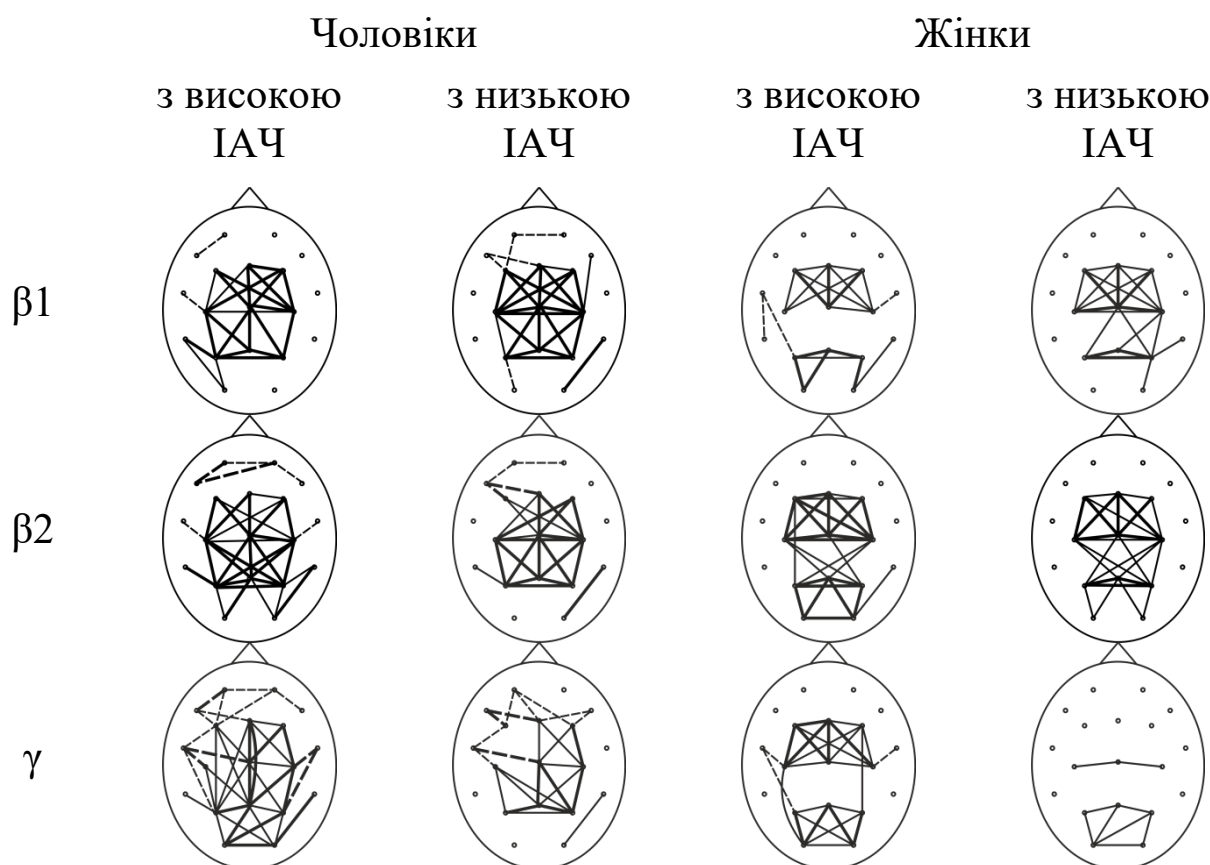
В усіх чоловіків і жінок відзначено генералізоване посилення значень Коґ  *$\alpha 2$ -хвиль* ЕЕґ у корі ( $p \leq 0,05$ ), передусім у лобових, передніх скроневих і центральних ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 11). Іншим локусом посилення когерентних взаємодій є задні скроневі, тім'яні й потиличні ділянки ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Значущість змін вища в осіб із низькою ІАЧ. Коґ  $\alpha 2$ -активності ЕЕґ між передніми й задніми відділами кори вища в чоловіків.

В усіх чоловіків та в жінок із високою ІАЧ знижується Коґ  *$\alpha 3$ -активності* ЕЕґ у лобових ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 11). Така закономірність в обстежуваних із високою  $\alpha$ -частотою, особливо в жінок, простежується і в лівій передньоскронево-центральної ділянці ( $p \leq 0,05$ ). Водночас, у всіх обстежуваних виявлено посилення когерентних взаємодій у центральній, задній скроневій і тім'яно-потилічній ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ). Така закономірність має більшу значущість та генералізованість в осіб із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у чоловіків ( $p \leq 0,001$ ).

В усіх обстежуваних установлено вагоме збільшення значень між- і внутрішньопівкульової Коґ  *$\beta 1$ - і  $\beta 2$ -активності* ЕЕґ у задніх лобових, скроневих, центральних і тім'яно-потилічних структурах кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 12). У чоловіків зареєстровано більшу значущість таких змін ( $p \leq 0,001$ ). Водночас, у них простежується порівняне зниження показників у лівій передній лобово-скроневій ділянці ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У групі осіб із високою ІАЧ виявлено вищу значущість змін у тім'яно-потилічних відділах кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з обстежуваними з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ).

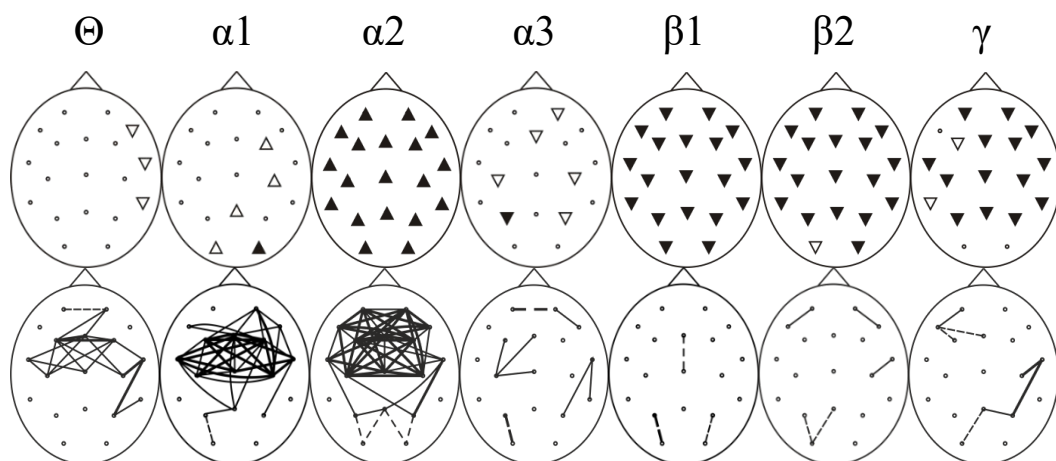
В усіх чоловіків і жінок зафіксовано збільшення значень Коґ  *$\gamma$ -хвиль* ЕЕґ у задніх лобових, центральних і тім'яно-потилічних структурах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 12). Такі зміни є більш значущими та генералізованими в осіб із високою ІАЧ, у статевому аспекті – у чоловіків. Водночас, в усіх чоловіків виявляється відносне зниження показників у передніх лобових і скроневих ділянках ( $p \leq 0,05$ ), у жінок із високою ІАЧ – лише в скроневих ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ).





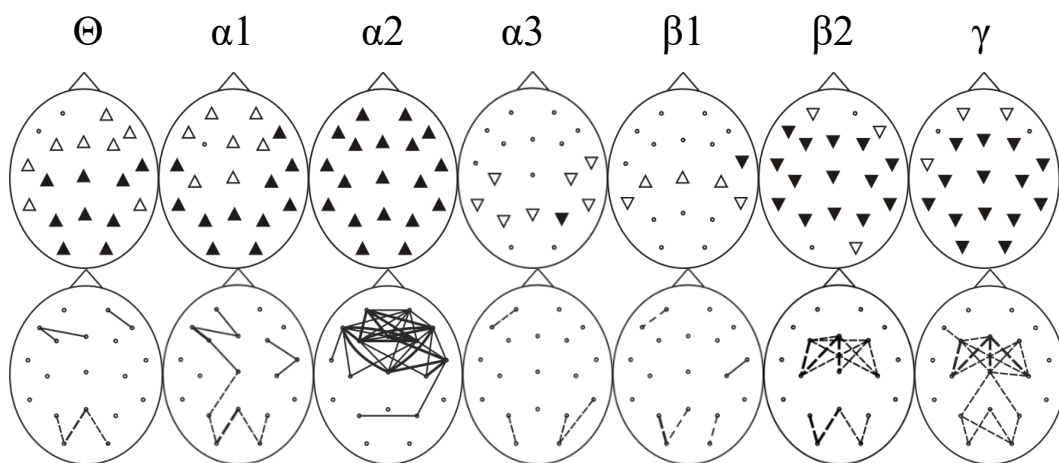
**Рис. 12.** Зміни когерентності  $\beta$ - і  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час фоностимуляції в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

**Міжгрупові та статеві відмінності потужності й когерентності коливань ЕЕГ під час фоностимуляції в групах обстежуваних.** Чоловіків із низькою ІАЧ відзначають переважання потужності  $\alpha_1$ -активності ЕЕГ у задній правій лобовій, правій центральній, тім'яно-потиличній ділянках ( $p \leq 0,05$ ),  $\alpha_2$ -хвиль – загалом у корі ( $p \leq 0,001$ ), ніж у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою. Водночас, в осіб із низькою ІАЧ виявлено порівняно нижчу потужність  $\theta$ -,  $\alpha_3$ -частот ( $p \leq 0,05$ ). Така особливість більш значуща в діапазоні  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності й зареєстровано її по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 13). У чоловіків із низькою ІАЧ встановлено вищу Ког в  $\theta$ -,  $\alpha_1$ - і  $\alpha_2$ -активності ЕЕГ у лобових, скроневих і центральних ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж в осіб із високою  $\alpha$ -частотою. Така особливість більш локальна в  $\alpha_3$ -,  $\beta_2$ - і  $\gamma$ -частотах, і зафіксовано її здебільшого в сконевій та центральній ділянках ( $p \leq 0,05$ ). Водночас, протезено відносне зниження Ког у тім'яно-потиличному відділі в  $\alpha$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -діапазонах ЕЕГ ( $p \leq 0,05$ ), у передніх лобових відведеннях – у  $\theta$ -,  $\alpha_3$ - і  $\gamma$ -частотах ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 13.** Відмінності потужності та когерентності коливань ЕЕГ між підгрупами чоловіків під час фоностимуляції

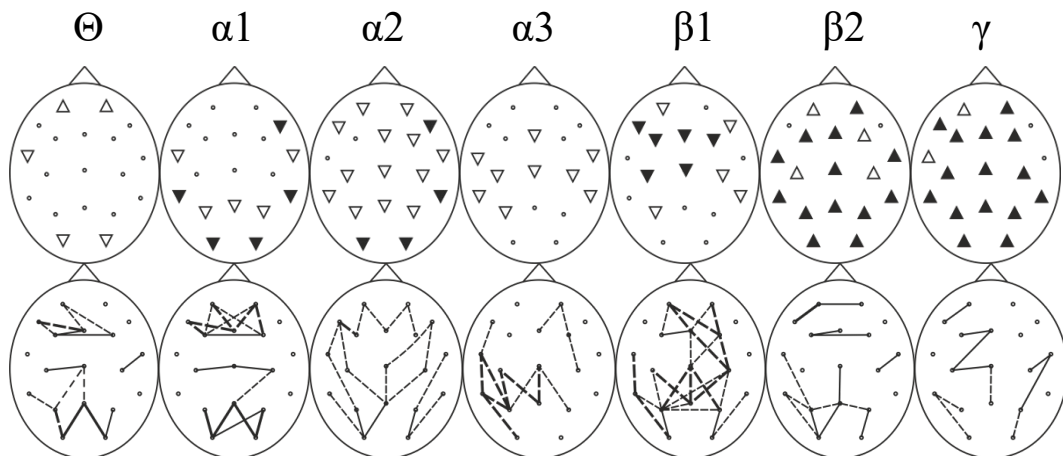
У жінок із низькою ІАЧ встановлено вагоме переважання потужності  $\theta$ -,  $\alpha_1$ - і  $\alpha_2$ -активності загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), нижчі показники в смузі  $\alpha_3$ -,  $\beta_1$ - ( $p \leq 0,05$ ),  $\beta_2$ - і  $\gamma$ - ( $p \leq 0,001$ ) частот ЕЕГ, ніж у жінок із високою ІАЧ (рис. 14). У жінок із низькою ІАЧ зафіксовано порівняно вищу Ког  $\theta$ -,  $\alpha_1$ - і  $\alpha_2$ -частот і в лобово-центральної ділянці ( $p \leq 0,05$ ), нижчу – у смузі  $\alpha_3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності здебільшого в центральних, тім'яних і потиличних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ),  $\theta$ - і  $\alpha_1$ -хвиль – у тім'яно-потиличній ділянці ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 14.** Відмінності потужності коливань ЕЕГ між підгрупами жінок під час фоностимуляції

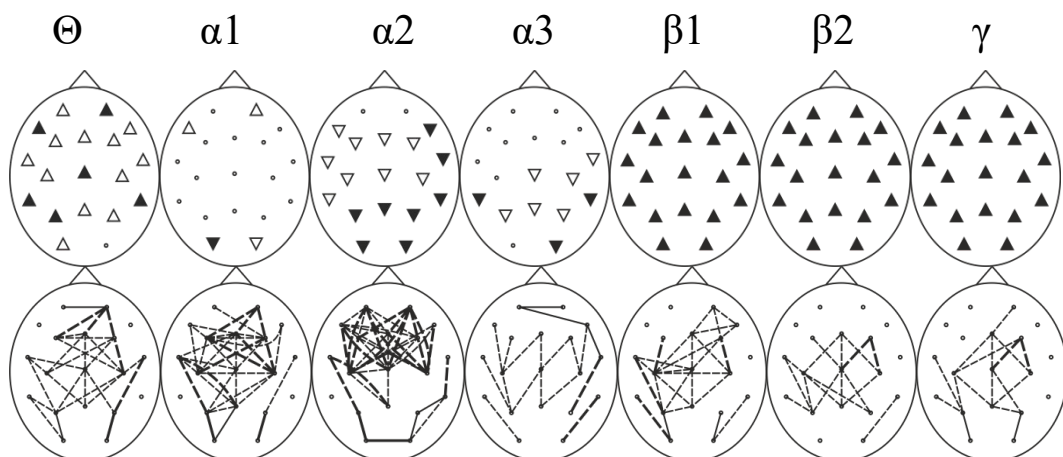
У групі обстежуваних із високою ІАЧ жінок відзначає нижча потужність  $\theta$ -,  $\alpha_1$ -,  $\alpha_3$ - і  $\beta_1$ -ритмів у скроневому, центральному й тім'яно-потиличному відділах кори ( $p \leq 0,05$ ),  $\alpha_2$ -коливань – загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками (рис. 15). Жінок характеризує вища потужність  $\theta_1$ -активності в лобовій ділянці,  $\beta_2$ - і  $\gamma$ -хвиль по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками. Жінок

відзначає локальне переважання Коґ  $\theta$ - і  $\alpha 1$ -коливань ЕЕґ у тім'яно-потиличній ділянці ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ),  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -активності – у лобових, передніх скроневих і центральних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж чоловіки. Водночас, у лобових ділянках у  $\theta$ - і  $\alpha 1$ -піддіапазонах, загалом у корі – у смузі  $\alpha 2$ -,  $\alpha 3$ - і  $\beta 1$ -коливань, у задніх відділах корі – у високих ( $\beta 2$ - і  $\gamma$ -) частотах спектра ЕЕґ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) виявлено порівняно слабші когерентні взаємодії.



**Рис. 15.** Статеві відмінності потужності та Коґ коливань ЕЕґ під час фоностимуляції в групі обстежуваних із високою ІАЧ

У групі з низькою ІАЧ жінки характеризуються більшими показниками потужності  $\theta$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) активності загалом у корі порівняно із чоловіками цієї групи. В  $\alpha 1$ -піддіапазоні таку особливість зафіксовано в лобовій ділянці ( $p \leq 0,05$ ). Жінок відзначає нижча потужність  $\alpha 2$ -хвиль по всьому скальпу,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 3$ -коливань – переважно в задніх відділах корі, ніж у чоловіків (рис. 16). Жінок



**Рис. 16.** Статеві відмінності потужності та Коґ коливань ЕЕґ під час фоностимуляції в групі обстежуваних із низькою ІАЧ

загалом характеризує нижча Ког електричної активності в корі, ніж у чоловіків ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у жінок за цих умов встановлено відносно вищу Ког у тім'яній і потиличній ділянках у  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -піддіапазонах ЕЕГ, у передній лобовій ділянці – в  $\theta$ - і  $\alpha 3$ -частотах ( $p \leq 0,05$ ).

### **Висновки**

1. Під час фоностимуляції в обстежуваних із високою ІАЧ, передусім у чоловіків, зареєстровано локальне зростання потужності  $\theta$ - і  $\alpha 1$ -хвиль ЕЕГ у лобових ділянках,  $\beta 1$ -,  $\beta 2$ -коливань – у передній відділах кори,  $\gamma$ -активності – по всьому скальпу та її зниження в задніх скроневих, тім'яних і потиличних відведеннях кори, передусім у  $\alpha$ - і  $\beta$ -частотному спектрі. В осіб із низькою ІАЧ, особливо в жінок, депресія  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta$ -активності кори фіксується генералізовано, експресія  $\gamma$ -хвиль є більш локальною.

2. В усіх обстежуваних встановлено генералізоване збільшення значень Ког коливань ЕЕГ в усьому частотному спектрі ЕЕГ в корі. У задніх структурах правої півкулі виявлене правопівкульове переважання. Простежено локальне зменшення Ког  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -коливань у лобових і передніх скроневих ділянках лівої півкулі.

## **ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ КОРИ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МАНУАЛЬНИХ РУХІВ У ВІДПОВІДЬ НА СЕНСОРНІ СТИМУЛИ В ОБСТЕЖУВАНИХ ІЗ РІЗНИМ РІВНЕМ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ $\alpha$ -ЧАСТОТИ**

Почергове стискання і розтискання пальців кисті за типом хапальних рухів, використане в нашому дослідженні як моторне навантаження, є найбільш уживаною мануальною навичкою людини й відіграє вагомую роль у її повсякденному житті, навчанні, операторській і виробничій діяльності. Реалізація таких рухів у відповідь на дію акустичних сигналів створює передумови для процесу сенсомоторного координування. Його успішна реалізація набуває все більшого значення в умовах ускладнення та урізноманітнення інформаційного середовища сучасної людини, поширення практики упровадження дистанційного мануального керування технічними пристроями.

При реагуванні обстежуваними на кожний стимул пальцями по одному в послідовності, визначеній безпосередньо перед тестуванням, створюється ефект зниження стереотипності (автоматизації) завдання. Чоловіки й жінки здійснювали рухи пальців кисті відповідно до заданого сенсорними стимулами темпу. Таке завдання висувало підвищені вимоги до можливостей обстежуваних раціонально розподіляти увагу між сенсорним сприйняттям і моторним реагуванням, перебудовувати моторну програму внаслідок черговості включення в роботу рухових одиниць м'язів різних пальців.

На етапі застосування силового навантаження тестовані під час рухів додатково утримували напівзігнутими пальцями гантель вагою 1 кг. Це створювало потребу більшого зосередження уваги під час утримання і фіксації пальцями кисті вантажу, подолання його ваги.

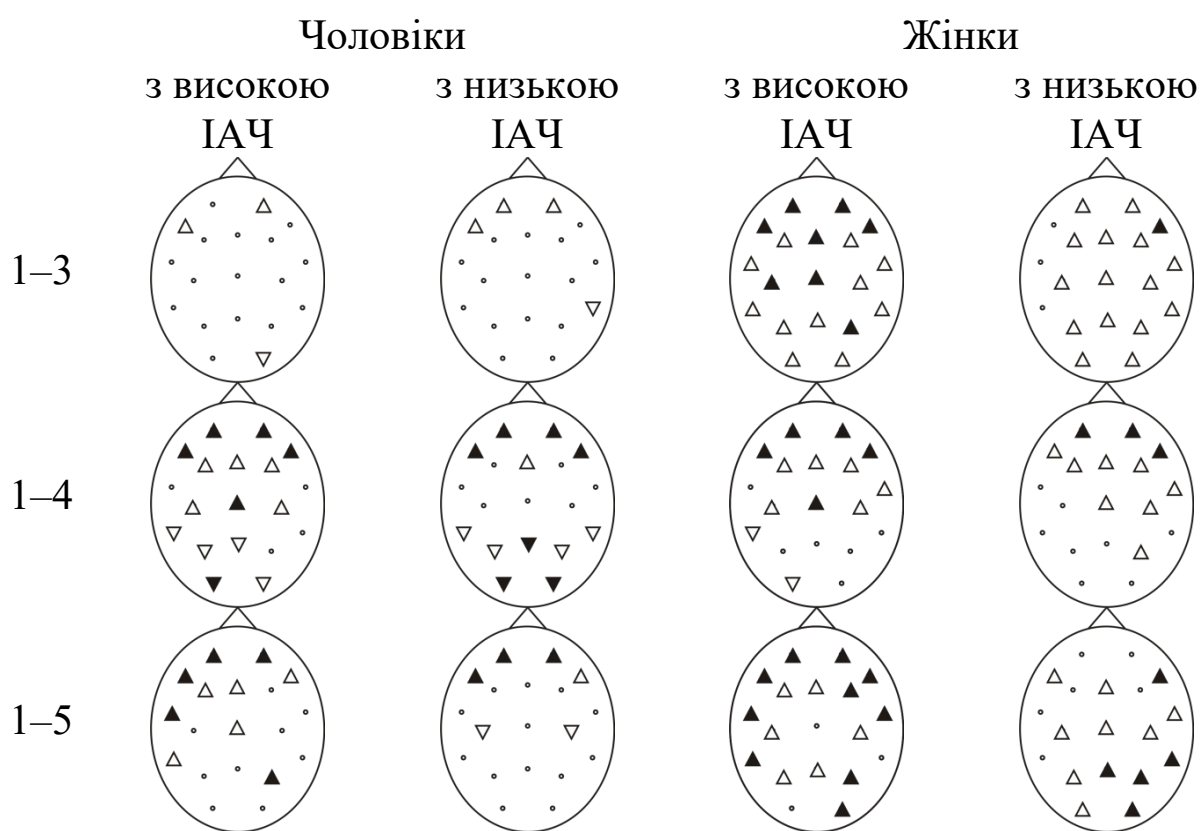
Дослідження, проведені на сьогодні, вказують, що звична рухова активність людини є досить стабільною індивідуальною ознакою. Це дає об'єктивну основу для докладнішого вивчення цього феномену й типологічної оцінки його індивідуальних характеристик. У свою чергу, рівень звичної рухової активності корелює з поведінковими реакціями і є, на нашу думку, одним із основних факторів, що визначають різні прояви адаптивної поведінки і стійкості до різних факторів навколишнього середовища.

**Зміни потужності коливань ЕЕГ під час виконання мануальних рухів  
у відповідь на сенсорні стимули в обстежуваних  
із різним рівнем індивідуальної  $\alpha$ -частоти**

Під час дослідження мозкових механізмів виконання мануальних рухів у відповідь на ритмічну стимуляцію спектральний аналіз потужності коливань ЕЕГ вагомо поглиблює вивчення процесів активації кори великих півкуль, дає змогу об'єктивно оцінити енергію частотних складників спектра, наявність генералізованих та локальних змін електричної активності мозку, що виявляють під час тестування [74, 75, 86, 94, 117, 120]. Цей метод ґрунтується на швидкому Фур'є-перетворенні й дає можливість графічно відобразити електрофізіологічні дані, отримані з поверхні кори мозку.

У підрозділі проаналізовано зміни потужності коливань у широкому частотному спектрі –  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  і  $\gamma$ . Закінчується підрозділ висновками.

Зміни топографічного розподілу потужності електричної активності кори головного мозку в обстежуваних із високим і низьким рівнями  $\alpha$ -частоти під час ЕЕГ-тестування відображені на рис. 17–51.



**Рис. 17.** Зміни потужності  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

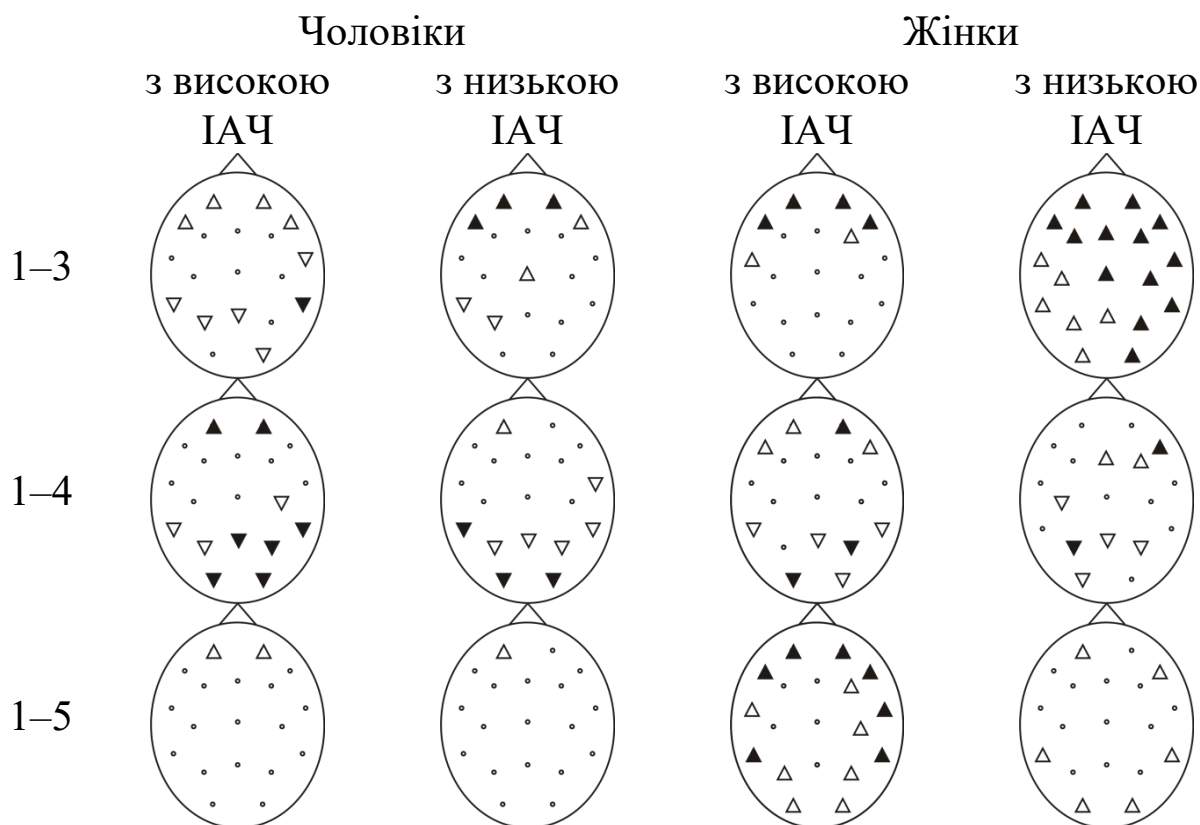
Примітки до рис. 17–51:

1) стан функціонального спокою (1), стискання і розтискання пальців без зусилля (3), почергові рухи пальцями (4), стискання й розтискання пальців із силовим навантаженням (5).

До рис. 17, 18, 22, 23, 27, 27, 32, 332, 38, 39, 42, 43, 48, 49:

1)  $\Delta \nabla \blacktriangle \blacktriangledown$  зростання (зниження) потужності порівняно зі станом спокою,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .

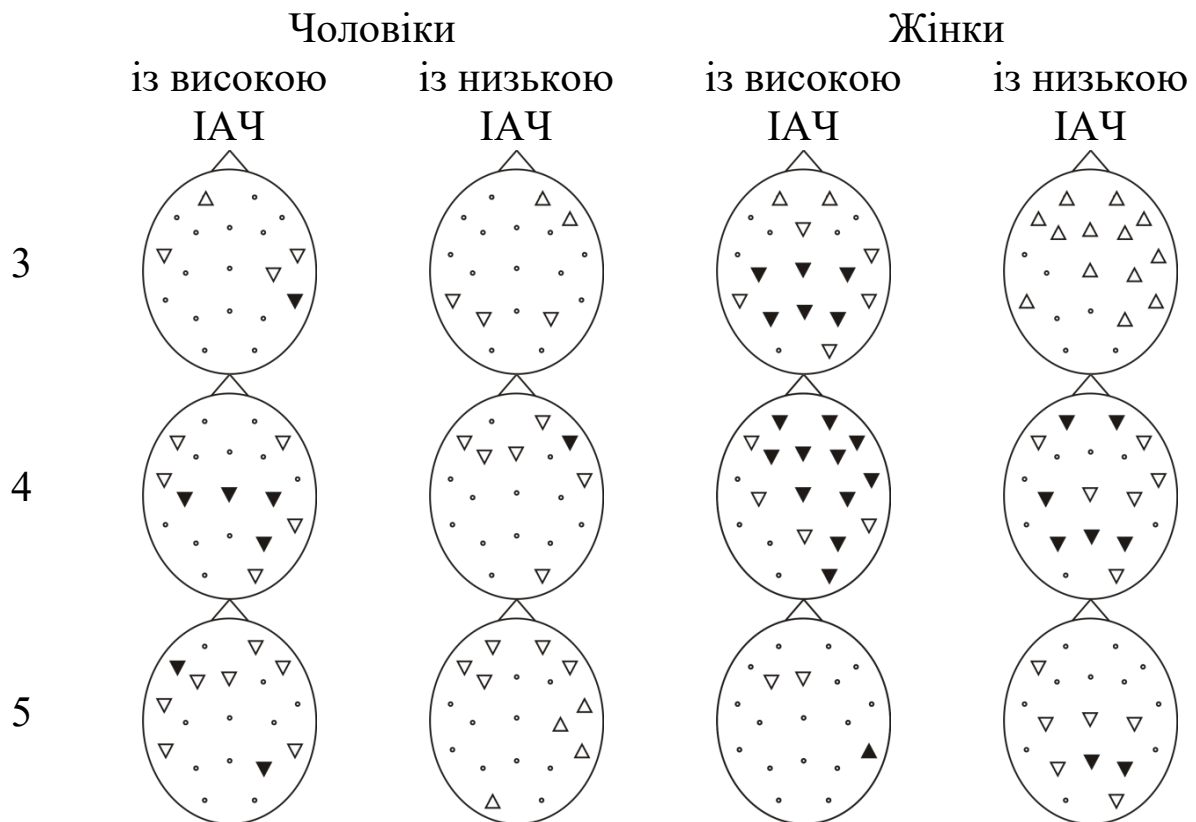
Виконання завдання лівою рукою в усіх чоловіків супроводжує локальне зростання потужності  $\theta$ -коливань ЕЕГ у передніх лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ) та її зниження у скроневих, центральних і тім'яно-потиличних відділах кори ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 18). У жінок виявлено більш значуще зростання показників у лобовій ділянці в осіб із високою ІАЧ, загалом у корі – з низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 18.** Зміни потужності  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

В усіх чоловіків та жінок із високою ІАЧ зареєстровано вищу потужність  $\theta$ -піддіпазону ЕЕГ у передніх лобових ділянках та її нижчі значення в скроневих, центральних та тім'яно-потиличних структурах ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ), ніж під час роботи правою рукою (рис. 19). У жінок зменшення потужності  $\theta$ -активності більш значуще й поширене у корі, ніж у чоловіків. У жінок із низькою ІАЧ зафіксоване

порівняне зростання показників у симетричних лобових, скроневих та правопівкульових центральних і тім'яних ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 19. Вплив латеральності працюючої руки на потужність  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних**

Примітка до рис. 19, 25, 29, 35, 39, 45, 49:

1)  $\Delta \nabla \blacktriangle \blacktriangledown$  зростання (зниження) потужності під час роботи лівою рукою порівняно з правою,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .

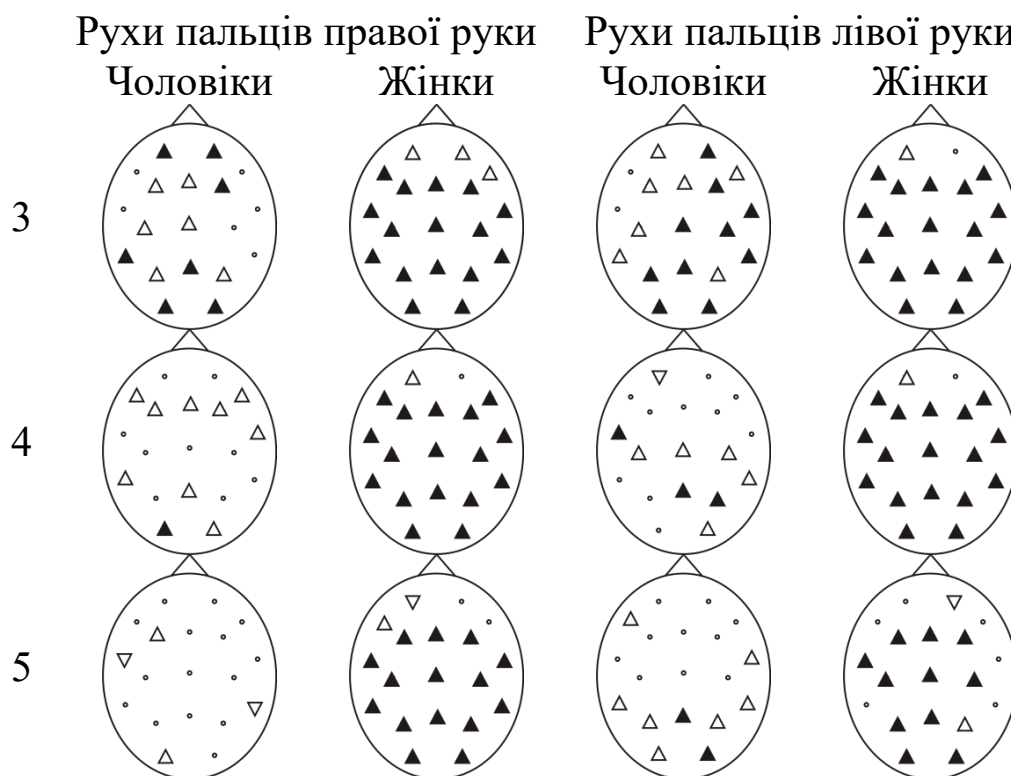
*Почергові рухи пальцями (4-й етап)* правої та лівої рук в усіх чоловіків та жінок із високою ІАЧ супроводжують зростання потужності  $\theta$ -коливань ЕЕГ у передніх відділах кори та її зниження в задніх відділах порівняно з фоном ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) (рис. 17, 18). Під час виконання завдання правою рукою депресія  $\theta$ -хвиль більш значуща в чоловіків. У жінок із низькою ІАЧ при цьому відзначено зростання показників у лобовій, передній скроневій, центральній та тім'яній ділянках з акцентом на правій півкулі ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ). Виконання завдання лівою рукою в усіх обстежуваних відзначається більшою значущістю процесів блокування  $\theta$ -коливань у корі порівняно з правою рукою ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) (рис. 19).

*Стискання і розтискання пальців із силовим навантаженням (5-й етап)* правої та лівої рук забезпечується зростанням потужності  $\theta$ -активності передусім у передніх відділах кори в усіх чоловіків, загалом у корі – в усіх жінок порівняно зі станом спокою ( $p \leq 0,05$  і



$p \leq 0,001$ ) (рис. 18). Така динаміка під час роботи правою рукою є більш значущою, ніж лівою рукою.

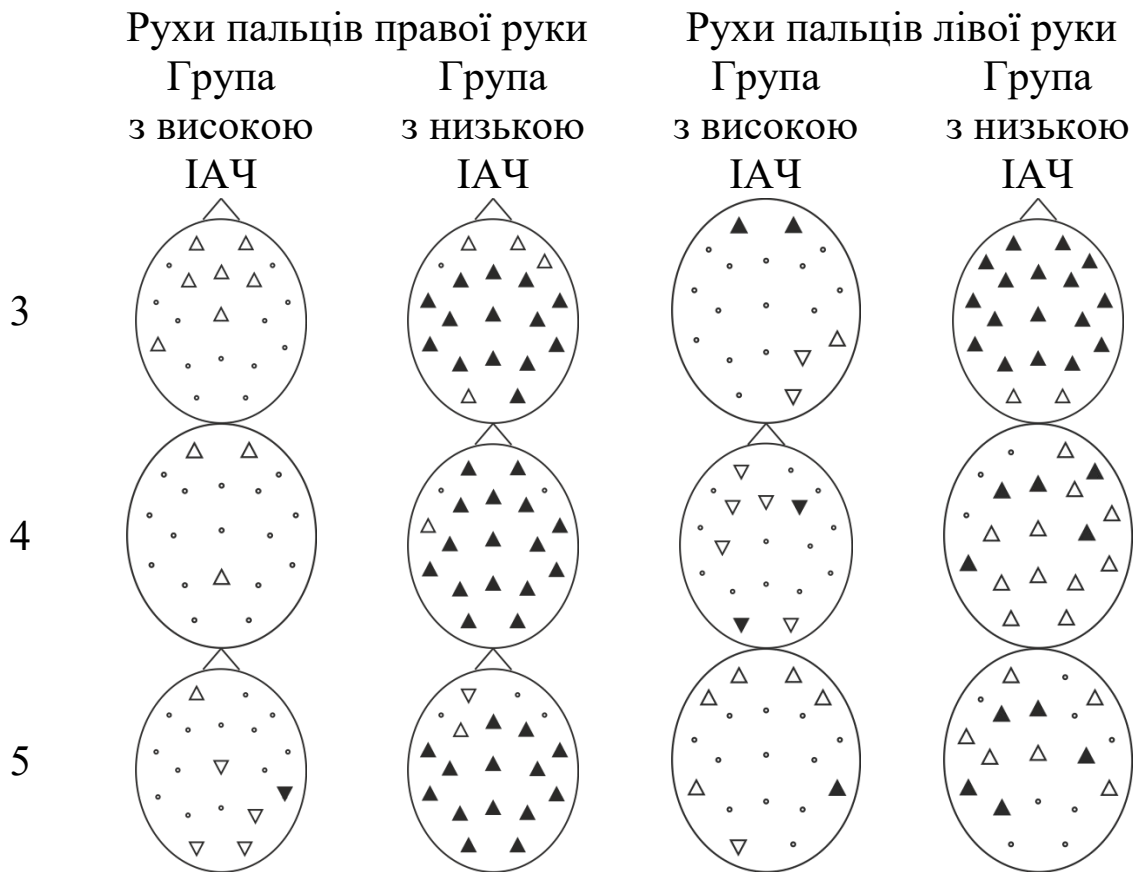
*Міжгрупові відмінності.* Обстежуваних з низькою ІАЧ упродовж експерименту відзначає вища потужність  $\theta$ -піддіапазону ЕЕГ загалом у корі, ніж в осіб із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) (рис. 20). У жінок така закономірність більш значуща та генералізована.



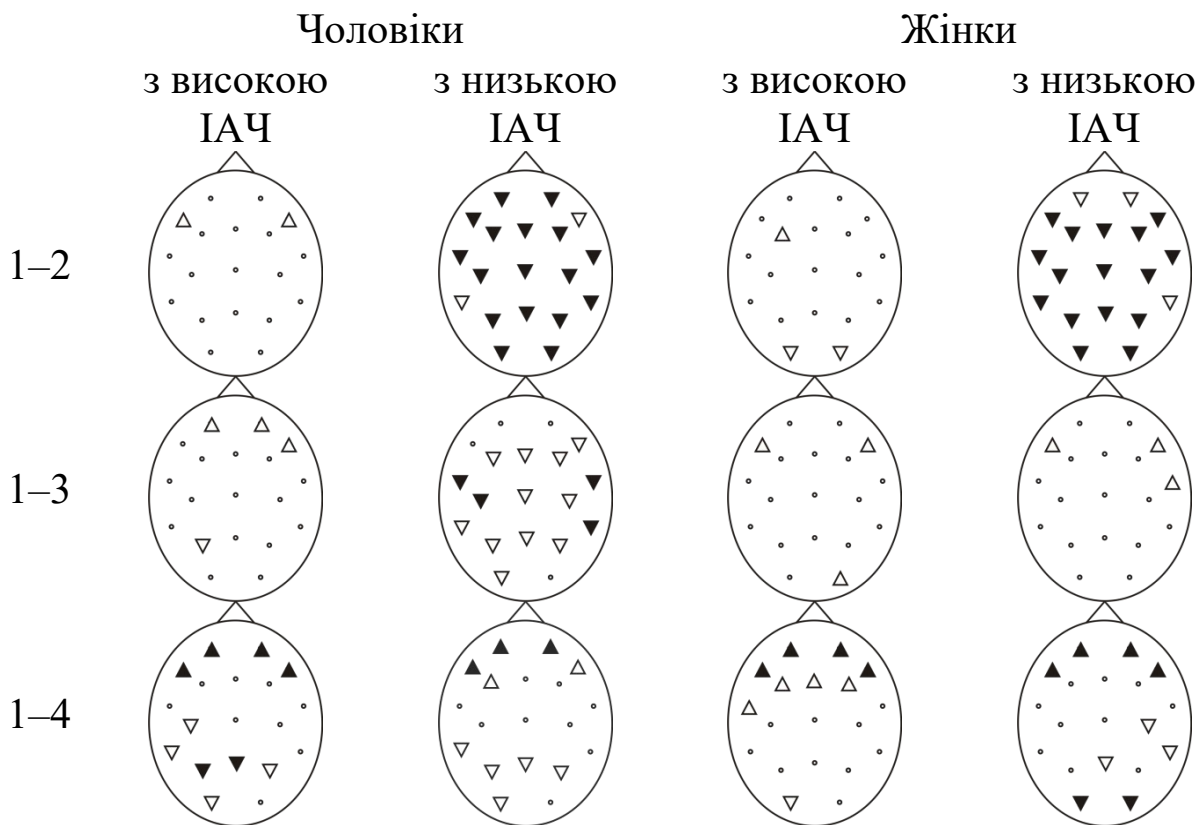
**Рис. 20.** Міжгрупові відмінності потужності  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців

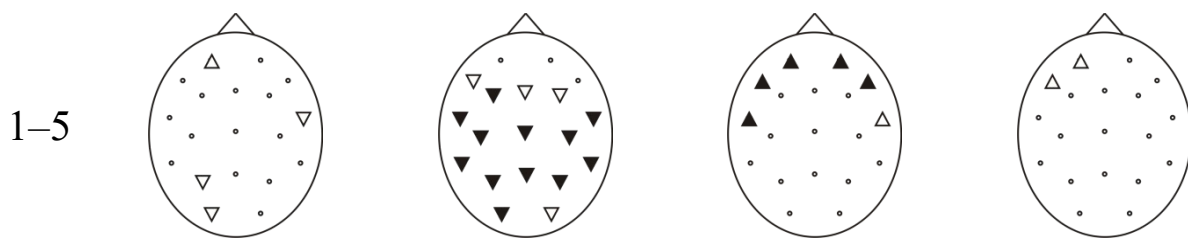
Жінок із високою ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) і низькою ІАЧ ( $p \leq 0,001$ ) загалом характеризує вища потужність  $\theta$ -ритму ЕЕГ у корі, ніж у чоловіків відповідних груп (рис. 21). Така закономірність у жінок із високою ІАЧ більш локальна й зареєстрована передусім у передніх структурах. Водночас, виконання завдань лівою рукою в цих жінок супроводжується нижчими показниками в тім'яно-потиличних частках кори, ніж у чоловіків.

**Зміни потужності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ.** *Стискання і розтискання пальців* правої руки без зусилля супроводжує зростання потужності  $\alpha 1$ -ритму ЕЕГ у лобовій ділянці в чоловіків із високою ІАЧ та в усіх жінок порівняно з фоном (рис. 22). Водночас, у чоловіків із високою ІАЧ установлено зниження показників у лівій тім'яній ділянці ( $p \leq 0,05$ ), із низькою ІАЧ – генералізовано в корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Значущість і

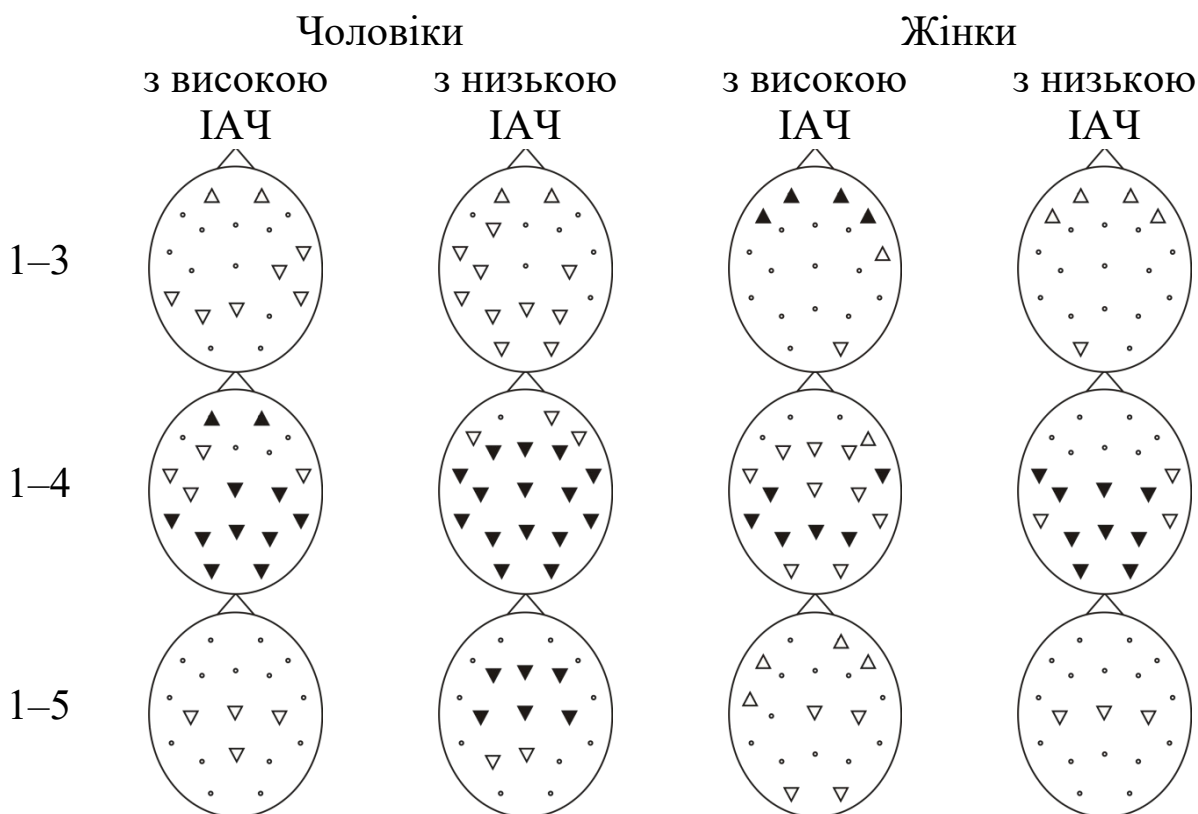


**Рис. 21. Статеві відмінності потужності  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах**





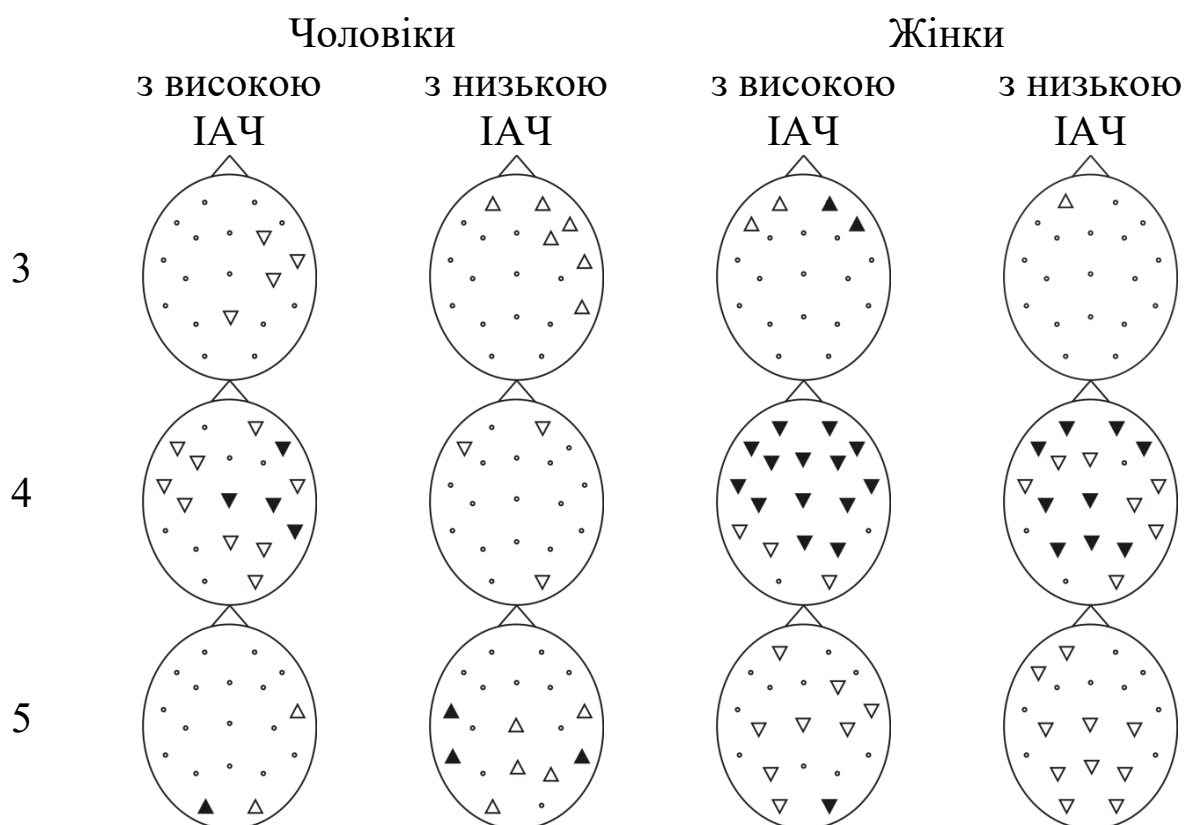
**Рис. 22.** Зміни потужності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



**Рис. 23.** Зміни потужності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

поширеність таких змін вища під час роботи лівою рукою (рис. 23). Поряд зі зростанням потужності  $\alpha 1$ -смути в лобових ділянках зареєстровано її зниження в центральних, скроневих і тім'яних відділах кори ( $p \leq 0,05$ ) в чоловіків, у потиличній ділянці – у жінок. Такі зміни мають більшу значущість у правій півкулі в обстежуваних із високою ІАЧ, у лівій півкулі – в осіб із низькою ІАЧ.

Виконання завдання лівою рукою відносно правої забезпечується вищою потужністю  $\alpha 1$ -піддіапазону ЕЕГ у правій лобово-скроневої ділянці кори в чоловіків із низькою ІАЧ, у лобових ділянках, передусім правої півкулі, у жінок із високою ІАЧ, лівої півкулі – у жінок із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 24). У чоловіків із високою ІАЧ встановлено зниження показників у корі правої півкулі ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 24.** Вплив латеральності працюючої руки на потужність  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в групах обстежуваних

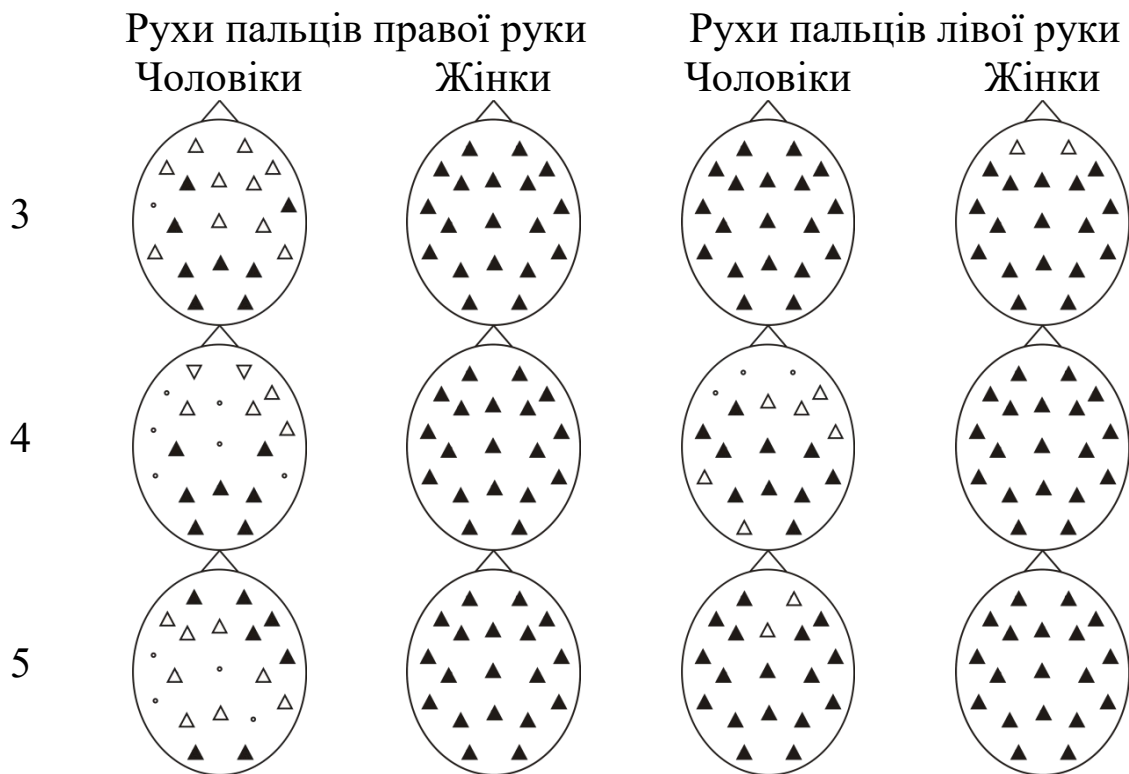
*Почергові рухи пальцями* правої руки в чоловіків із високою ІАЧ та у всіх жінок супроводжує вагоме зростання потужності коливань ЕЕГ в  $\alpha 1$ - піддіапазоні в лобових ділянках кори ( $p \leq 0,001$ ) та її зниження у задніх скроневих, тім'яних та потиличних ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном (рис. 22). Депресія  $\alpha 1$ -хвиль у задніх відділах кори більш значуща та поширена в осіб із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у чоловіків. В обстежених із високою ІАЧ зниження показників має більшу значущість у лівій півкулі, у жінок із низькою ІАЧ – у правій.

Виконання завдання лівою рукою в усіх обстежуваних характеризує широке зменшення потужності  $\alpha 1$ -хвиль ЕЕГ порівняно з фоном ( $p \leq 0,005$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 23). В усіх тестованих, особливо в жінок, зареєстровано більшу депресію  $\alpha 1$ -піддіапазону ЕЕГ загалом у корі, ніж правою рукою (рис. 24). Водночас, у чоловіків ( $p \leq 0,001$ ) і жінок ( $p \leq 0,05$ ) із високою ІАЧ виявлено локальну збільшення потужності  $\alpha 1$ -активності в лобових відведеннях порівняно з фоном.

*Стискання і розтискання пальців із силовим навантаженням* правою рукою в чоловіків відзначається зниженням потужності  $\alpha 1$ -піддіапазону ЕЕГ порівняно зі станом спокою (рис. 21). Така динаміка локальна (у лівій потиличній ділянці,  $p \leq 0,05$ ) у чоловіків із

високою ІАЧ та більш генералізована в чоловіків із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У жінок із високою ІАЧ зареєстровано вагоме зростання показників у симетричних лобових ділянках кори ( $p \leq 0,001$ ), у жінок із низькою ІАЧ – їх менш значуще збільшення в лівій лобовій ділянці ( $p \leq 0,05$ ), ніж у стані спокою.

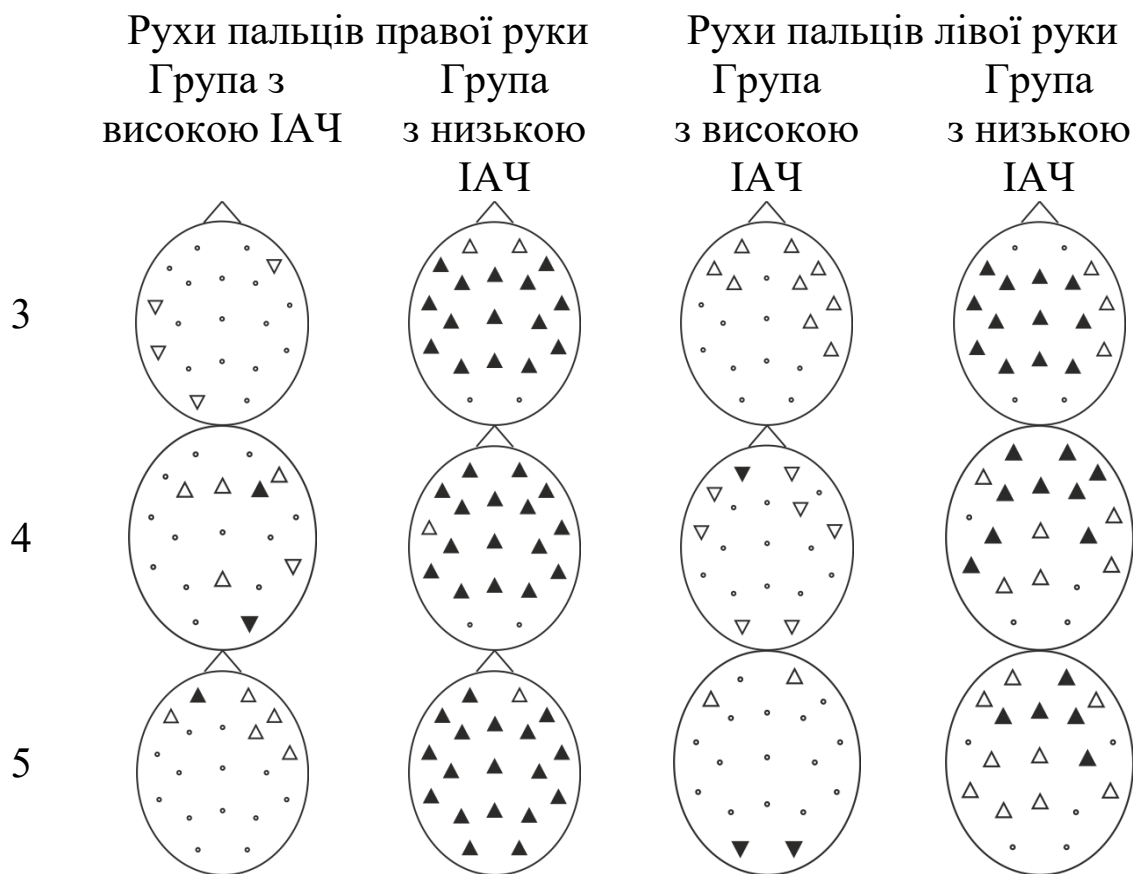
Виконання такого завдання лівою рукою в усіх обстежуваних відзначається зниженням потужності  $\alpha 1$ -піддіпазону ЕЕГ переважно в центральній ділянці кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у стані спокою (рис. 23). Такі відмінності більш значущі й генералізовані в осіб із низькою ІАЧ. У жінок із високою ІАЧ виявлено зростання показників у лобових ділянках ( $p \leq 0,05$ ) порівняно зі станом спокою. У чоловіків простежено вищу потужність  $\alpha 1$ -піддіпазону ЕЕГ в тім'яних, потиличних і скроневих ділянках кори, у жінок – її генералізоване зниження порівняно з правою рукою (рис. 24).



**Рис. 25. Міжгрупові відмінності потужності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців**

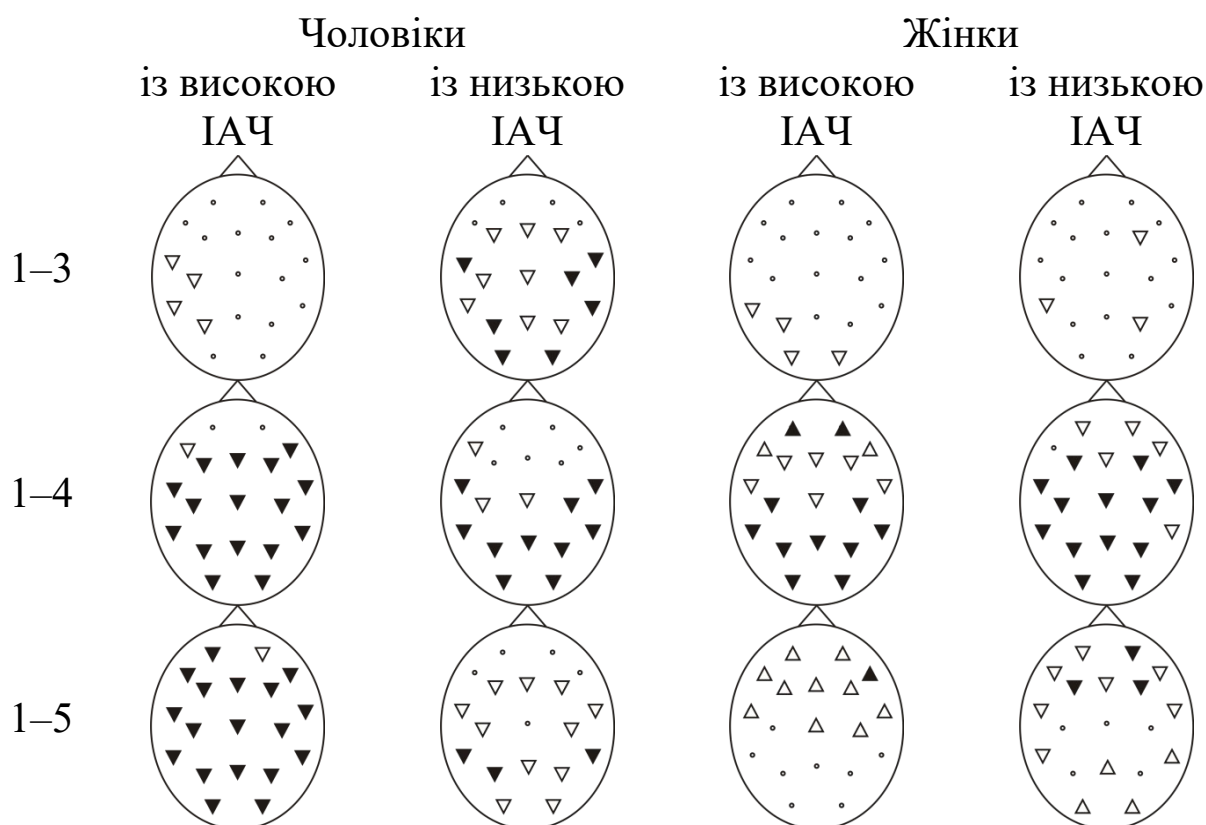
*Міжгрупові відмінності.* Усі обстежувані з низькою ІАЧ відзначаються вагомим переважанням потужності  $\alpha 1$ -коливань загалом у корі, ніж особи з високою ІАЧ ( $p \leq 0,005$ ) (рис. 25). Така особливість більш значуща та генералізована в жінок порівняно із чоловіками. Значущість означених відмінностей у чоловіків вища під час роботи лівою рукою.

Під час моторної діяльності правою рукою в жінок із високою ІАЧ відзначено вищу потужність  $\alpha$ 1-піддіапазону ЕЕГ переважно в скроневих і потиличних ділянках кори, лівою рукою – у передніх та скроневих відділах, ніж у чоловіків такої групи ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 26). У задніх відділах кори зареєстровано нижчі показники ( $p \leq 0,05$ ), ніж у чоловіків. Жінок із низькою ІАЧ характеризує вища потужність  $\alpha$ 1-піддіапазону ЕЕГ по всьому скальпу впродовж усього експерименту, ніж у чоловіків відповідної групи ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Під час почергових рухів пальцями лівої руки в жінок із високою  $\alpha$ -частотою порівняно нижчі показники зафіксовано загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 26. Статеві відмінності потужності  $\alpha$ 1-коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах**

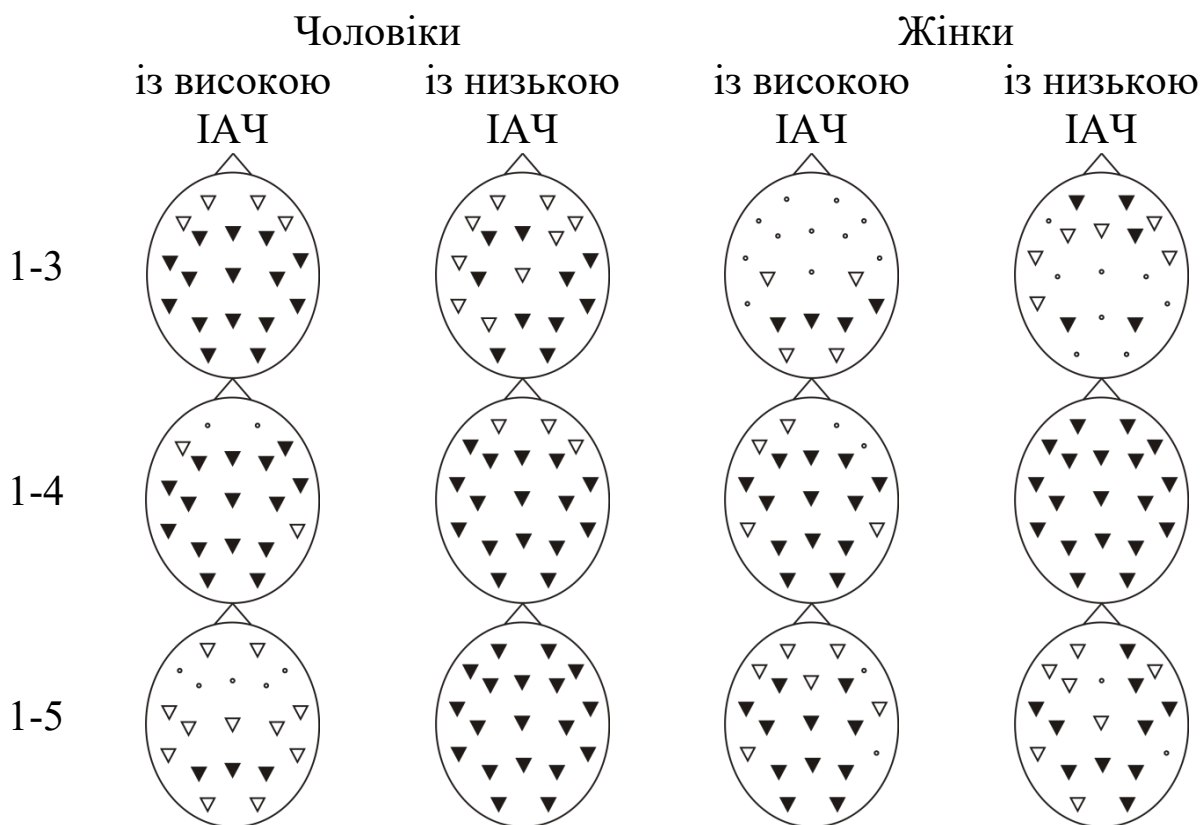
**Зміни потужності  $\alpha$ 2-коливань ЕЕГ.** В умовах *стискання і розтискання пальців* правої руки *без зусилля* в обстежуваних із високою ІАЧ виявлено зниження потужності коливань ЕЕГ в  $\alpha$ 2-піддіапазоні в лівих скроневій, центральній і тім'яній ділянках кори в чоловіків, у задній ділянці скроневої, тім'яній і потиличній ділянках – у жінок порівняно зі станом спокою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 27). Чоловіків із низькою ІАЧ характеризує генералізоване зниження потужності  $\alpha$ 2-ритму в корі. У жінок цієї групи зміни більш локальні й відзначено в правих тім'яній і задній лобовій, лівій задній скроневій ділянках ( $p \leq 0,05$ ).



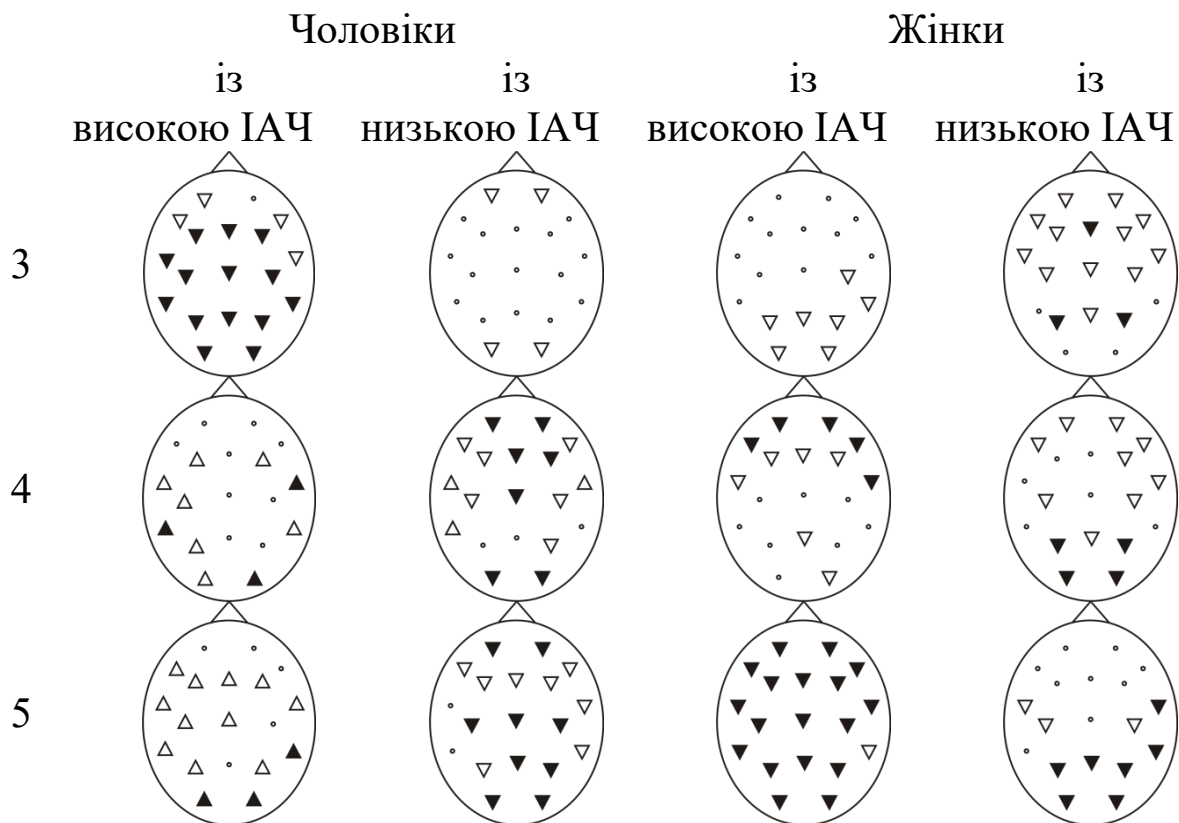
**Рис. 27.** Зміни потужності  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Під час виконання завдання лівою рукою в усіх чоловіків установлено широку депресію  $\alpha 2$ -ритму в корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі спокоєм (рис. 28). У жінок із високою ІАЧ простежено локальне зниження потужності  $\alpha 2$ -ритму ЕЕГ у центральних, тім'яних і потиличних ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою подібні відмінності зареєстровано в лобових, скроневих і тім'яних ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Діяльність лівою рукою в обох статевих групах супроводжує поглиблення і зростання генералізованості депресії  $\alpha 2$ -ритму ЕЕГ порівняно з правою рукою (рис. 29). У чоловіків із високою ІАЧ така закономірність поширена в корі, з низькою  $\alpha$ -частотою – локалізована в симетричних передніх лобових і потиличних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ). У жінок із високою ІАЧ порівняне зниження потужності  $\alpha 2$ -ритму під час роботи лівою рукою встановлено в тім'яно-потиличному відділі та правопівкульових центральній і задній скроневій ділянках ( $p \leq 0,05$ ). У жінок із низькою ІАЧ відзначено широке зниження показників у корі ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 28.** Зміни потужності  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



**Рис. 29.** Вплив латеральності працюючої руки на потужність  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних



*Почергові рухи пальцями* правої руки в усіх обстежуваних відзначає вагоме зниження потужності  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ у корі ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном (рис. 27). Водночас, у жінок із високою ІАЧ виявлено збільшення показників у передніх і латеральних лобових ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у фоні.

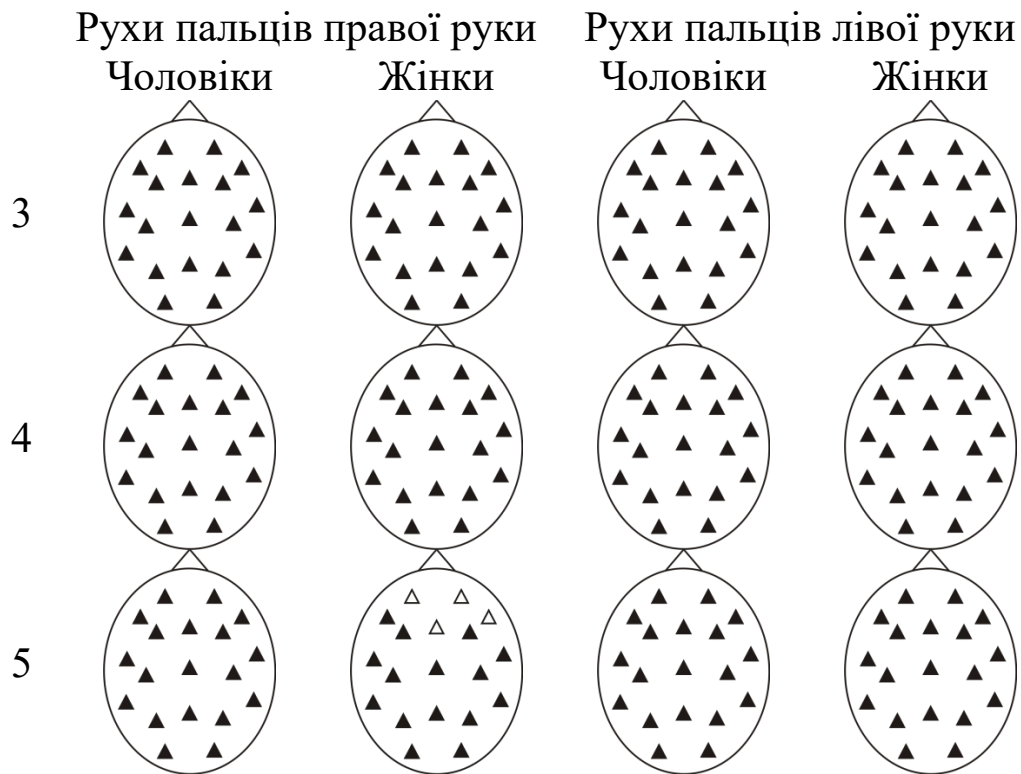
Реалізацію завдання лівою рукою в усіх обстежуваних супроводжує вагоме й генералізоване зниження потужності  $\alpha 2$ -хвиль ЕЕГ у корі порівняно з фоном ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 28). Означена закономірність більш виражена у жінок і чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою. В умовах роботи лівою рукою в чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок виявлено нижчі показники, ніж правою рукою ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ). У чоловіків із високою ІАЧ у симетричних задніх лобових, потиличних, скроневих та лівих центральній і тім'яній ділянках, а також у чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою в скроневих частках відзначено більшу потужність  $\alpha 2$ -ритму ЕЕГ, ніж під час роботи правою рукою,  $p \leq 0,05$  (рис. 29).

*Стискання і розстискання пальців* правої руки із силовим навантаженням в чоловіків із високою ( $p \leq 0,001$ ) і низькою ( $p \leq 0,05$ ) ІАЧ призводить до генералізованого зниження потужності  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ у корі, у жінок із низькою ІАЧ – у лобовій та скроневій частках ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 27).

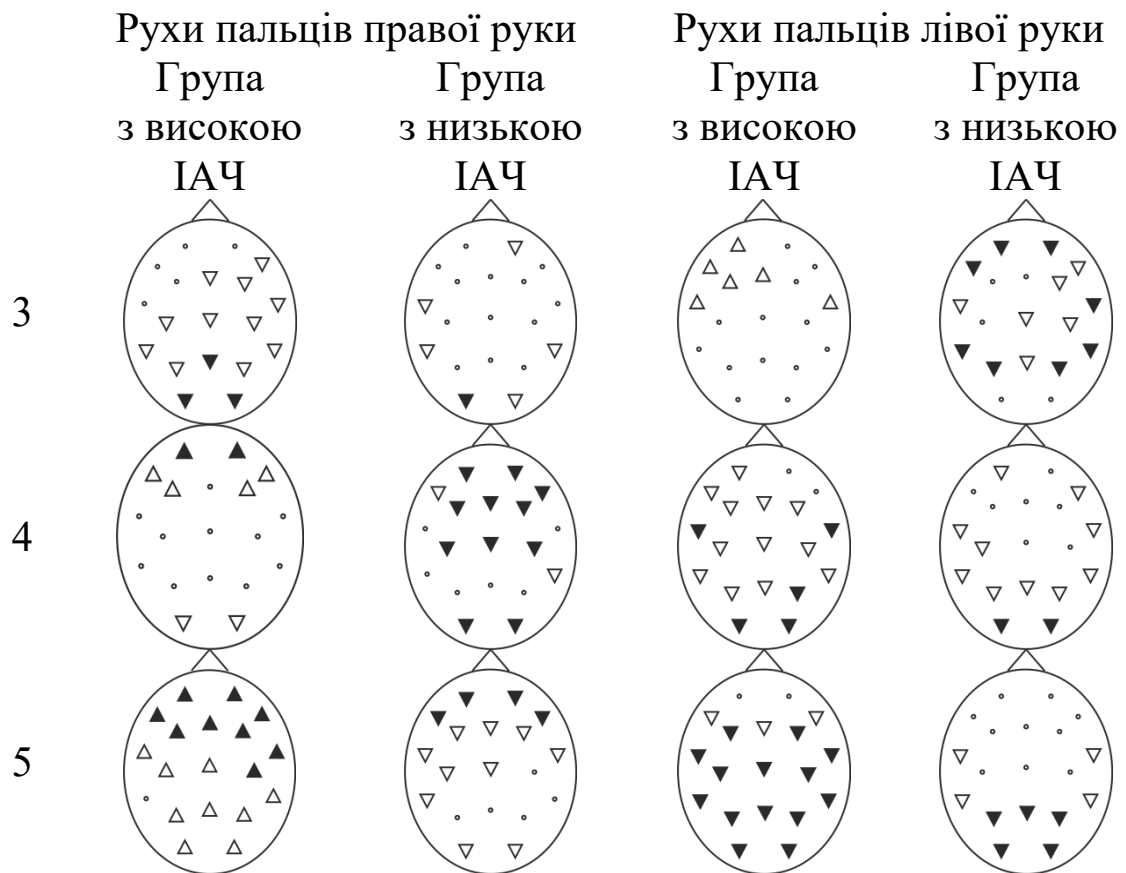
Виконання завдання лівою рукою супроводжується зниженням потужності  $\alpha 2$ -хвиль по всьому скальпу в усіх обстежуваних ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном (рис. 28). У чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок така динаміка більш генералізована і значуща ( $p \leq 0,05$ ). Зареєстрована більш значуща блокування потужності  $\alpha 2$ -піддіапазону ЕЕГ в корі у чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж правою рукою. У чоловіків із високою ІАЧ встановлено порівняно вищі показники,  $p \leq 0,05$  (рис. 29).

*Міжгрупові відмінності.* Під час мануальної моторики обстежувані з низькою ІАЧ відзначаються вагомим переважанням потужності  $\alpha 2$ -хвиль ЕЕГ, ніж у чоловіків та жінок із високою ІАЧ ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 30).

Усі жінки характеризуються нижчою потужністю  $\alpha 2$ -ритму порівняно із чоловіками ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). За умови виконання завдань лівою рукою в жінок із високою ІАЧ встановлено вищі ( $p \leq 0,05$ ), з низькою  $\alpha$ -частотою – нижчі показники в корі ( $p \leq 0,05$ ), ніж у чоловіків (рис. 31).

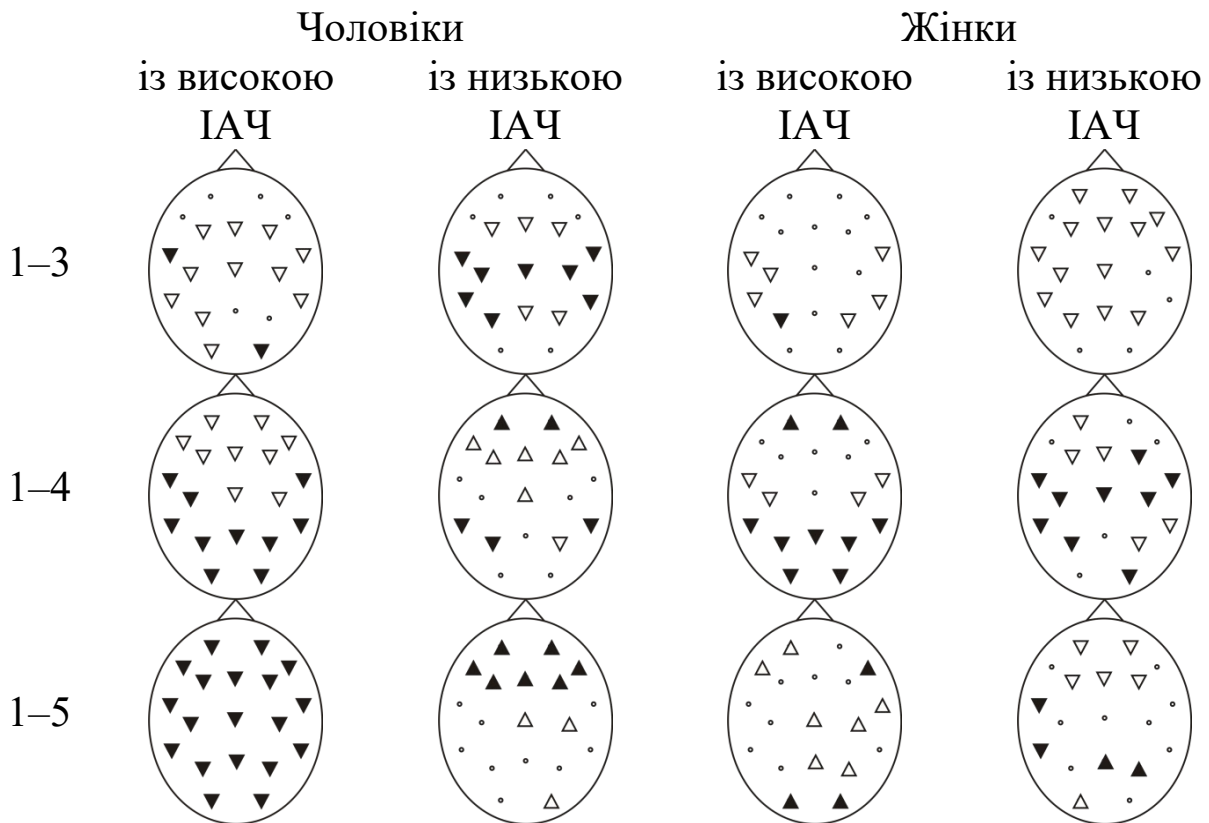


**Рис. 30.** Міжгрупові відмінності потужності  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності



**Рис. 31.** Статеві відмінності потужності  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах

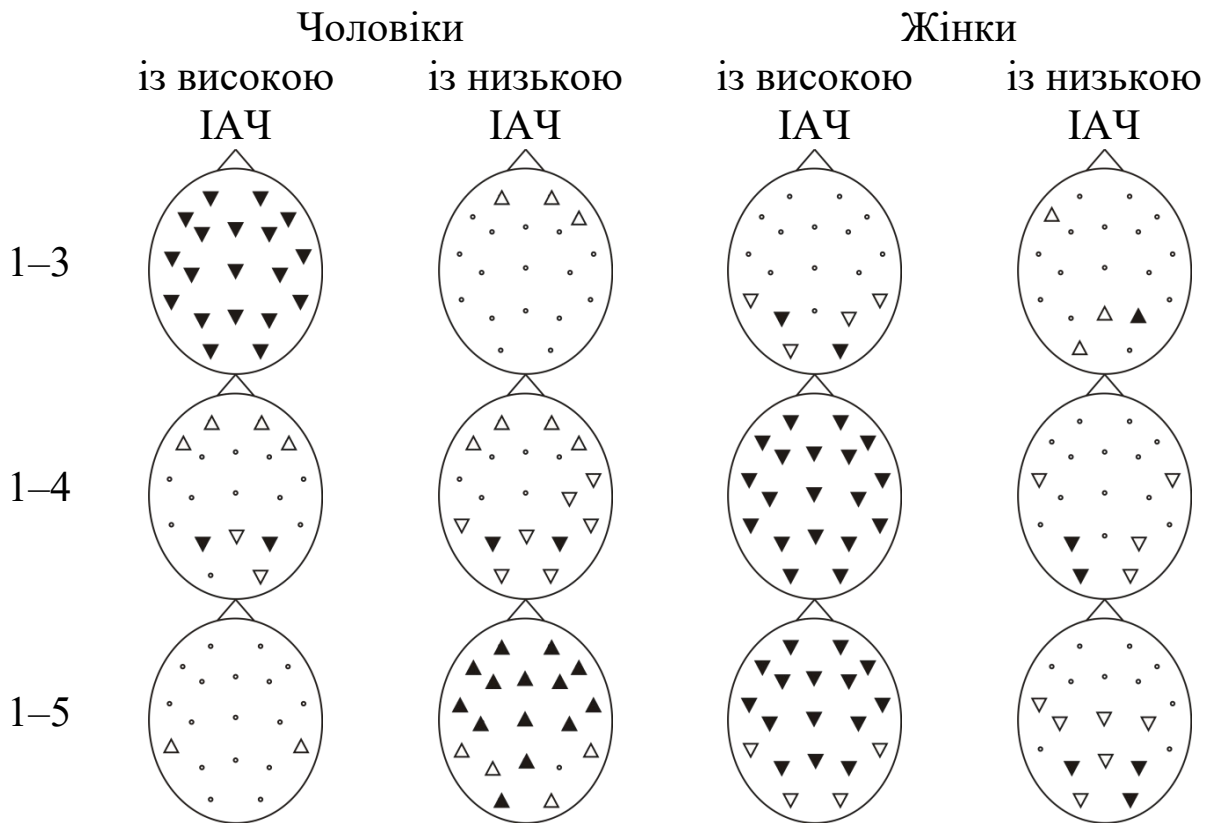
**Зміни потужності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ.** В умовах *стискання і розтискання пальців* правої руки без зусилля в усіх обстежуваних, особливо з низькою ІАЧ, установлено зниження потужності  $\alpha 3$ -активності ЕЕГ порівняно з фоном ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 32).



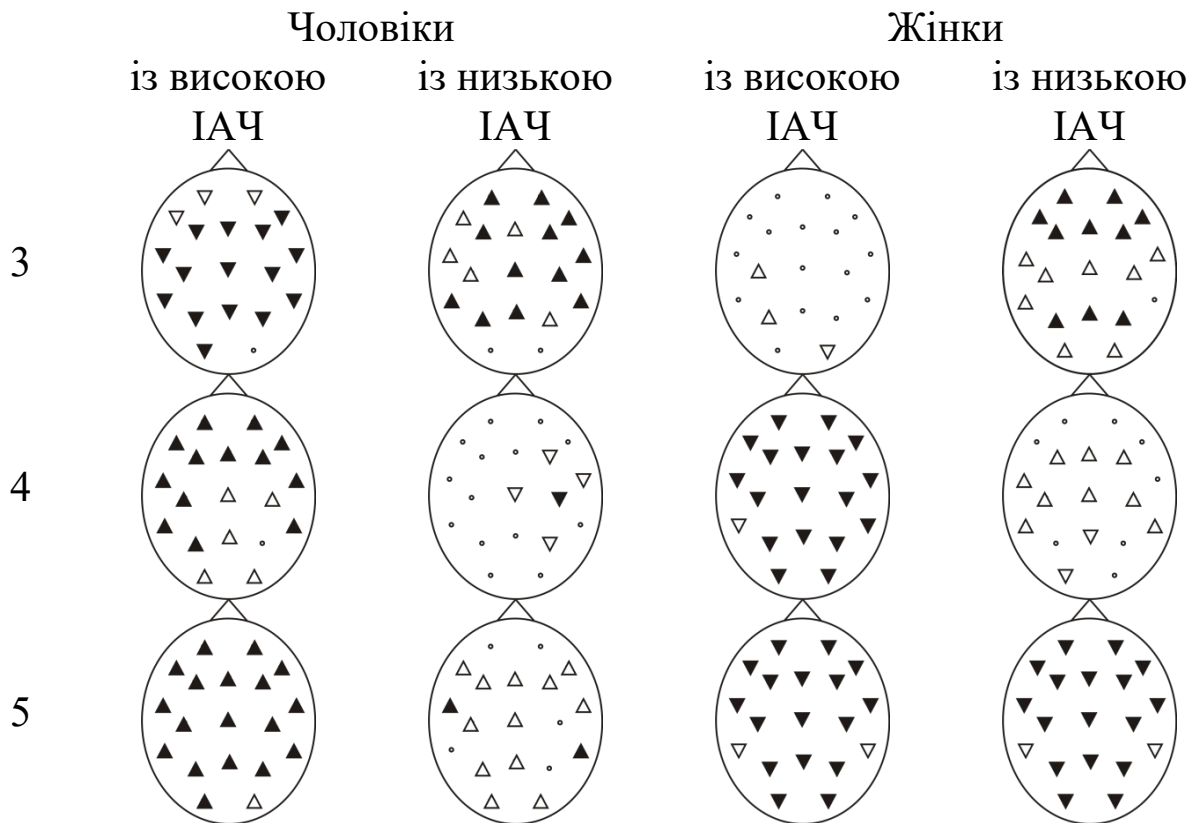
**Рис. 32.** Зміни потужності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Під час роботи лівою рукою в обстежуваних із високою ІАЧ зафіксовано зниження потужності  $\alpha 3$  ритму ЕЕГ порівняно з фоном (рис. 33). У чоловіків воно вагоме й генералізоване ( $p \leq 0,001$ ), у жінок – менш значуще й локалізується в симетричних задніх скроневих, тім'яних і потиличних відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ).

В осіб із низькою  $\alpha$ -частотою відзначено зростання  $\alpha 3$ -потужності: у чоловіків – у лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ), у жінок – у тім'яно-потиличній ділянці ( $p \leq 0,05$ ). У групі з високою ІАЧ у чоловіків установлено збільшення депресії  $\alpha 3$ -ритму ЕЕГ по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ), у жінок – у правій потиличній ділянці ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з правою рукою (рис. 34). В усіх осіб із низькою ІАЧ генералізовано ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) і в жінок із високою ІАЧ локально в лівій центрально-тім'яній ділянці ( $p \leq 0,05$ ) потужність  $\alpha 3$ -ритму вища, ніж під час роботи правою рукою.



**Рис. 33.** Зміни потужності  $\alpha$ -коливаль ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



**Рис. 34.** Вплив латеральності працюючої руки на потужність  $\alpha$ -коливаль ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

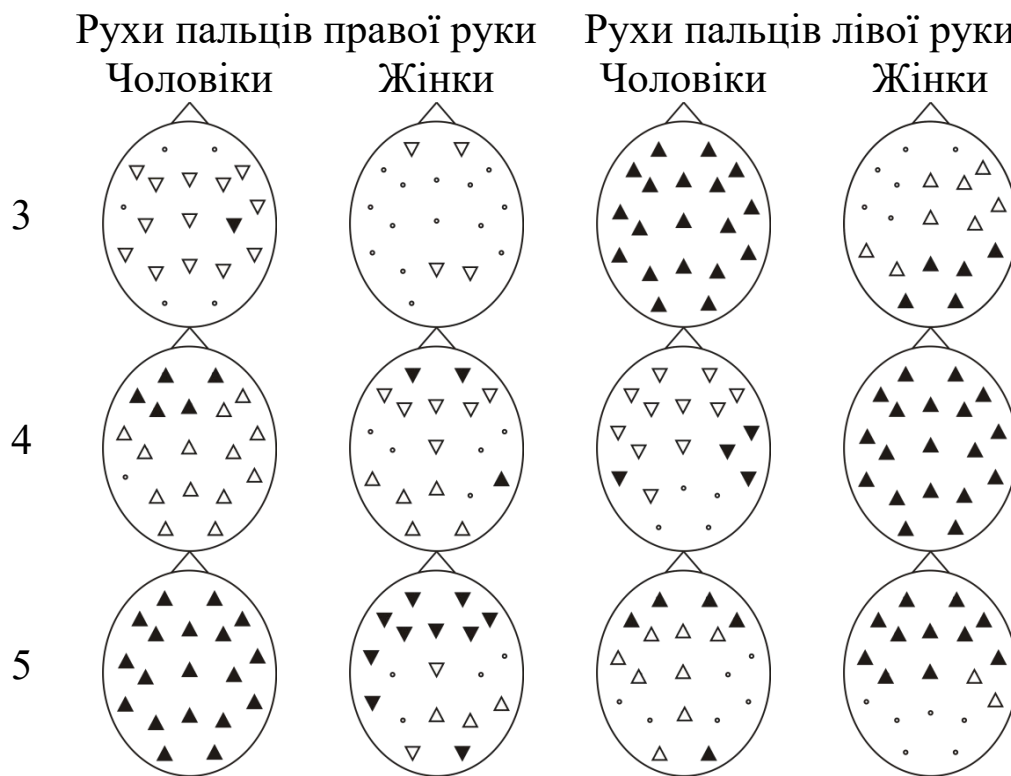
*Почергові рухи пальцями* правої руки в усіх обстежуваних приводять до зменшення потужності  $\alpha 3$ -активності ЕЕГ порівняно зі станом спокою (рис. 32). У чоловіків із високою ІАЧ та жінок із низькою ІАЧ таку закономірність зафіксовано генералізовано ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), у чоловіків із низькою ІАЧ та жінок із високою ІАЧ – більш локально в задніх коркових структурах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою і в жінок із високою ІАЧ у лобових відведеннях зареєстровано порівняне зростання показників ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Виконання завдання лівою рукою в усіх чоловіків і жінок із низькою ІАЧ пов'язано зі зниженням потужності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ у тім'яних і потиличних ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) ділянках порівняно зі спокоєм (рис. 33). У жінок із високою  $\alpha$ -частотою відзначено вагомє зниження показників по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ). При цьому всі чоловіки характеризуються порівняним збільшенням потужності  $\alpha 3$ -хвиль у лобових ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ). Установлено переважання потужності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ загалом у корі ( $p \leq 0,001$ ) в чоловіків із високою ІАЧ, у задніх лобових, скроневих і центральних структурах – у жінок із низькою ІАЧ порівняно з правою рукою (рис. 34). У чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою простежено порівняно нижчі показники в правих лобових, скроневих, центральних і тім'яних ділянках ( $p \leq 0,05$ ), у жінок із високою ІАЧ – по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ).

*Мануальні рухи із силовим навантаженням* правою рукою в чоловіків із високою ІАЧ приводять до зниження потужності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ), у жінок із низькою ІАЧ – у лобових ( $p \leq 0,05$ ) та лівій скроневій ділянках ( $p \leq 0,001$ ), порівняно зі станом спокою (рис. 32). У чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок простежено збільшення показників у корі, передусім правої півкулі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою значущість таких змін більша в лобових ділянках, у жінок, особливо з низькою ІАЧ, – у тім'яно-потилічних ділянках.

Під час роботи лівою рукою в чоловіків зафіксовано зростання потужності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ в осіб із високою ІАЧ у задніх скроневих ділянках ( $p \leq 0,05$ ), із низькою ІАЧ – по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 33). Установлено зменшення показників загалом у корі ( $p \leq 0,001$ ) у жінок із високою ІАЧ, у центральних, тім'яних і потиличних ділянках – у жінок із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ). У всіх чоловіків зареєстровано вищу потужність  $\alpha 3$ -хвиль у корі, в усіх жінок – нижчу порівняно з виконанням завдання правою рукою (рис. 34).

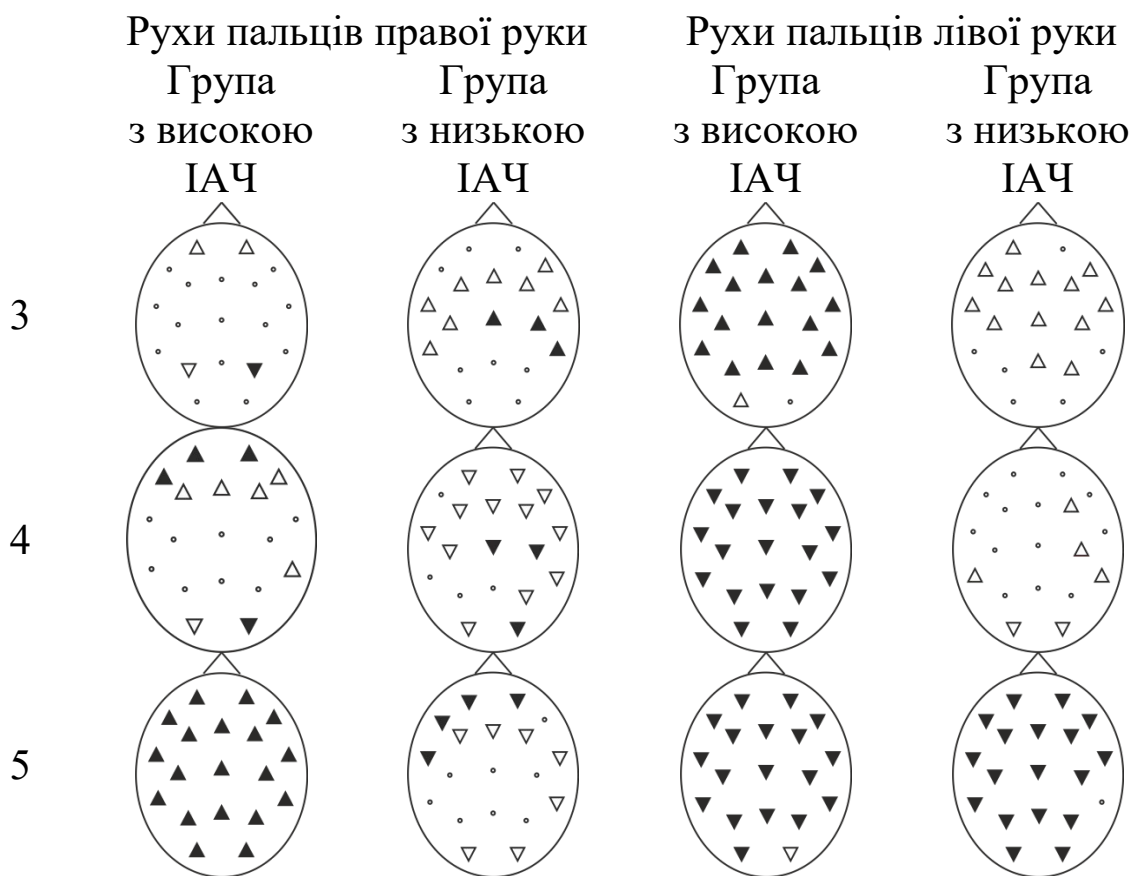
*Міжгрупові відмінності.* Усі обстежувані з низькою ІАЧ, особливо чоловіки, характеризуються нижчою потужністю  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ під час моторної діяльності без зусилля правою рукою порівняно з особами з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 35). Почергові рухи пальцями та мануальні рухи із силовим навантаженням, їх виконання лівою (неведучою) рукою загалом призводять до зворотної залежності – порівняного зростання показників в обстежуваних із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, за цих умов у жінок із низькою частотою під час роботи правою рукою в лобових ділянках, у чоловіків цієї групи під час діяльності зі зниженням стереотипності лівою рукою зафіксовано нижчі показники загалом у корі, ніж в обстежуваних із високою ІАЧ.



**Рис. 35. Міжгрупові відмінності потужності коливань ЕЕГ в  $\alpha 3$ -діапазоні під час рухів пальців**

У групі обстежуваних із високою ІАЧ у жінок відзначено нижчу потужність  $\alpha 3$ -активності ЕЕГ у корі, ніж у чоловіків ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 36). Водночас ускладнення завдання (почерговість рухів, силове навантаження) при його реалізації лівою рукою супроводжується переважанням показників у жінок ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У групі осіб із низькою ІАЧ у жінок простежено нижчу потужність  $\alpha 3$ -хвиль за умови фоностимуляції, почергових рухів пальцями та діяльності із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у чоловіків. Під час

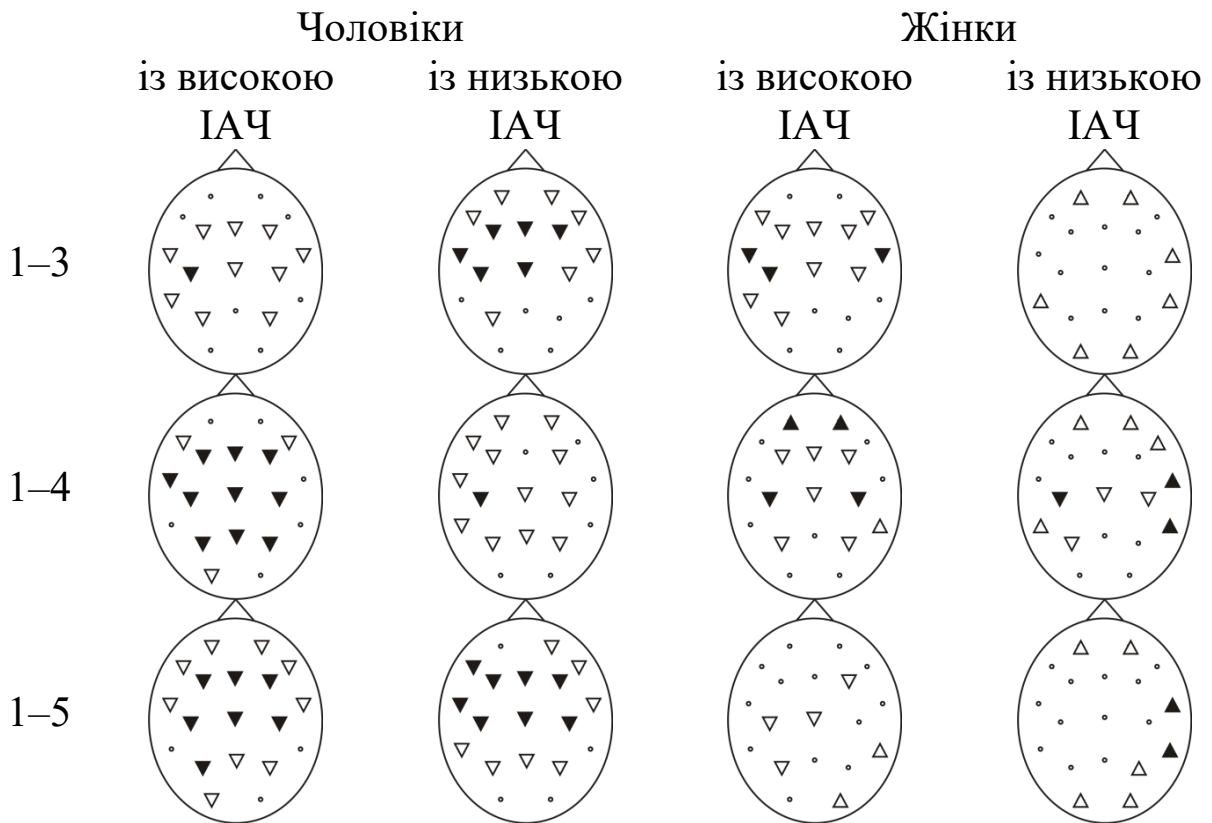
виконання рухів пальців без зусилля жінки цієї групи характеризуються порівно вищими показниками ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



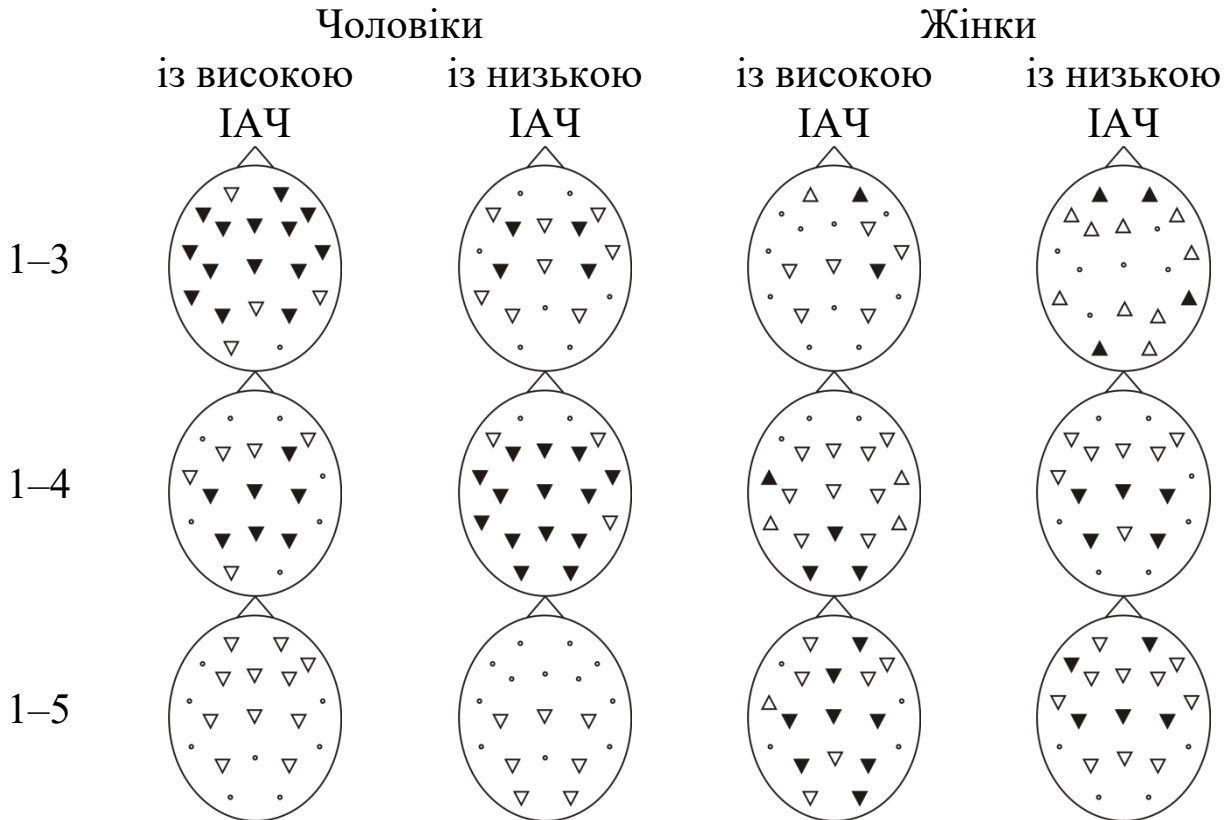
**Рис. 36.** Статеві відмінності потужності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах

**Зміни потужності  $\beta 1$ -коливань ЕЕГ.** Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля в усіх чоловіків та жінок із високою ІАЧ супроводжується зниженням потужності  $\beta 1$ -активності ЕЕГ у лобових, скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном (рис. 37). Значущість змін вища в лівій півкулі. У жінок із низькою ІАЧ виявлено порівняне збільшення показників у лобових, скроневих і потиличних ділянках обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ).

Виконання завдання лівою рукою було пов'язане зі збільшенням значущості й генералізованості в корі встановлених закономірностей ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 38). У жінок із високою ІАЧ у передніх лобових ділянках зафіксовано зростання показників ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном. В усіх чоловіків більшого значення набувають процеси блокування  $\beta 1$ -активності, у жінок – зростання її потужності ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з правою рукою (рис. 39).

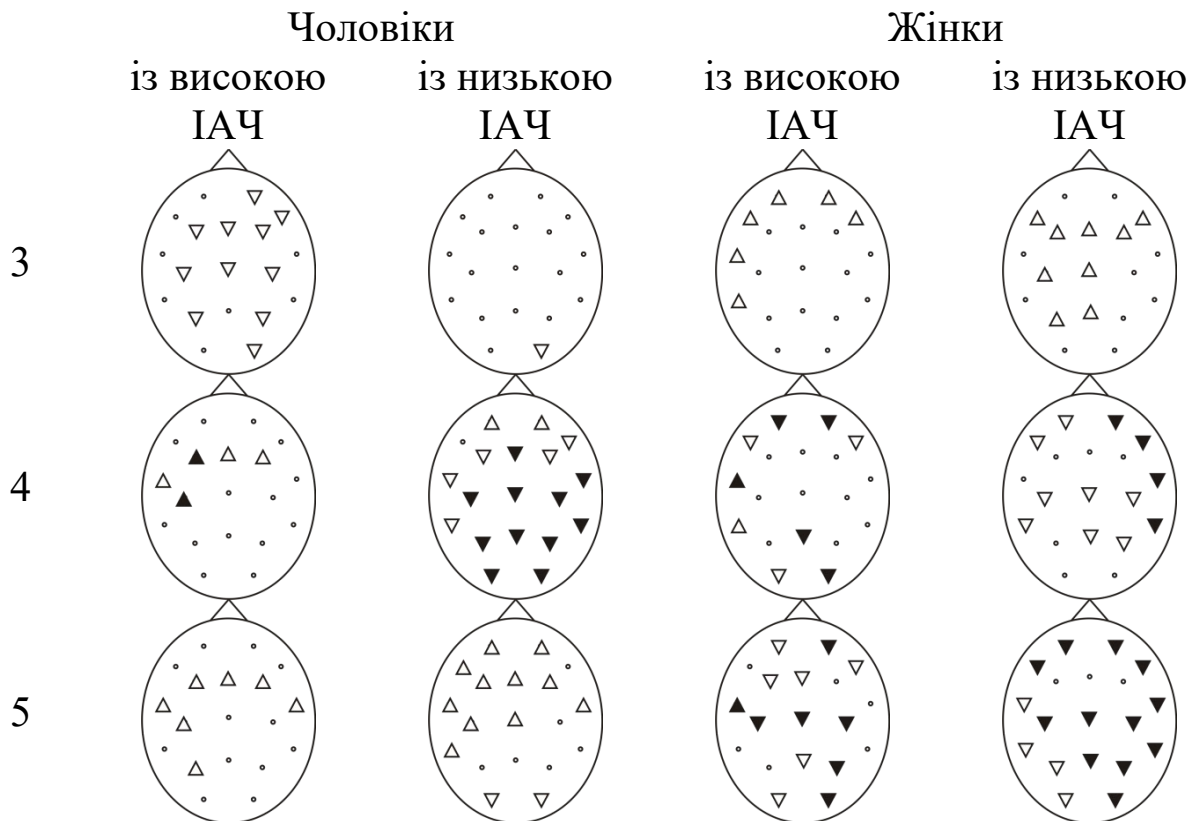


**Рис. 37.** Зміни потужності  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



**Рис. 38.** Зміни потужності  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою





**Рис. 39.** Вплив латеральності працюючої руки на потужність  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

Почергові рухи пальцями правої та лівої рук приводять до вагомого зменшення потужності  $\beta_1$ -ритму ЕЕГ в усіх обстежуваних порівняно зі станом спокою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 37, 38). Означена динаміка має більшу значущість у чоловіків, особливо з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ). Водночас, у всіх жінок, поряд із генералізованим зниженням показників у корі, відзначено їх локальне зростання в скроневих ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

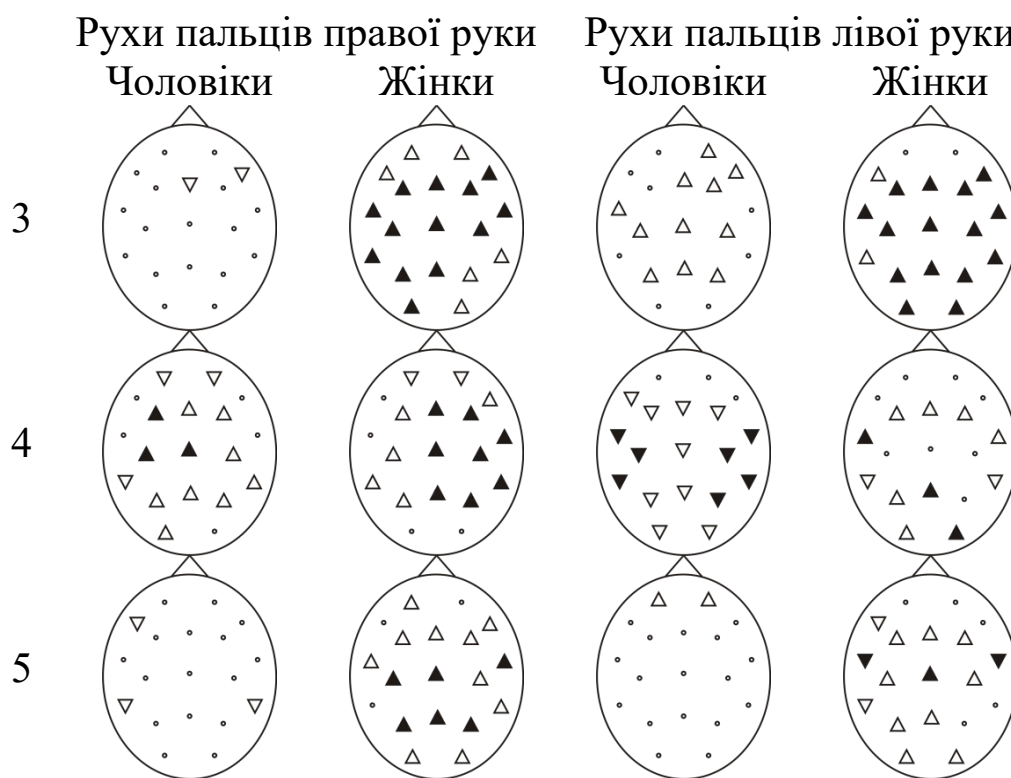
Виконання завдання лівою рукою в чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок супроводжує більше зниження потужності  $\beta_1$ -ритму в корі ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з правою рукою (рис. 39). У чоловіків із високою ІАЧ виявлено вищі показники в задній лобовій, лівій скроневій та центральній ділянках кори, у жінок цієї групи – у лівих скроневих відведеннях ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Застосування силового навантаження під час стискання і розтискання пальців правої руки призводить до депресії  $\beta_1$ -піддіпазону ЕЕГ у чоловіків загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), у жінок із високою ІАЧ – у правому задньому лобовому, лівих центральному і тім'яному відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 37). Водночас, у жінок із високою ІАЧ простежено зростання показників у правих

задній скроневій та потиличній ділянках ( $p \leq 0,05$ ), із низькою  $\alpha$ -частотою – у симетричних передніх лобових і потиличних, правих скроневій і тім'яній ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

В умовах роботи лівою рукою встановлене генералізоване зниження потужності  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ в усіх обстежуваних ( $p \leq 0,05$ ), особливо в жінок ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 38). Водночас, жінки із високою ІАЧ характеризуються порівняним зростанням показників у лівих скроневих відведеннях ( $p \leq 0,05$ ). У чоловіків зафіксовано вищу потужність  $\beta_1$ -хвиль ЕЕГ, передусім у передніх і скроневих ділянках ( $p \leq 0,05$ ), у жінок – більше блокування по всьому скальпу ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж під час роботи правою рукою (рис. 39).

*Міжгрупові відмінності.* Під час виконання мануальних рухів без зусилля правою рукою в лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ) і рухів із силовим навантаженням у лобових і задніх скроневих ділянках ( $p \leq 0,05$ ) чоловіки з низькою ІАЧ характеризуються нижчою потужністю  $\beta_1$ -активності порівняно з особами з високою ІАЧ (рис. 40). Виконання

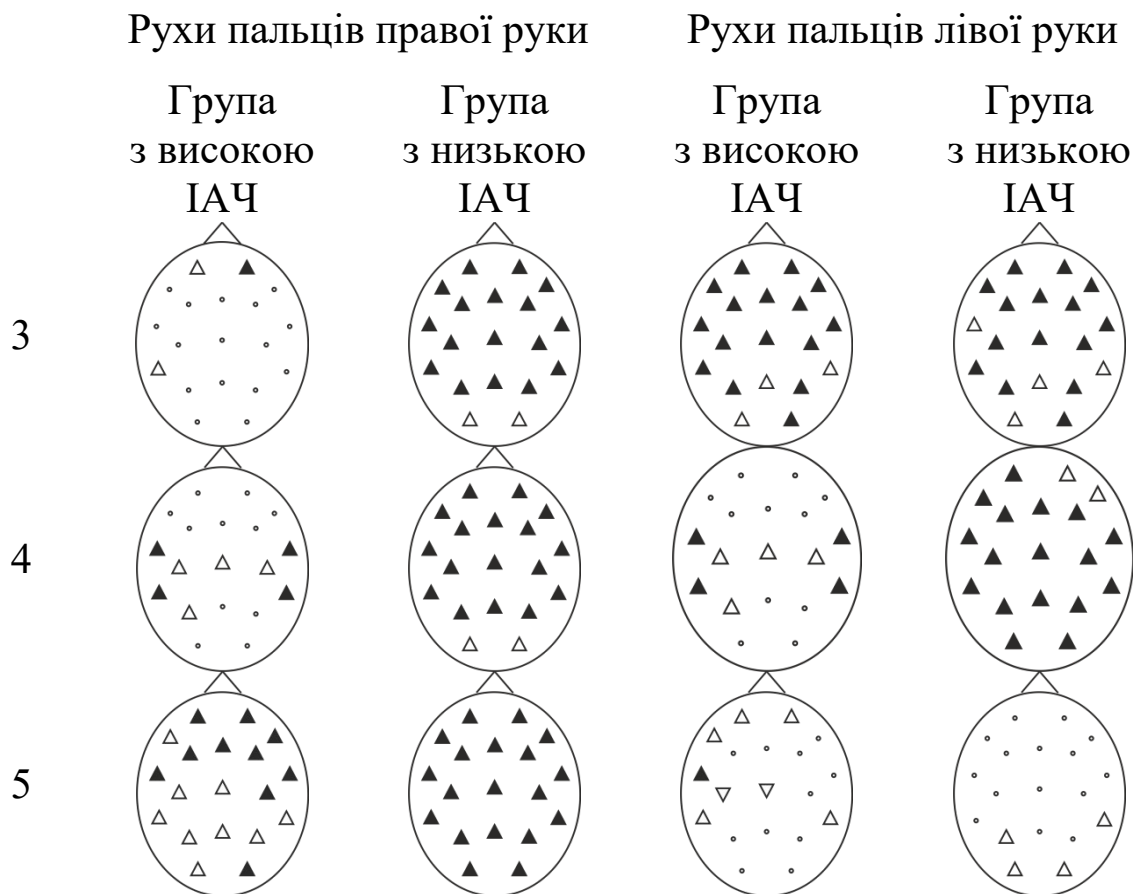


**Рис. 40.** Міжгрупові відмінності потужності коливань ЕЕГ в  $\beta_1$ -діапазоні під час рухів пальців

таких завдань лівою рукою супроводжує порівняне переважання показників у чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою. Під час почергових рухів пальцями правої руки в чоловіків із низькою ІАЧ відзначено зростання показників загалом у корі, лівою рукою – їх відповідне зниження

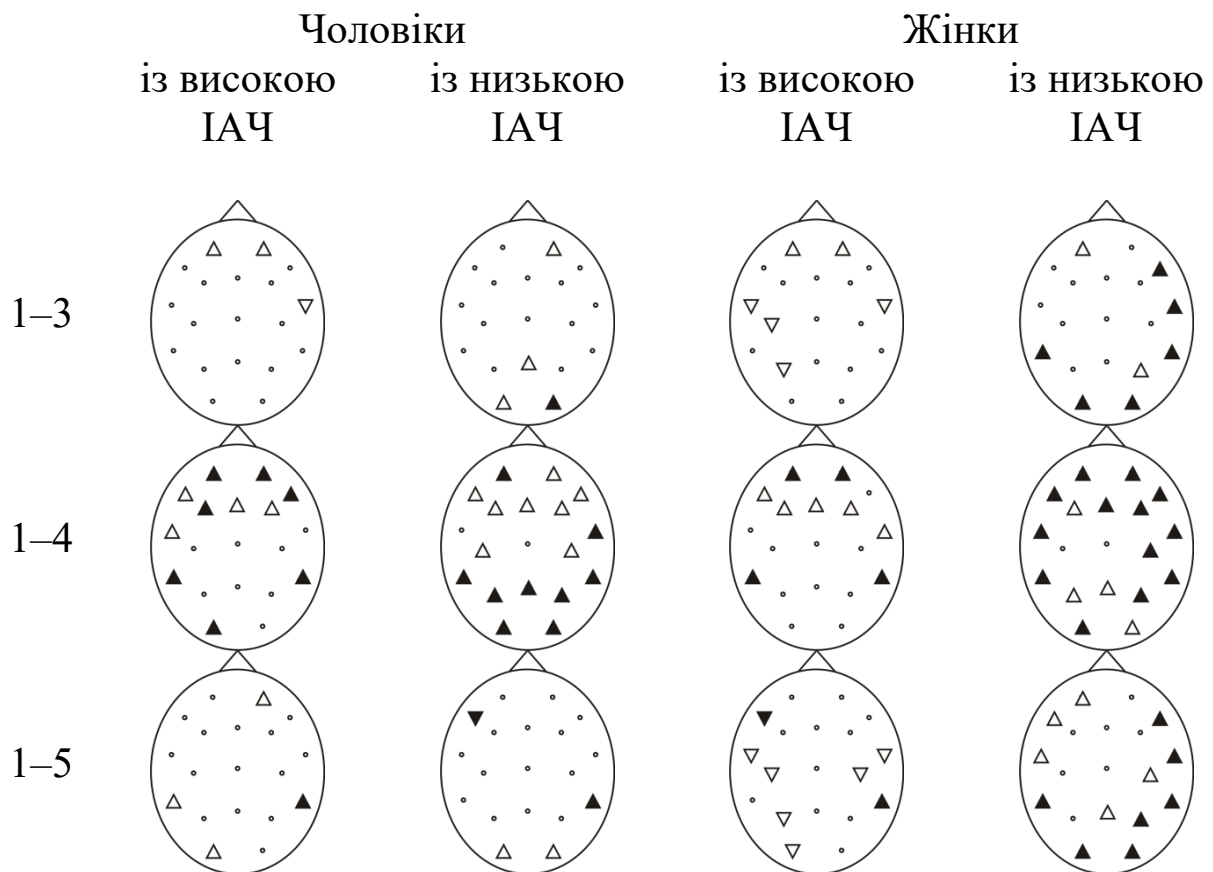
( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Жінки з низькою ІАЧ під час моторної діяльності відзначаються вагомим переважанням потужності  $\beta$ 1-коливань ЕЕГ порівняно з особами з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у скроневих ділянках виявлено порівняно нижчі показники ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Усі жінки, особливо з низькою ІАЧ, характеризуються вищою потужністю  $\beta$ 1-коливань ЕЕГ, ніж чоловіки під час мануальної моторики ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 41). Під час роботи лівою рукою значущість статевих відмінностей, особливо в осіб із високою ІАЧ, знижується.



**Рис. 41.** Статеві відмінності потужності  $\beta$ 1-коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах

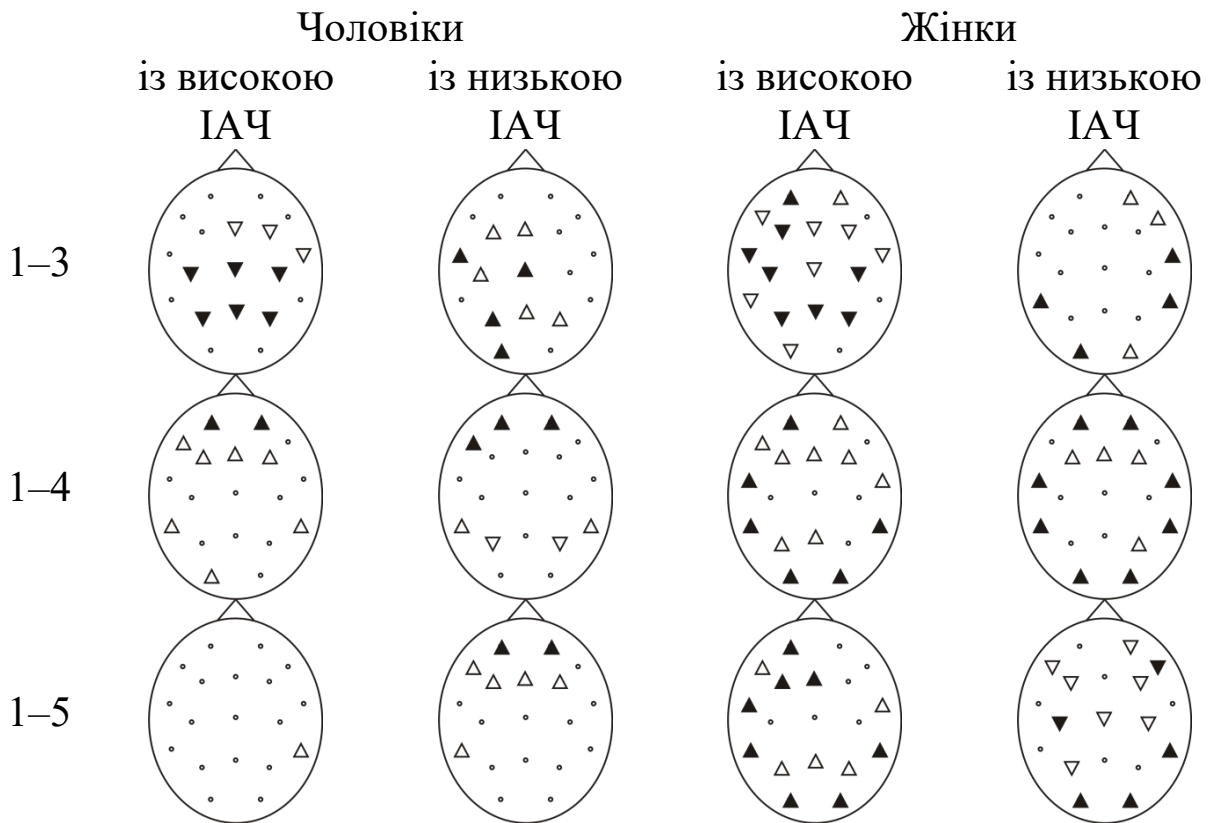
**Зміни потужності  $\beta$ 2-коливань ЕЕГ.** Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля в обстежуваних із високою ІАЧ пов'язано зі зростанням потужності  $\beta$ 2-піддіапазону ЕЕГ у передній лобовій та її зниженням у скроневій і центрально-тім'яній ділянках порівняно зі станом спокою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 42). В осіб із низькою ІАЧ виявлено порівняне зростання показників у лобовій, скроневій ітім'яно-потиличній ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



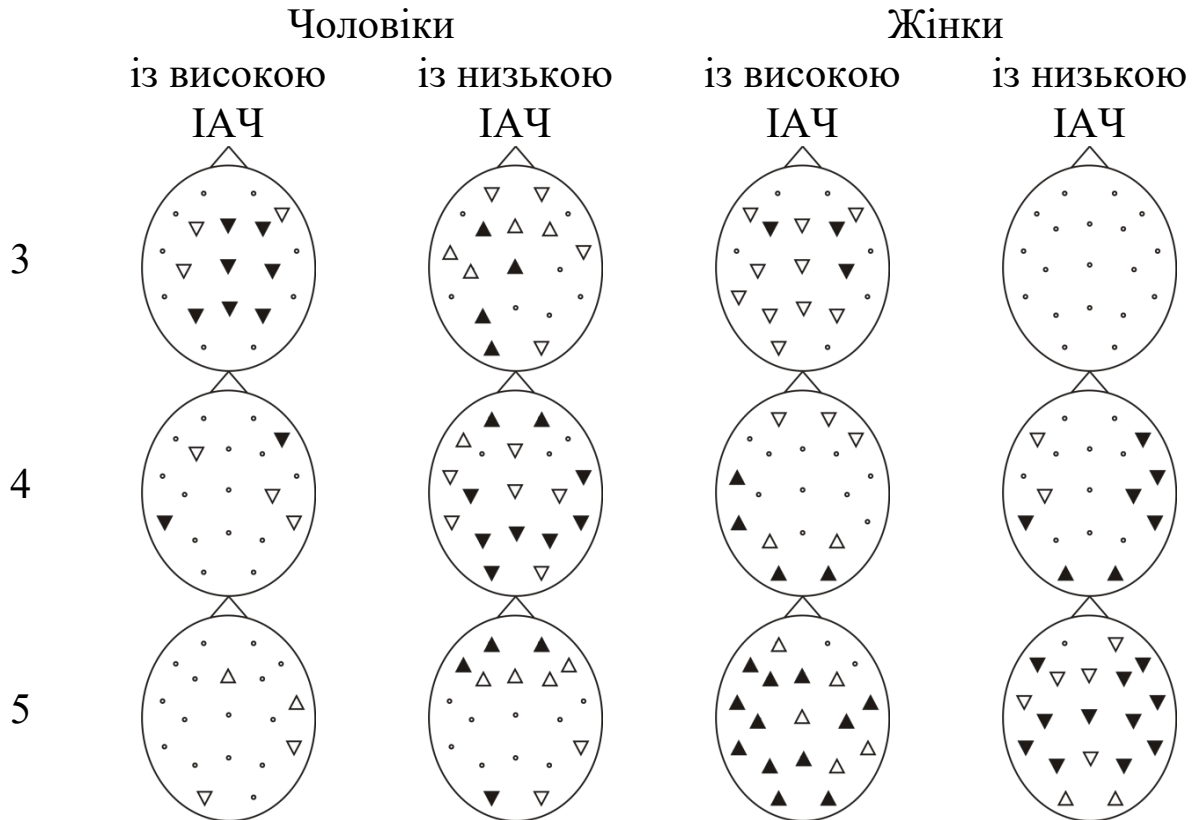
**Рис. 42.** Зміни потужності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Під час роботи лівою рукою в осіб із високою ІАЧ посилюється депресія  $\beta_2$ -коливань загалом у корі, в обстежуваних із низькою ІАЧ збільшення їх потужності порівняно з фоном (рис. 43). Під час роботи правою та лівою руками жінки відзначаються більшою генералізованою такими змін. У жінок із низькою ІАЧ діяльність правою та лівою руками не характеризується значущими відмінностями.

*Почергові рухи пальцями* правої та лівої рукою рук в усіх обстежуваних супроводжується генералізованим зростанням потужності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ у корі порівняно з фоном (рис. 42, 43). Такі зміни під час рухів правою рукою більш поширені в корі в осіб із низькою ІАЧ, лівою рукою – у жінок. Під час роботи лівою рукою в усіх обстежуваних зростання потужності  $\beta_2$ -ритму ЕЕГ в корі менш значуще ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж правою рукою (рис. 44). Водночас, у всіх жінок виявлено порівняно вищі показники в тім'яно-потиличних відділах кори, у чоловіків із низькою ІАЧ – у передніх лобових ділянках під час роботи лівою рукою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 43.** Зміни потужності  $\beta 2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

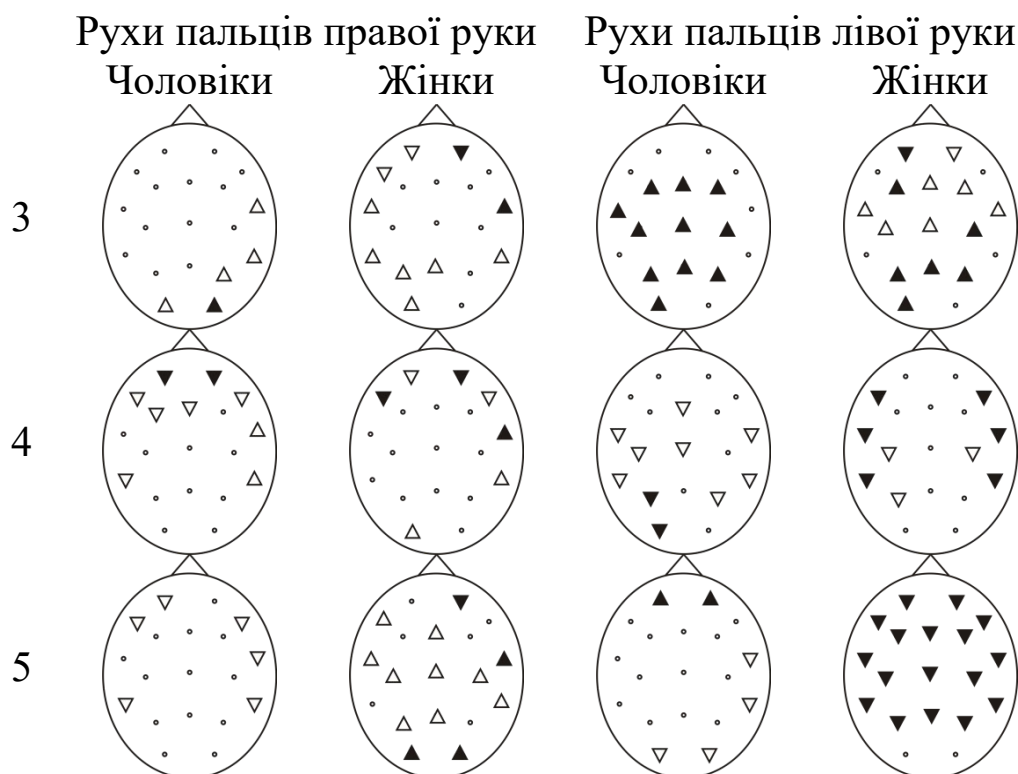


**Рис. 44.** Вплив латеральності працюючої руки на потужність  $\beta 2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

*Застосування силового навантаження під час стискання і розтискання пальців* правої руки приводить до локального зростання потужності  $\beta$ 2-хвиль ЕЕГ у задніх відділах кори в усіх чоловіків ( $p \leq 0,05$ ), у правому задньому скроневому відведенні ( $p \leq 0,001$ ) – у жінок із високою ІАЧ, генералізованого – у жінок із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі спокоєм (рис. 42). У чоловіків із низькою ІАЧ виявлено порівняне зниження показників у лівій латеральній лобовій ділянці ( $p \leq 0,001$ ), у жінок із низькою ІАЧ – у латеральній лобовій, передніх скроневих, центральних, тім'яних і потиличних ділянках, переважно лівої півкулі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Під час роботи лівою рукою в усіх обстежуваних зафіксовано зростання потужності  $\beta$ 2-хвиль у корі, ніж у стані спокою (рис. 43). Означені відмінності більш поширені в корі та значущі в жінок із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), більш локальні в усіх чоловіків – у задній скроневої ділянці ( $p \leq 0,05$ ) та в жінок із низькою ІАЧ – у задніх скроневих і потиличних ділянках ( $p \leq 0,001$ ). Водночас, у жінок із низькою ІАЧ відзначено порівняне зниження показників у лобовій і центральній ділянках ( $p \leq 0,05$ ). В усіх чоловіків зареєстровано вищі показники в лобових та нижчі в задніх скроневих та потиличних ділянках кори, ніж під час роботи правою рукою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 44). Такі зміни більш значущі в осіб із низькою  $\alpha$ -частотою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У жінок із високою ІАЧ відзначено порівняне зростання показників по всьому скальпу, з низькою ІАЧ – відповідне їх зниження ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

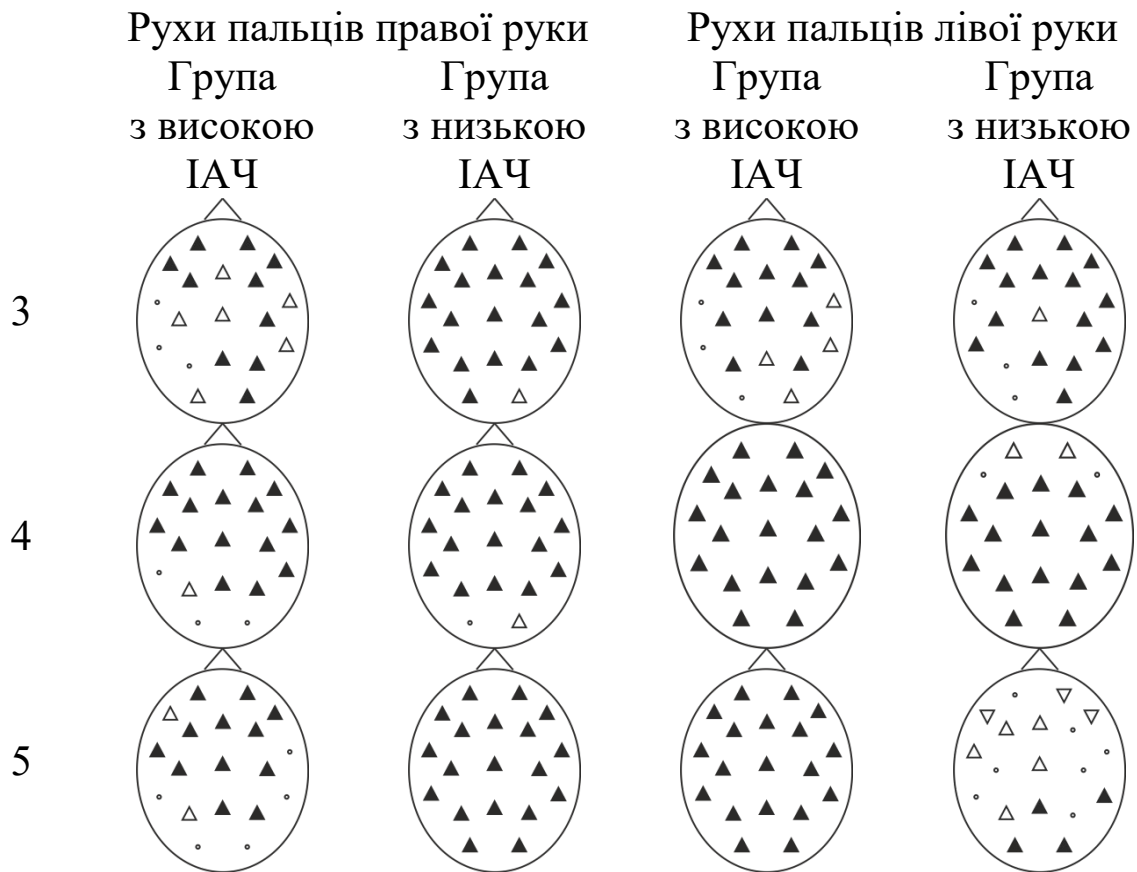
*Міжгрупові відмінності.* Особи з низькою ІАЧ характеризуються нижчими показниками загалом у корі під час почергових рухів пальцями, виконання рухів із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з обстежуваними з високою ІАЧ (рис. 45). Стискання і розтискання пальців без зусилля призводить до інверсії даних ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Значущість і поширеність означених відмінностей посилюється під час роботи лівою рукою. Жінки з низькою ІАЧ загалом відзначаються нижчими показниками в корі порівняно з особами з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у жінок із низькою  $\alpha$ -частотою під час моторної діяльності правою рукою виявлено порівняно вищі показники загалом у корі за умови застосування силового навантаження ( $p \leq 0,05$ ), у правій скроневої і лівій потиличній ділянках – під час почергових рухів пальцями.



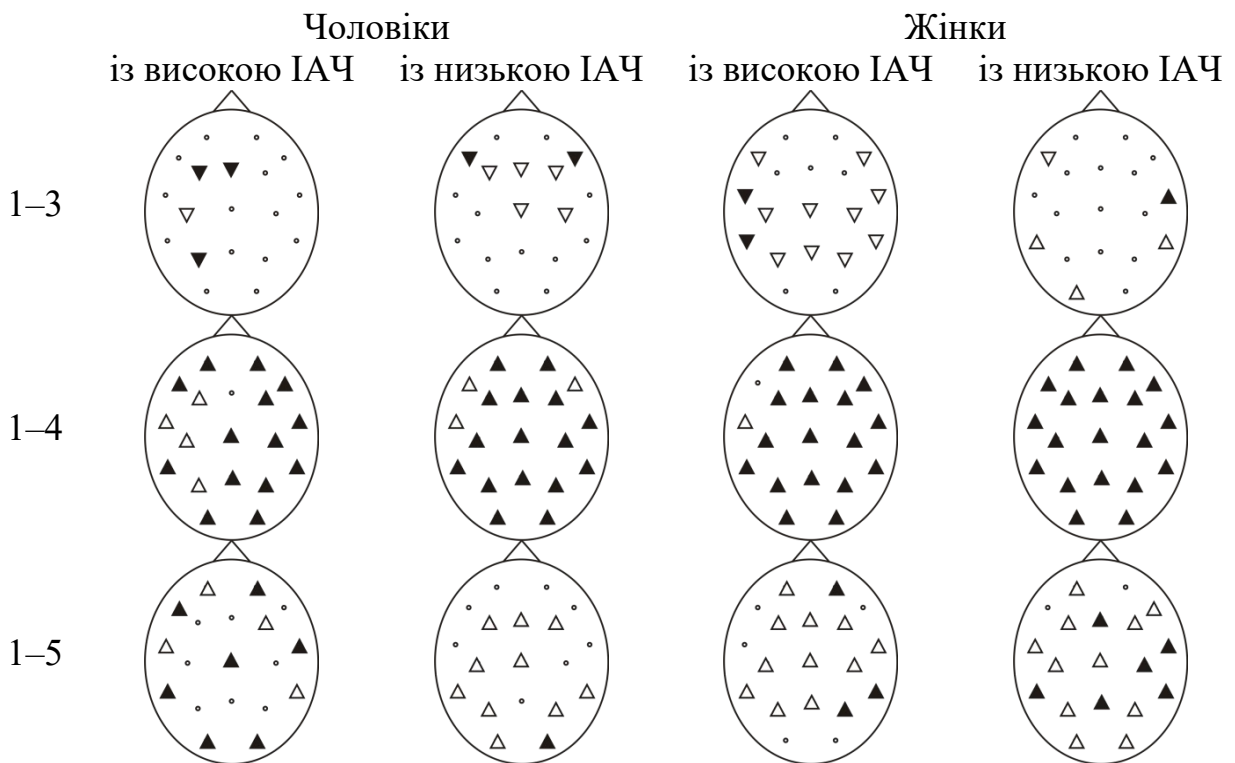
**Рис. 45. Міжгрупові відмінності потужності коливань ЕЕГ в  $\beta_2$ -діапазоні під час рухів пальців**

Усі жінки, особливо з низькою ІАЧ, відзначаються вищою потужністю  $\beta_2$ -активності ЕЕГ під час фоностимуляції та виконання мануальних рухів різного характеру, ніж чоловіки ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 46).

**Зміни потужності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ.** Під час *стискання і розтискання пальців* правої руки *без зусилля* в чоловіків із високою ІАЧ виявлено зниження потужності  $\gamma$ -діапазону ЕЕГ в лівих задній лобовій ( $p \leq 0,001$ ), центральній ( $p \leq 0,05$ ) та тім'яній ( $p \leq 0,001$ ) ділянках порівняно зі станом спокою (рис. 47). У чоловіків із низькою ІАЧ встановлено зниження потужності  $\gamma$ -хвиль ЕЕГ переважно в лобовій та центральній частках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$  та  $p \leq 0,001$ ). У жінок із високою  $\alpha$ -частотою простежено більш генералізоване зниження показників у латеральній лобовій, центральній, скроневій та тім'яній ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ). Значущість відмінностей більша в лівій скроневій ділянці ( $p \leq 0,001$ ). Жінкам із низькою ІАЧ властиве порівняне зростання потужності  $\gamma$ -діапазону ЕЕГ у симетричних скроневих та лівій потиличній ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ) та її зниження в лівій латеральній лобовій ділянці ( $p \leq 0,05$ ).



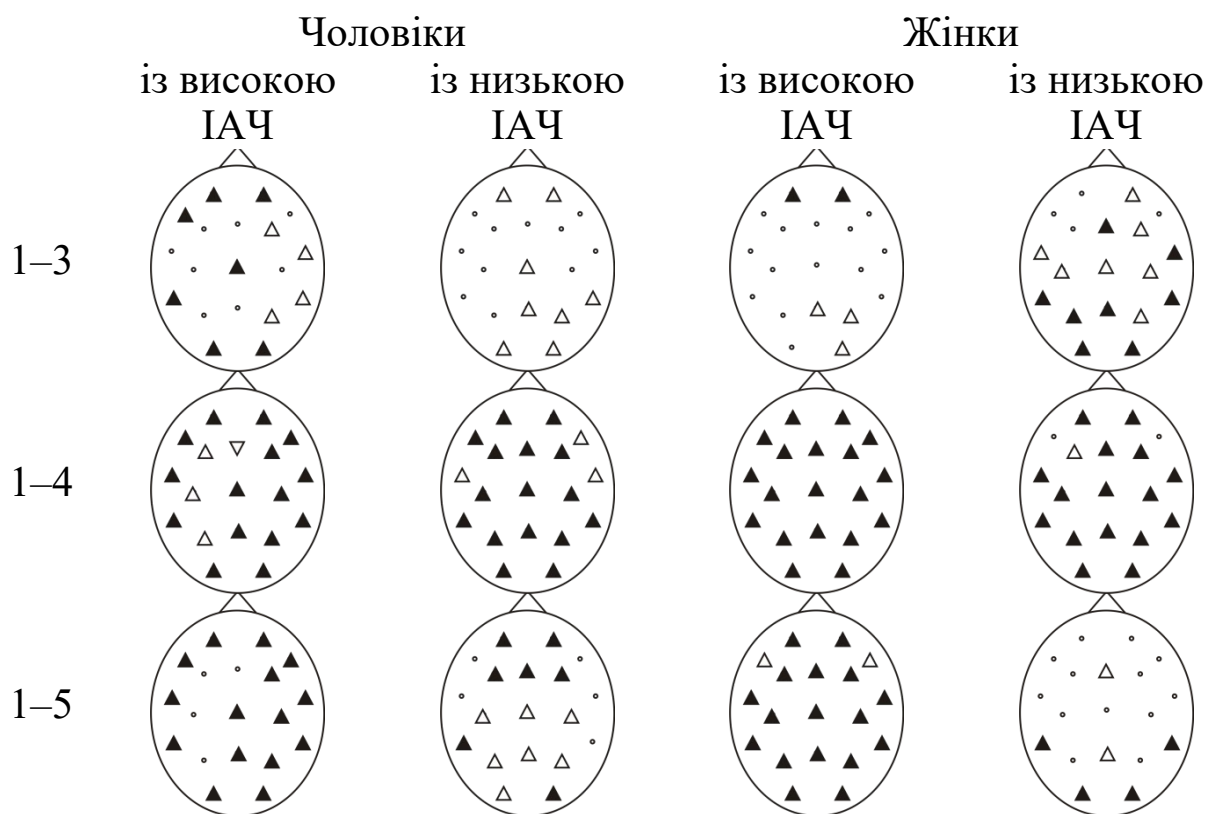
**Рис. 46.** Статеві відмінності потужності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах



**Рис. 47.** Зміни потужності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

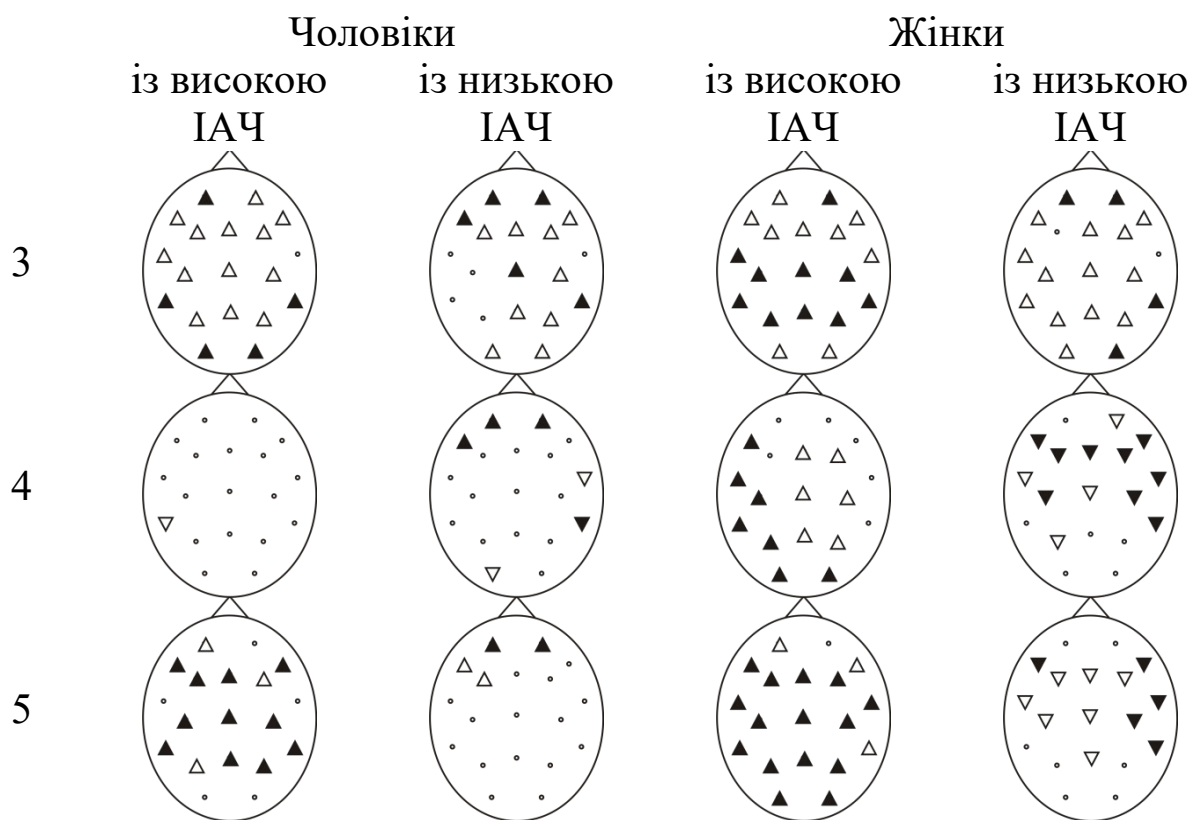


Під час реалізації завдання лівою рукою в усіх обстежуваних зафіксовано зростання потужності  $\gamma$ -коливаль ЕЕГ, переважно в лобних і задніх відділах кори ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 48). Означена закономірність більш значуща й поширена в корі у чоловіків із високою ІАЧ та в жінок із низькою  $\alpha$ -частотою. Робота лівою рукою в усіх обстежуваних характеризується вищою потужністю  $\gamma$ -коливаль ЕЕГ загалом у корі ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно з правою рукою (рис. 49).



**Рис. 48.** Зміни потужності  $\gamma$ -коливаль ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Під час *почергових рухів пальцями правої руки* простежується вагоме зростання потужності  $\gamma$ -хвиль ЕЕГ загалом у корі в усіх обстежуваних порівняно з фоном та мануальними рухами без зусилля ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 47). Під час роботи лівою рукою в чоловіків із високою ІАЧ виявлено локальне зниження потужності  $\gamma$ -активності ЕЕГ у лівій задній скроневій ділянці ( $p \leq 0,05$ ), із низькою ІАЧ – більш поширене зниження в правій скроневій і лівій потиличній ділянках ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно з правою рукою (рис. 49). Водночас, у чоловіків із низькою ІАЧ встановлено порівняне переважання показників у лобовій ділянці з акцентом на лівій півкулі ( $p \leq 0,001$ ). У жінок із високою ІАЧ простежено вищі показники, з низькою  $\alpha$ -частотою – нижчі загалом у корі ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ), ніж під час рухів правою рукою.



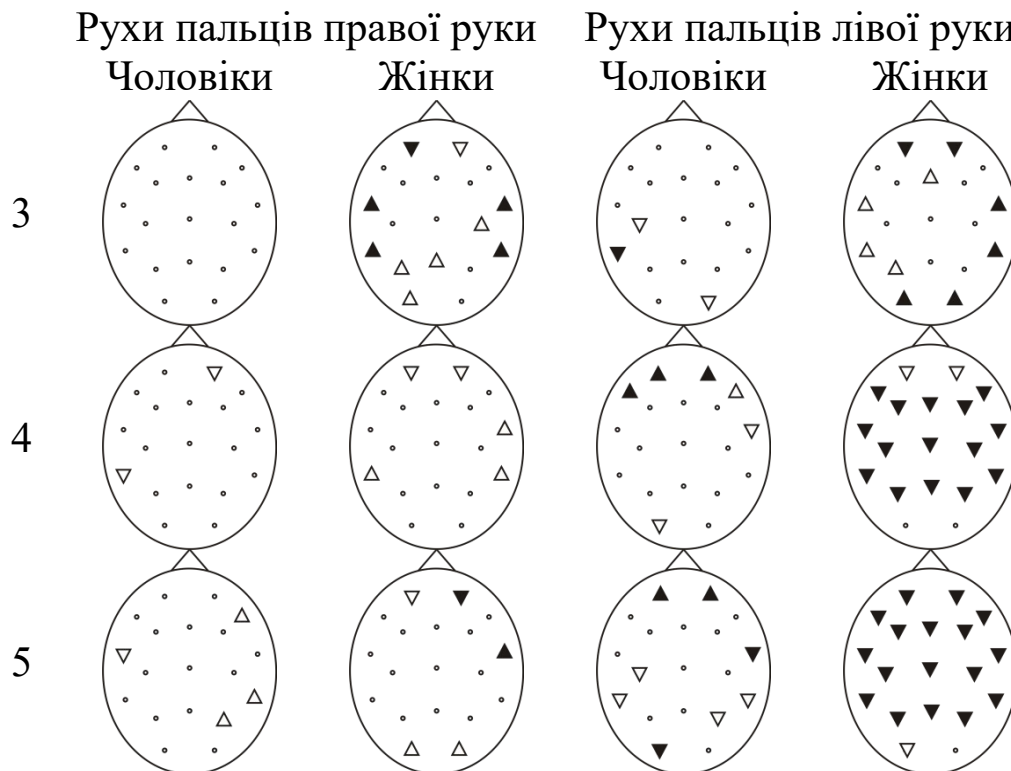
**Рис. 49.** Вплив латеральності працюючої руки на потужність  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

Стискання і розтискання пальців правої руки із силовим навантаженням у всіх обстежуваних супроводжує генералізоване зростання потужності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) в корі порівняно зі станом спокою (рис. 47).

Моторика лівою рукою у всіх чоловіків та жінок із високою ІАЧ приводить до генералізованого зростання потужності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ загалом у корі ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 48). Такі зміни мають вищу значущість та поширеність у корі в осіб із високою ІАЧ. У жінок із низькою ІАЧ зареєстровано локальне збільшення показників у задніх ( $p \leq 0,001$ ) та сагітальних ( $p \leq 0,05$ ) відділах кори порівняно зі станом спокою. Усі обстежувані з високою ІАЧ відзначаються вищою потужністю  $\gamma$ -діапазону ЕЕГ загалом у корі ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) під час роботи лівою рукою, порівняно з правою (рис. 49). У чоловіків із низькою ІАЧ така закономірність локальніша й фіксується в лобовій ділянці переважно лівої півкулі ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ). Натомість у правій задній скроневій ділянці зафіксовано зниження показників. У жінок із низькою ІАЧ виявлено порівняну депресію  $\gamma$ -хвиль ЕЕГ по всьому скальпу ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ).

*Міжгрупові відмінності.* За умови виконання рухів пальців правої руки без зусилля в чоловіків із різним рівнем ІАЧ не встановлено

значущих міжгрупових відмінностей (рис. 50). Жінки з низькою ІАЧ відзначаються переважанням показників у симетричних скроневих ( $p \leq 0,001$ ), правих тім'яній та потиличній ділянках ( $p \leq 0,05$ ) кори порівняно з особами з високою ІАЧ. Натомість, у передніх лобових відведеннях простежено порівняно нижчі показники ( $p \leq 0,05$ ). Рухи пальців лівої руки без зусилля в чоловіків із низькою ІАЧ характеризується нижчою потужністю діапазону ЕЕГ у правих центральній та задній скроневій ділянках, а також у правій потиличній ділянці, ніж в осіб із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ).



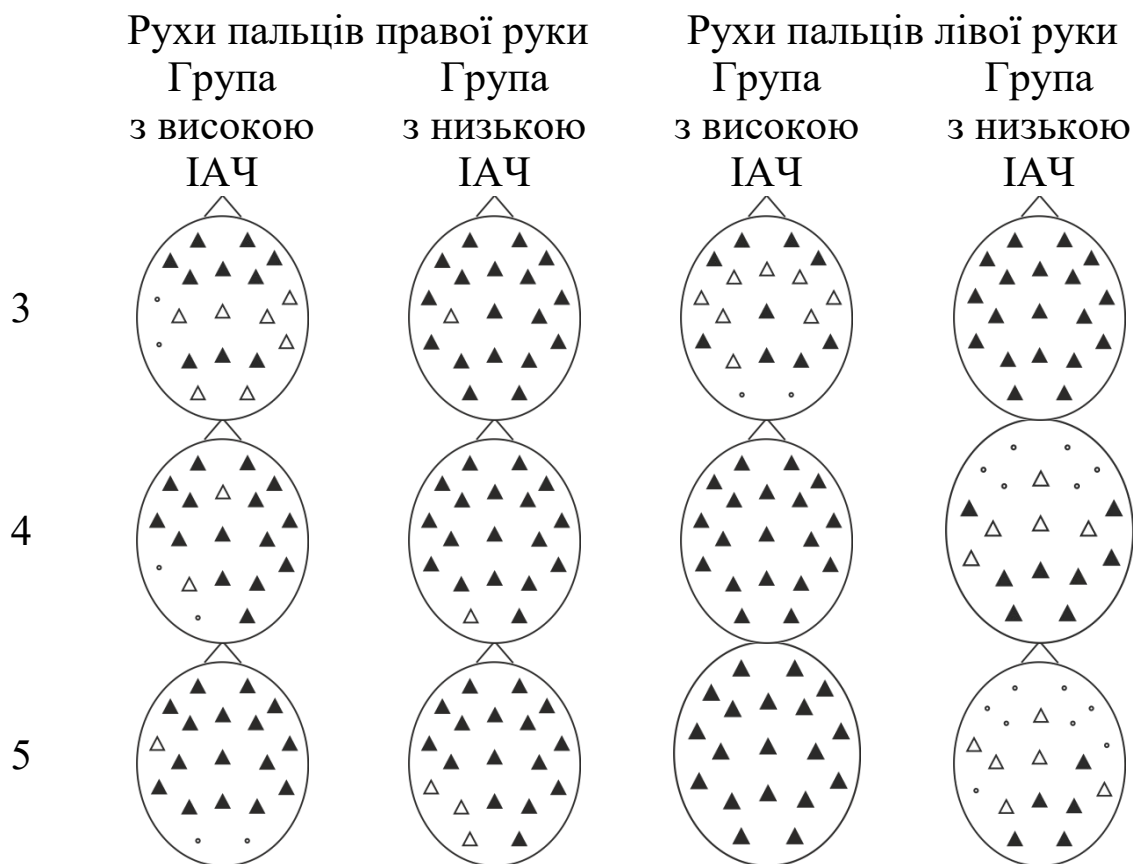
**Рис. 50. Міжгрупові відмінності потужності коливань ЕЕГ в  $\gamma$ -діапазоні під час рухів пальців**

У чоловіків із низькою ІАЧ відзначено нижчу потужність  $\gamma$ -діапазону в лівій передній лобовій та правій задній скроневій ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ), ніж у чоловіків із високою ІАЧ під час почергових рухів пальцями правої руки. У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою зареєстровано порівняно нижчі показники в симетричних передніх лобових ділянках, а також вищі – у скроневих відведеннях кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ).

У чоловіків із низькою ІАЧ під час рухів із силовим навантаженням правою рукою зафіксовано вищі показники у правій латеральній лобовій ділянці, нижчі – у правих задньому скроневому, тім'яному, лівому передньому скроневому відведеннях ( $p \leq 0,05$ ), ніж в осіб із високою ІАЧ. У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою вищі показники

встановлено в правій передній скроневій і симетричних потиличних ділянках кори, нижчі – у передніх лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) порівняно із жінками з високою ІАЧ. Виконання такого завдання лівою рукою в осіб із низькою ІАЧ супроводжують нижчі показники в скроневих та тім'яно-потиличних відділах ( $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) у всіх чоловіків та загалом у корі ( $p \leq 0,001$ ) – в усіх жінок порівняно з обстежуваними з високою ІАЧ. Водночас, у чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою в передніх лобових відведеннях зареєстровано порівняно вищі показники ( $p \leq 0,001$ ).

В усіх жінок, особливо з низькою  $\alpha$ -частотою, упродовж тестування простежено вищу потужність  $\gamma$ -коливань ЕЕГ загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками (рис. 51).



**Рис. 51.** Статеві відмінності потужності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах

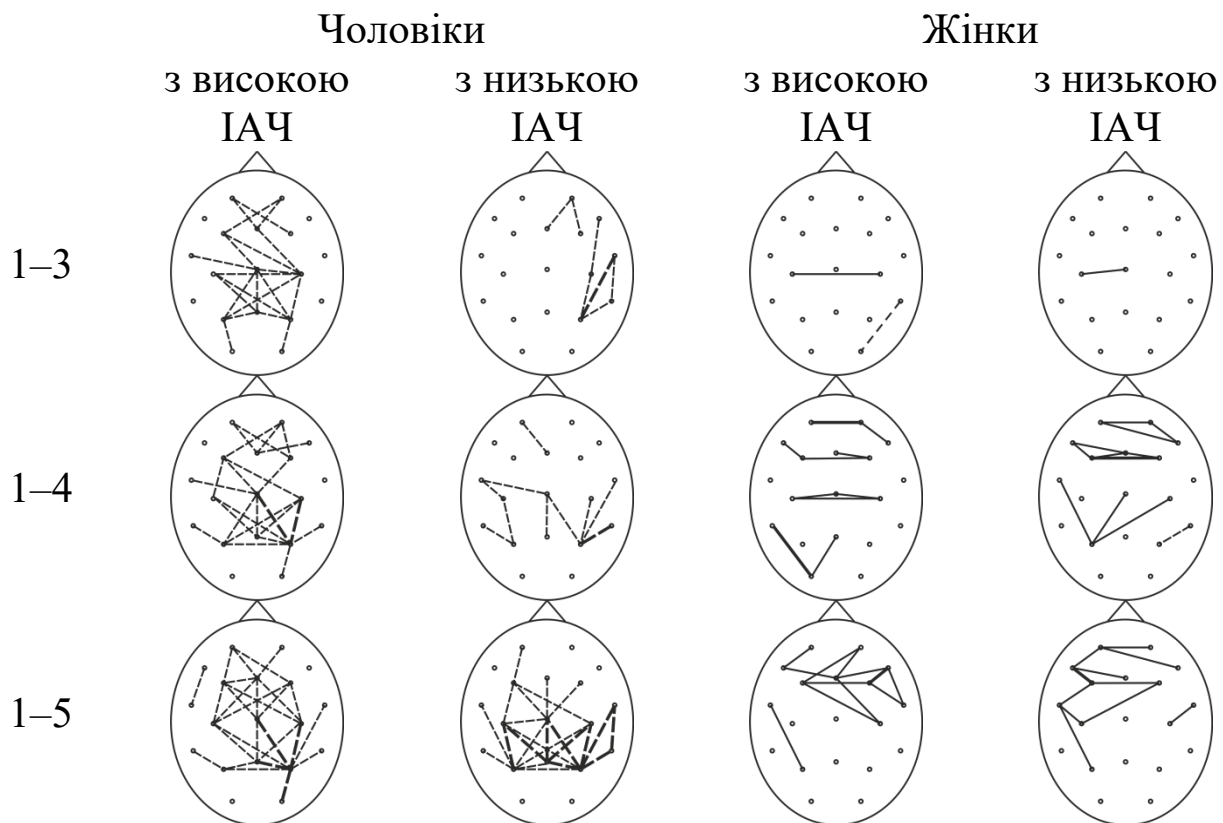
### **Зміни когерентності коливань ЕЕГ під час виконання рухів пальців у чоловіків та жінок із високою та низькою індивідуальною $\alpha$ -частотою**

Використання когерентного аналізу ЕЕГ дає змогу оцінити рівень просторової синхронізації нейронних ансамблів різних відділів кори однієї або протилежних півкуль під час формування функціональних

станів, пов'язаних із моторною діяльністю. Функціональну значущість спектрально-когерентного методу аналізу ЕЕГ було показано в роботах багатьох зарубіжних та вітчизняних учених [50, 84, 112, 117, 256]. Кількісним показником функції Коґ, який вираховують на основі Фур'є-перетворення, є коефіцієнт Коґ ( $r$ ), який варіює в діапазоні від 0 до +1. Чим вище значення коефіцієнта Коґ, тим тісніший функціональний зв'язок між активністю досліджуваних ділянок кори головного мозку.

У підрозділі проаналізовано зміни Коґ коливань у широкому частотному спектрі. Завершується підрозділ висновками.

Зміни когерентності коливань ЕЕГ в обстежуваних із високим і низьким рівнем  $\alpha$ -частоти під час фоностимуляції та виконання рухів пальців відображені на рис. 52–86.



**Рис. 52.** Зміни когерентності  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Примітки до рис. 52–86:

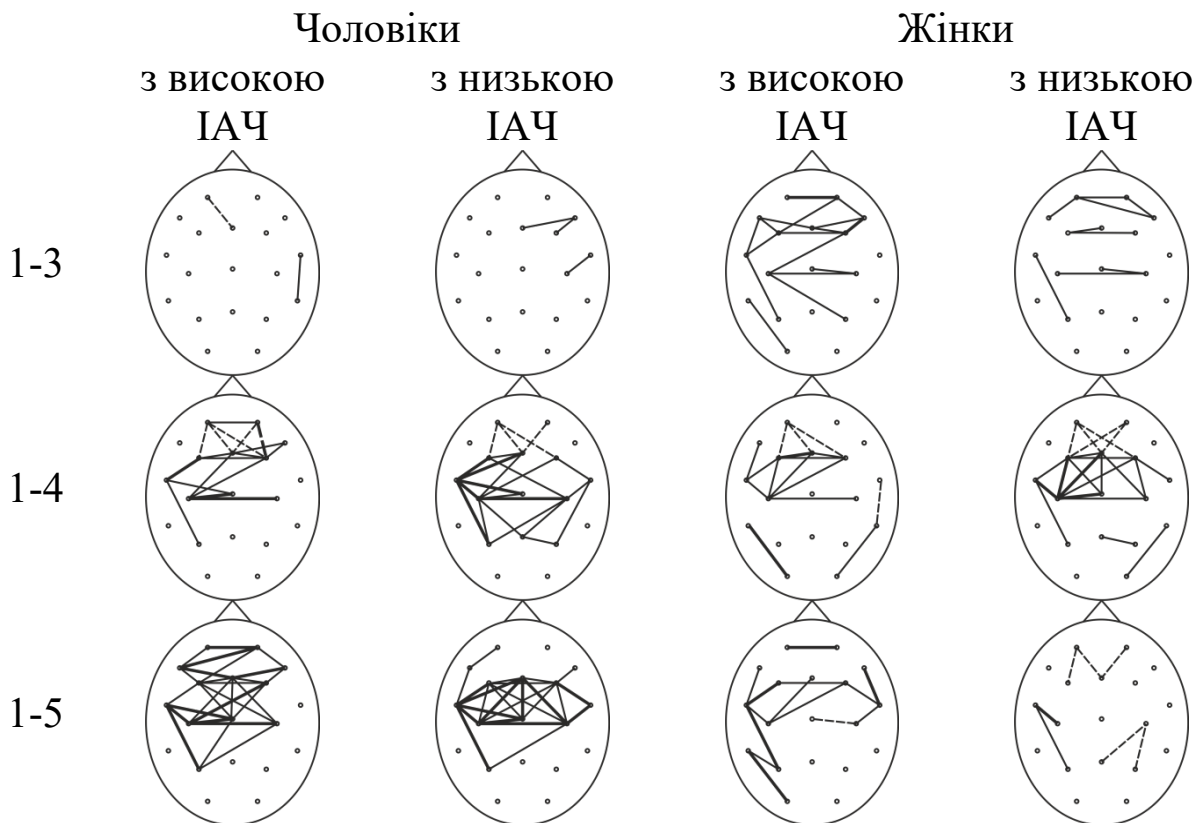
1) стан функціонального спокою (1), виконання рухів пальців без зусилля (3), почергові рухи пальцями (4), виконання рухів пальців із силовим навантаженням (5).

до рис. 52, 53, 57, 58, 62, 63, 67, 68, 72, 73, 77, 78, 82, 83:

2)  $\text{—}$  ( $\text{- - -}$ ) зростання (зниження) когерентності порівняно зі станом спокою,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .

**Зміни когерентності  $\theta$ -коливань ЕЕГ.** Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля в чоловіків із високою ІАЧ супроводжує генералізоване зниження між- та внутрішньопівкульової Коґ  $\theta$ -активності ЕЕГ у лобовій, центральній і тім'яно-потиличній ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ), із низькою ІАЧ – зменшенням лівопівкульових когерентних зв'язків у лобовій, скроневій, центральній і тім'яній ділянках ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 52). У всіх жінок виявлено порівняне зростання симетричної міжпівкульової Коґ  $\theta$ -хвиль у центральних відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ). Водночас, у жінок із високою ІАЧ зафіксовано зниження показників у лівій задньоскронево-потиличній ділянці ( $p \leq 0,05$ ).

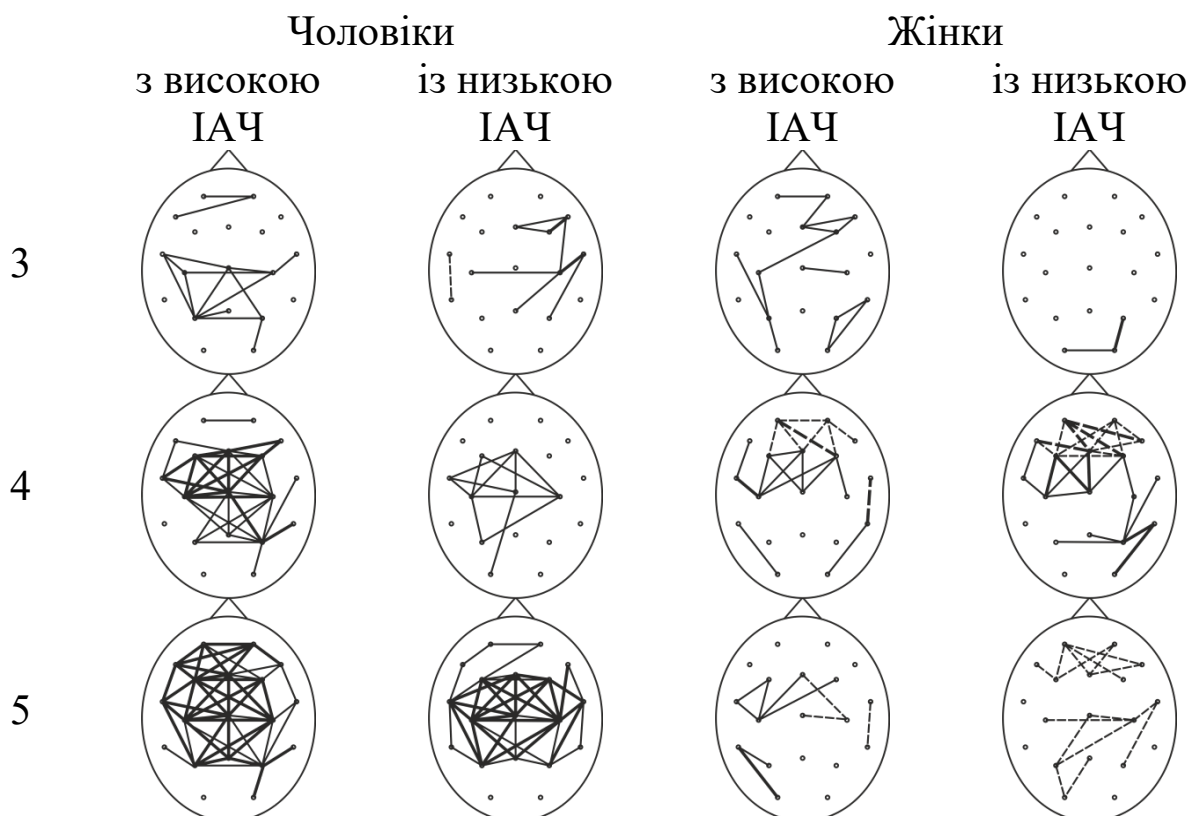
Виконання завдання лівою рукою в усіх обстежуваних пов'язано зі зростанням функції між- та внутрішньопівкульової Коґ  $\theta$ -активності в корі порівняно зі спокоєм (рис. 53). Такі зміни в чоловіків локалізуються в лівій лобно-скроневій ділянці ( $p \leq 0,05$ ), у жінок – поширені в лобових, скроневих і центрально-тім'яних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 53.** Зміни когерентності  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

У всіх чоловіків та в жінок із високою  $\alpha$ -частотою простежено зростання Коґ  $\theta$ -коливань ЕЕГ у лобовій, скроневій, центральній і тім'яній ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з діяльністю правою рукою

(рис. 54). Установлено порівняне збільшення показників у потиличних відведеннях у всіх жінок ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 54.** Вплив латеральності працюючої руки на когерентність  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців в групах обстежуваних

Примітка до рис. 54, 59, 64, 69, 74, 79, 84:

1)  $\text{—}$  ( $\text{- - -}$ ) зростання (зниження) когерентності при роботі лівою рукою, порівняно з правою,  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ .

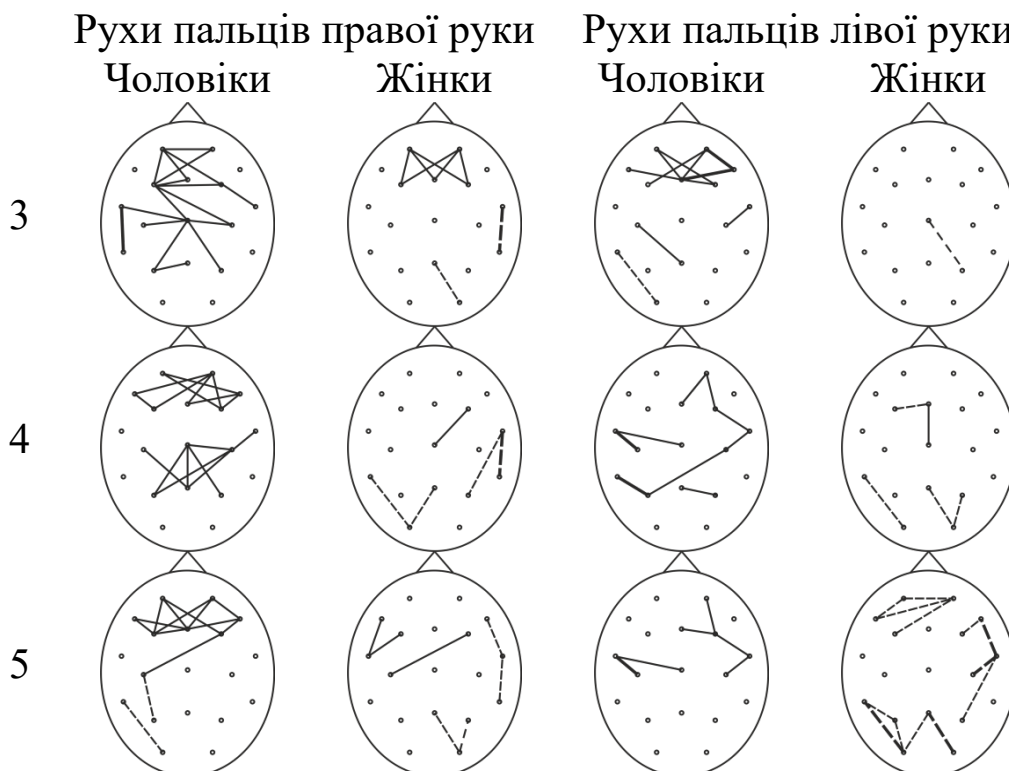
*Почергові рухи пальцями* правої руки в усіх чоловіків супроводжує зниження міжпівкульової діагональної та внутрішньопівкульової Коґ  $\theta$ -хвиль у корі ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 52). Така закономірність у чоловіків із високою ІАЧ більш генералізована. У жінок виявлено порівняне посилення симетричних і діагональних міжпівкульових когерентних зв'язків у лобовій і центральній ділянках кори, лівопівкульових – у скронево-тім'яній ділянці ( $p \leq 0,05$ ).

Такі рухи лівою рукою в усіх обстежуваних пов'язані зі зростанням між- та внутрішньопівкульової Коґ  $\theta$ -хвиль ЕЕГ у задній лобовій, скроневої, центральній ітім'яній ділянках кори порівняно з фоном та правою рукою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 53, 54). В усіх жінок такі зміни поширені також у задньоскронево-потиличних ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у всіх чоловіків та жінок зареєстровано порівняне зниження показників у передніх лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ).

Під час стискання і розтискання пальців правої руки із силовим навантаженням в усіх чоловіків виявлено зниження між- і внутрішньопівкульової Коґ θ-коливань ЕЕґ у корі ( $p \leq 0,05$ ) порівняно зі спокоєм (рис. 52). У чоловіків із низькою ІАЧ значущість таких змін у скроневій, центральній і тім'яній ділянках вища ( $p \leq 0,001$ ). У жінок встановлено порівняне зростання показників у лобових і передніх скроневих ділянках кори обох півкуль, а також у лівому тім'яному відведенні ( $p \leq 0,05$ ).

Виконання завдання лівою рукою в усіх чоловіків та жінок із високою ІАЧ пов'язане з посиленням між- і внутрішньопівкульових когерентних взаємодій у лобовій, скроневій, центральній і тім'яній ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі спокоєм і діяльністю правою рукою (рис. 53, 54). Водночас, виявлено порівняне зниження показників у жінок із високою ІАЧ у правому центральному відведенні, з низькою ІАЧ – у лобовій та центрально-тім'яній ділянках, передусім правої півкулі.

*Міжгрупові відмінності.* Чоловіки із низькою ІАЧ під час рухів пальців характеризуються вищою Коґ θ-коливань ЕЕґ у лобовій, передній скроневій і центральній ділянках порівняно з особами з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 55). Під час мануальних рухів без

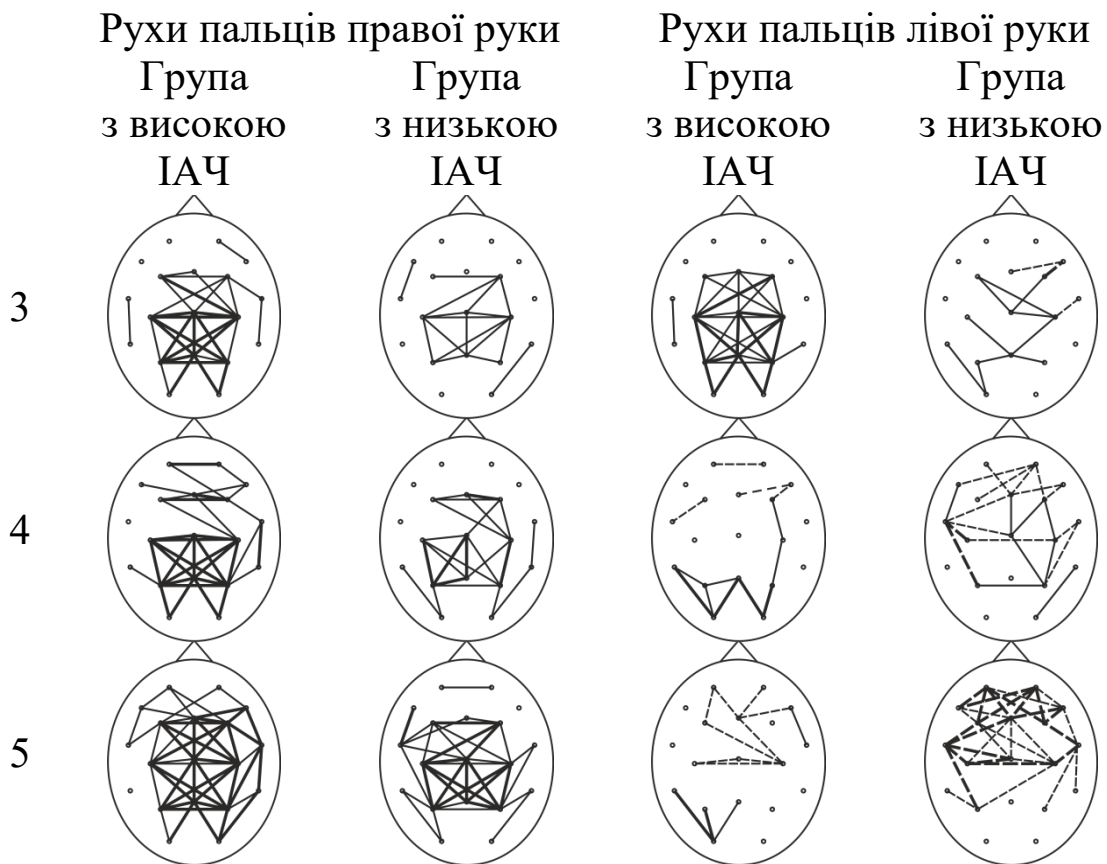


**Рис. 55. Міжгрупові відмінності когерентності θ-коливань ЕЕґ під час рухів пальців**



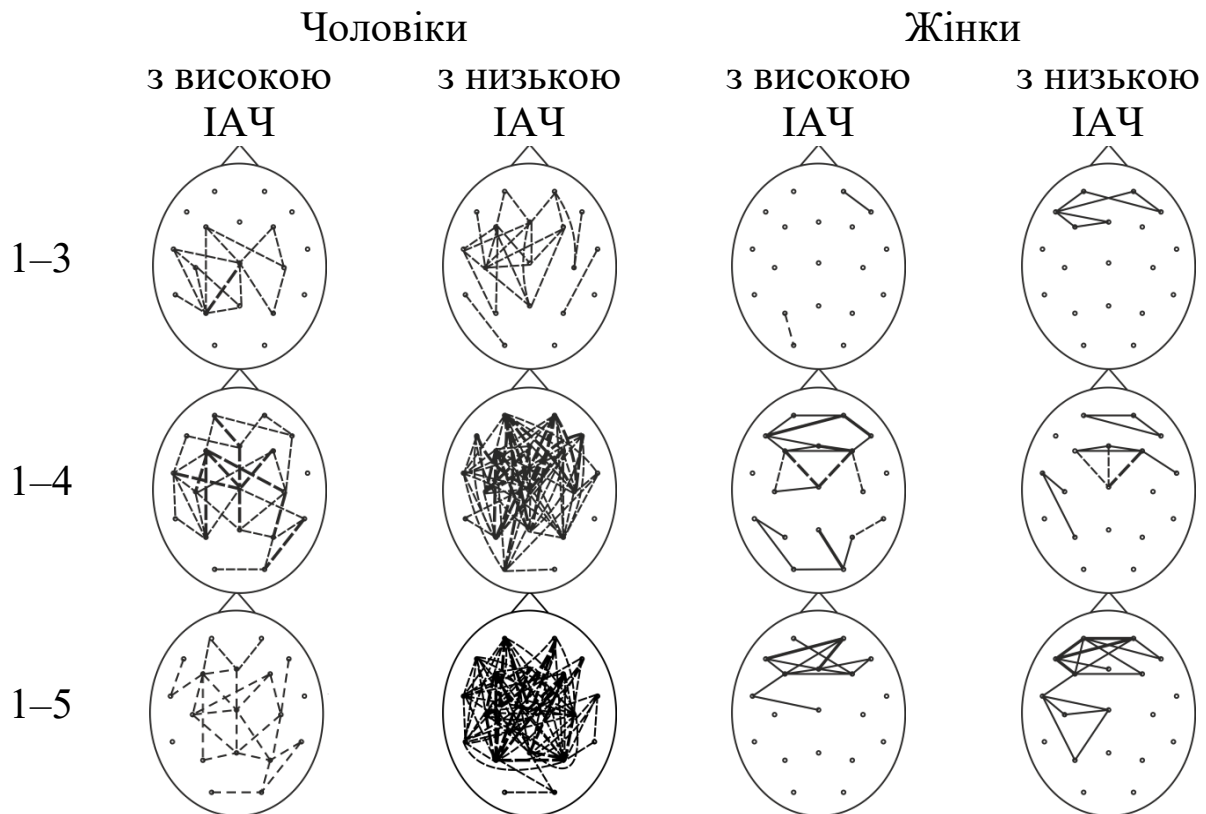
зусилля та почергових рухів пальцями така закономірність більш поширена в центральних і тім'яних структурах ( $p \leq 0,05$ ). Виконання завдання із силовим навантаженням супроводжується порівняним зниженням показників у лівій скронево-центрально-тім'яній ділянці ( $p \leq 0,05$ ) у чоловіків із низькою ІАЧ. За умови мануальної моторики в жінок із низькою  $\alpha$ -частотою зареєстровано нижчу Ког у тім'яно-потиличній ділянці ( $p \leq 0,05$ ), ніж в обстежуваних із високою ІАЧ. Водночас, у жінок із низькою  $\alpha$ -частотою в лобово-скроневої ділянці під час реалізації завдань правою рукою зафіксовано порівняно вищі показники, лівою рукою – нижчі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Під час виконання рухів пальців без зусилля в усіх жінок ( $p \leq 0,05$ ), особливо з високою  $\alpha$ -частотою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), простежено порівняно вищі показники в корі, ніж у чоловіків (рис. 56). Збільшення складності моторної діяльності (почерговість рухів пальцями та силове навантаження) під час роботи правою рукою пов'язано з вищими показниками в жінок загалом у корі, лівою рукою – у тім'яно-потиличних відділах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками. Водночас, виконання таких завдань лівою рукою характеризує порівняне зниження показників у лобових, скроневих і центральних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) у жінок.



**Рис. 56.** Статеві відмінності когерентності  $\theta$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у обстежуваних групах

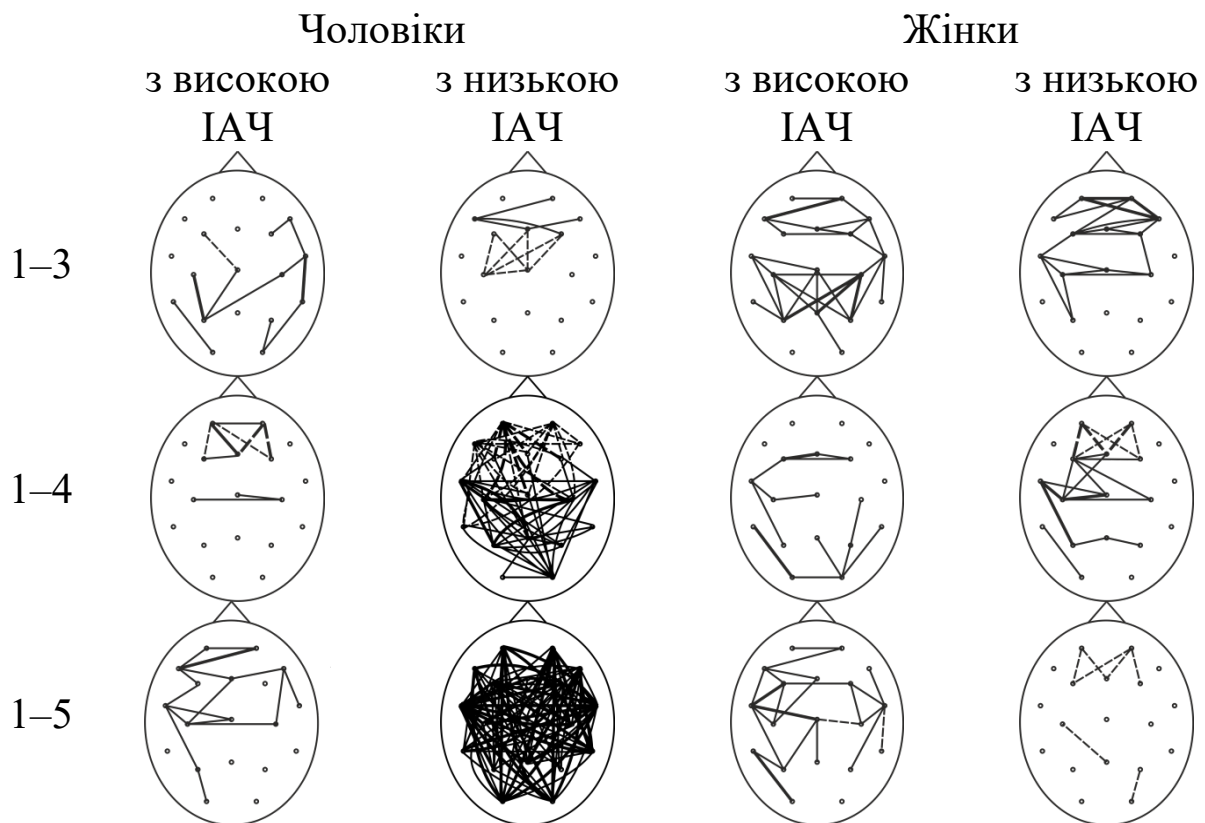
**Зміни когерентності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ.** Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля в усіх чоловіків супроводжує зниження Коґ  $\alpha 1$ -активності ЕЕГ у задніх лобових, скроневих, центральних і тім'яних відведеннях кори, передусім лівої півкулі ( $p \leq 0,05$ ), у жінок із високою ІАЧ – у лівій тім'яно-потиличній ділянці ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 57). В усіх жінок встановлено порівняне посилення когерентних взаємодій у лобових частках ( $p \leq 0,05$ ). Установлені зміни в чоловіків і жінок із низькою ІАЧ більш генералізовані.



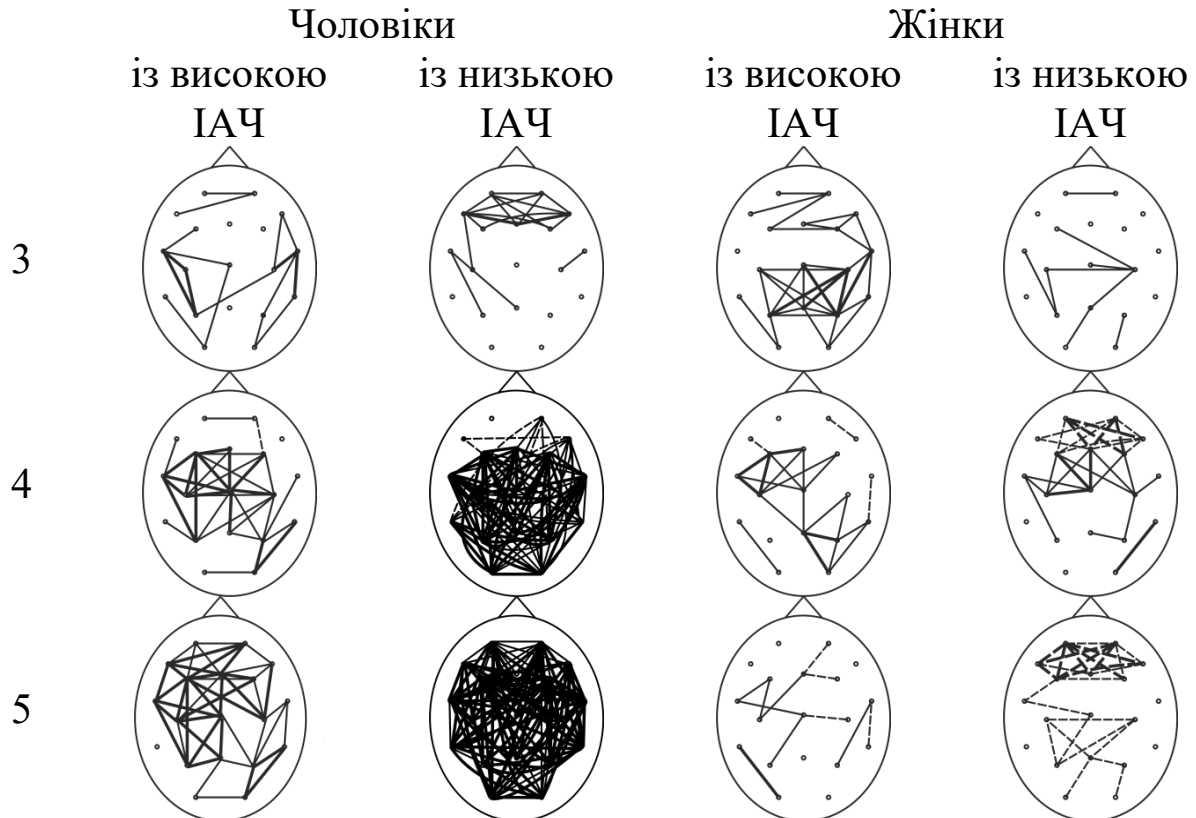
**Рис. 57.** Зміни когерентності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Виконання завдання лівою рукою в усіх обстежуваних відзначено збільшення значень функції Коґ в корі ( $p \leq 0,05$ ) порівняно зі спокоєм і діяльністю правою рукою (рис. 58, 59). Значущість і поширеність у корі таких закономірностей у жінок вища ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у чоловіків, особливо із низькою  $\alpha$ -частотою, виявлено зниження показників у лівій лобово-центральної ділянці ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном.

*Почергові рухи пальцями* правої руки в усіх чоловіків, особливо з низькою  $\alpha$ -частотою, відзначає широке зниження значень Коґ  $\alpha 1$ -хвиль ЕЕГ у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі спокоєм (рис. 57). У жінок виявлено порівняне посилення когерентних взаємодій у лобових та лівій скронево-тім'яній ділянках, їх послаблення – у лобово-центральної ділянці кори ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 58.** Зміни когерентності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

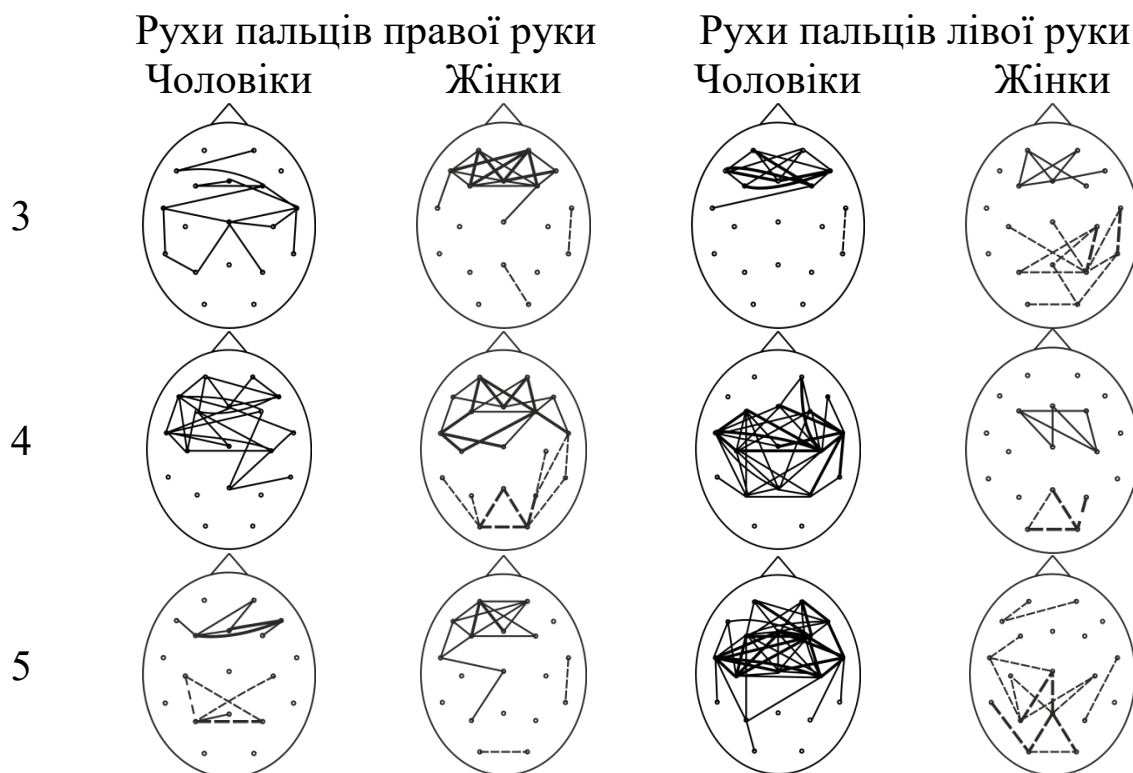


**Рис. 59.** Вплив латеральності працюючої руки на когерентність  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

Виконання завдання лівою рукою супроводжується зменшенням Коґ  $\alpha$ 1-активності ЕЕґ у лобовій ділянці, особливо в осіб із низькою ІАЧ порівняно з фоном ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 58). Зафіксовано порівняне зростання показників у центральних, скроневих, тім'яних і потиличних відведеннях у всіх жінок та в чоловіків із низькою ІАЧ, у центральній ділянці – у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). В усіх обстежуваних простежено генералізоване збільшення значень Коґ  $\alpha$ 1-хвиль у корі та їх локальне зниження в лобовій ділянці порівняно з діяльністю правою рукою (рис. 59).

Під час стискання і розтискання пальців правої руки із силовим навантаженням відзначено збільшення між- і внутрішньопівкульової Коґ  $\alpha$ -активності ЕЕґ у лобових, передніх скроневих і центральних ділянках у всіх жінок ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 57). У чоловіків із високою ( $p \leq 0,05$ ) і низькою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) ІАЧ зареєстровано генералізоване зменшення показників, ніж у спокої.

Під час роботи лівою рукою в обстежуваних із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ), переважно в лівій півкулі, у чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою по всьому скальпу ( $p \leq 0,001$ ) виявлено зростання Коґ  $\alpha$ 1-коливачь ЕЕґ порівняно з фоном та діяльністю правою рукою (рис. 58, 59). У жінок із низькою ІАЧ установлено зниження показників в корі ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 60. Міжгрупові відмінності когерентності  $\alpha$ 1-коливачь ЕЕґ під час рухів пальців**

*Міжгрупові відмінності.* Реалізація моторних завдань у чоловіків із низькою ІАЧ відзначена вищими показниками в корі порівняно із чоловіками з високою ІАЧ (рис. 60). Значущість такої закономірності більша за умови роботи лівою рукою. Водночас, застосування силового навантаження під час діяльності правою рукою в чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою супроводжується порівняно нижчими показниками в центральній-тім'яній ділянці кори ( $p \leq 0,05$ ). Жінки з низькою ІАЧ під час моторної діяльності характеризуються вищою КоГ у лобових та нижчою в задніх коркових відділах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у жінок із високою ІАЧ. Значущість порівняного зменшення показників у жінок із низькою ІАЧ збільшується під час ускладнення завдань, особливо із силовим навантаженням, та їх виконання лівою рукою.

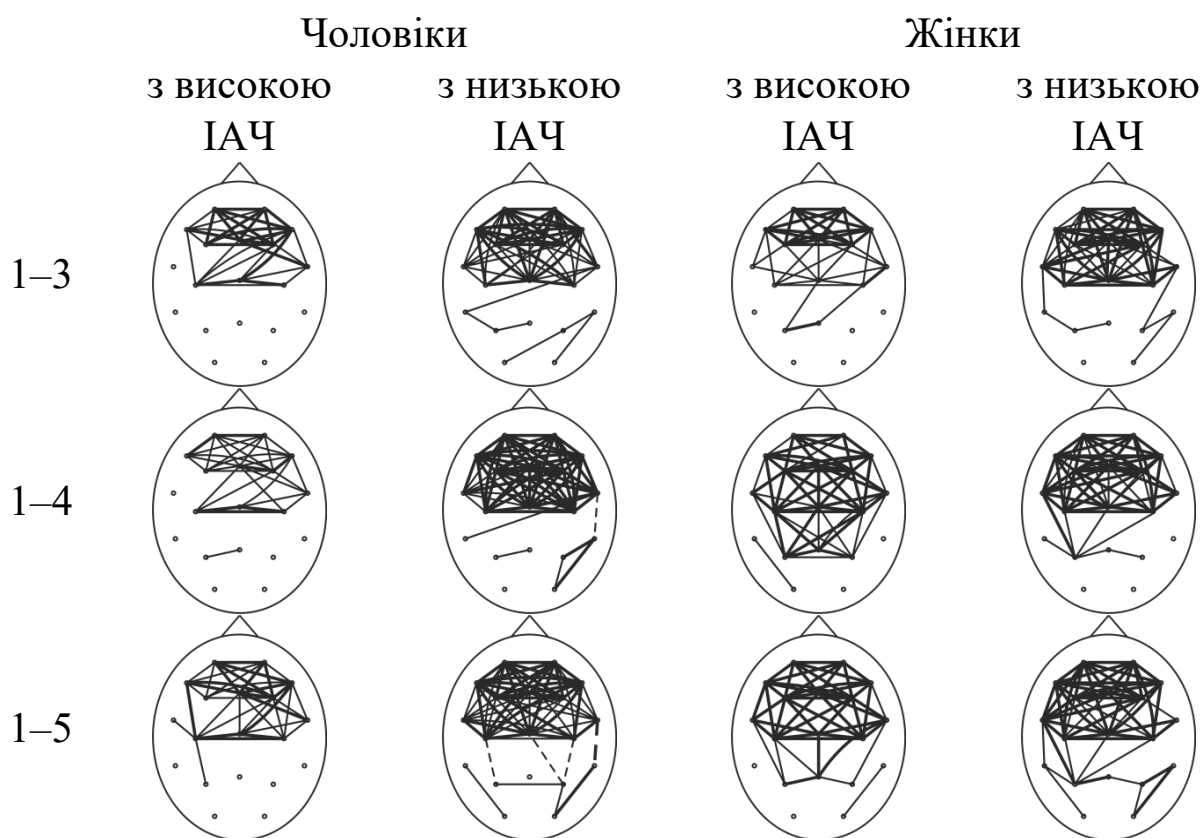
У групі обстежуваних із високою ІАЧ із жінок виявлено нижчу КоГ  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ у лобових відведеннях та вищу в центральних ітім'яно-потиличних ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками (рис. 61).



**Рис. 61.** Статеві відмінності когерентності  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах

У групі обстежуваних із низькою ІАЧ рухову діяльність правою рукою відзначено порівняним переважанням показників у жінок ( $p \leq 0,05$ ). Значущість таких змін збільшується під час ускладнення завдань ( $p \leq 0,05$ ,

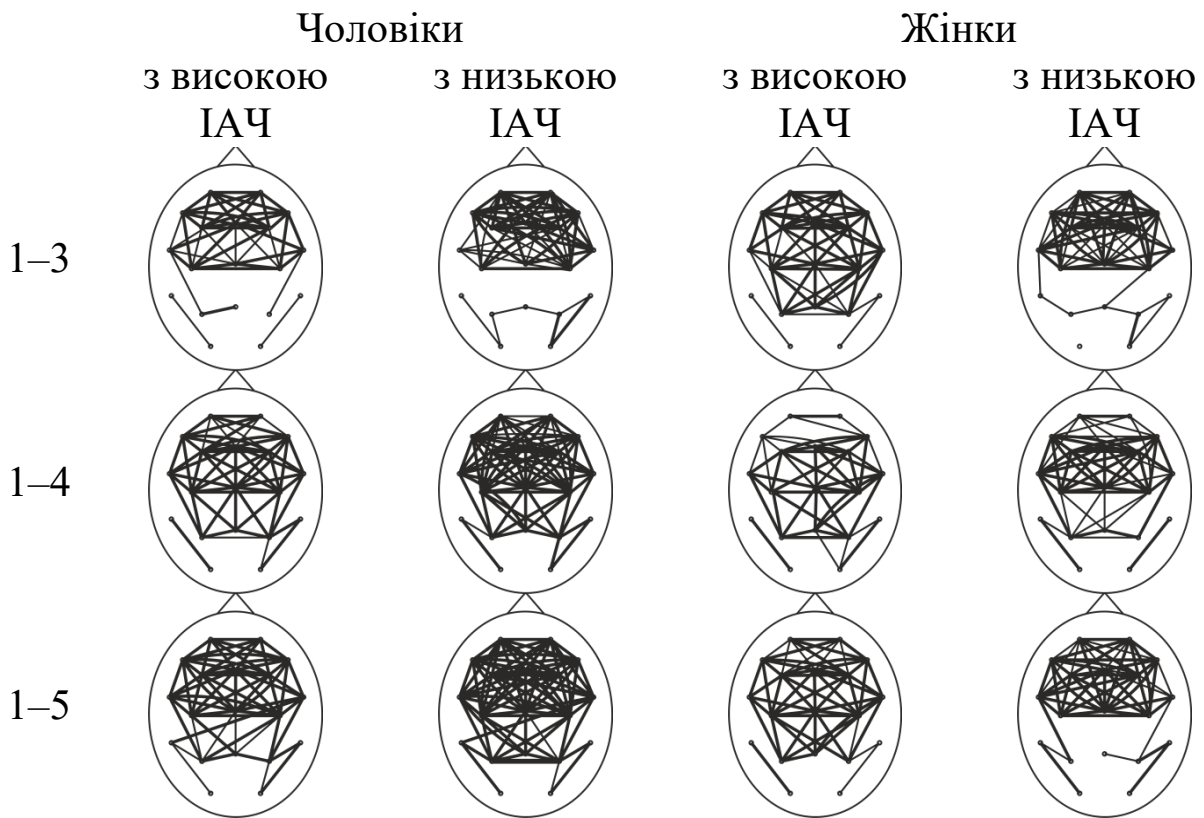
$p \leq 0,001$ ). Їх виконання лівою рікою в жінок характеризує нижча Коґ  $\alpha 1$ -хвиль ЕЕґ у лобових, скроневих, центральних і тім'яних відведеннях кори, ніж у чоловіків ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). **Зміни когерентності  $\alpha 2$ -коливаний ЕЕґ.** Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля в усіх обстежуваних супроводжує збільшення значень Коґ  $\alpha 2$ -коливаний ЕЕґ у лобово-скронево-центральної ділянці кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном (рис. 62). В осіб із низькою ІАЧ устанавлено порівняне зростання показників у задніх скроневих, тім'яних і потиличних відділах ( $p \leq 0,05$ ), у жінок із високою ІАЧ – у лівому тім'яному відведенні ( $p \leq 0,05$ ).



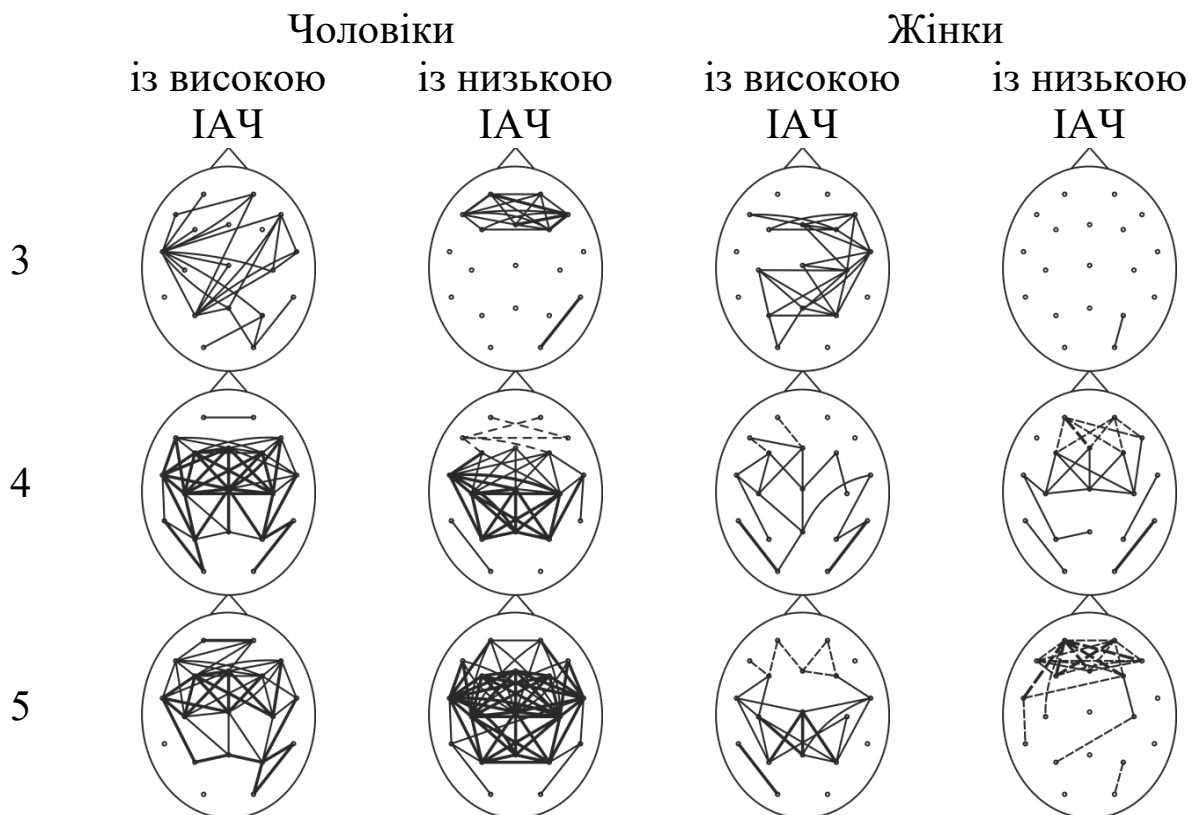
**Рис. 62.** Зміни когерентності  $\alpha 2$ -коливаний ЕЕґ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Діяльність лівою рукою в усіх тестованих, особливо з високою ІАЧ, пов'язана зі збільшенням генералізованості та значущості змін, устанавлених під час роботи правою рукою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 63, 64).

*Почергові рухи пальцями* правої руки в усіх обстежуваних супроводжує збільшення значень Коґ  $\alpha 2$ -коливаний ЕЕґ у лобових, скроневих, центральних і тім'яних відведеннях кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у спокої (рис. 621). У чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок значущість таких змін вища ( $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 63.** Зміни когерентності  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



**Рис. 64.** Вплив латеральності працюючої руки на когерентність  $\alpha 2$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в групах обстежуваних

Рухи лівою рукою в усіх тестованих, особливо з високою  $\alpha$ -частотою, пов'язані з вагомим збільшенням генералізованості та значущості змін, установлених під час роботи правою рукою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 63, 64). Водночас, у всіх жінок зафіксовано порівняне зменшення показників у лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ).

Під час *стискання і розтискання пальців* правої руки із силовим навантаженням правою рукою в усіх обстежуваних установлено збільшення значень Коґ  $\alpha 2$ -коливань ЕЕґ у лобових, скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у спокої (рис. 62). У чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок значущість таких змін вища ( $p \leq 0,001$ ).

Діяльність лівою рукою в усіх тестованих, особливо з високою ІАЧ, пов'язана зі збільшенням генералізованості та значущості змін, установлених під час роботи правою рукою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 63, 64). Водночас, у всіх жінок зафіксовано порівняне зменшення показників у лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ). Значущість і поширеність у корі таких змін вища в жінок із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

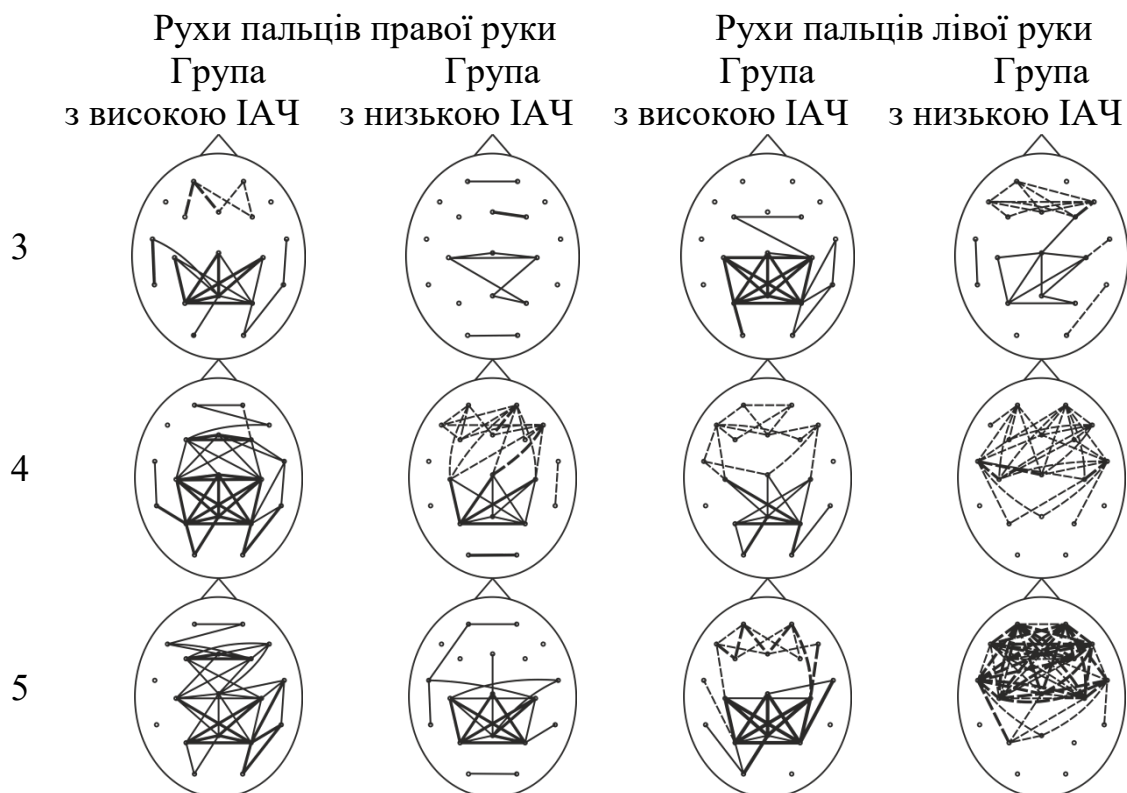
*Міжгрупові відмінності.* Виконання моторних завдань правою та лівою руками супроводжує вища Коґ  $\alpha 2$ -коливань ЕЕґ у передніх відділах кори в чоловіків із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у таких із високою ІАЧ (рис. 65). У жінок із низькою ІАЧ, на відміну від осіб із високою ІАЧ, рухи пальців супроводжуються вищими показниками в лобових, передніх скроневих і центральних структурах та нижчими – у тім'яних і потиличних ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Збільшення складності завдань і їх виконання лівою рукою в чоловіків та жінок пов'язане зі збільшенням поширеності встановлених відмінностей у корі.

У групі осіб із високою ІАЧ виконання рухів пальців супроводжує вища Коґ  $\alpha 2$ -хвиль ЕЕґ загалом у корі в жінок, ніж у чоловіків ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 66). За умови збільшення складності моторного тестування і діяльності лівою рукою в жінок виявлено відносне зниження показників у лобово-скроневої ділянці ( $p \leq 0,05$ ). Жінки з низькою ІАЧ під час роботи правою рукою відзначаються вищими значеннями Коґ  $\alpha 2$ -піддіпазону ЕЕґ у центральних, скроневих, тім'яних і потиличних відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Виконання мануальної моторики лівою рукою характеризує порівняне зниження показників у лобово-скронево-центральної і тім'яній ділянках кори обох півкуль у жінок ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).





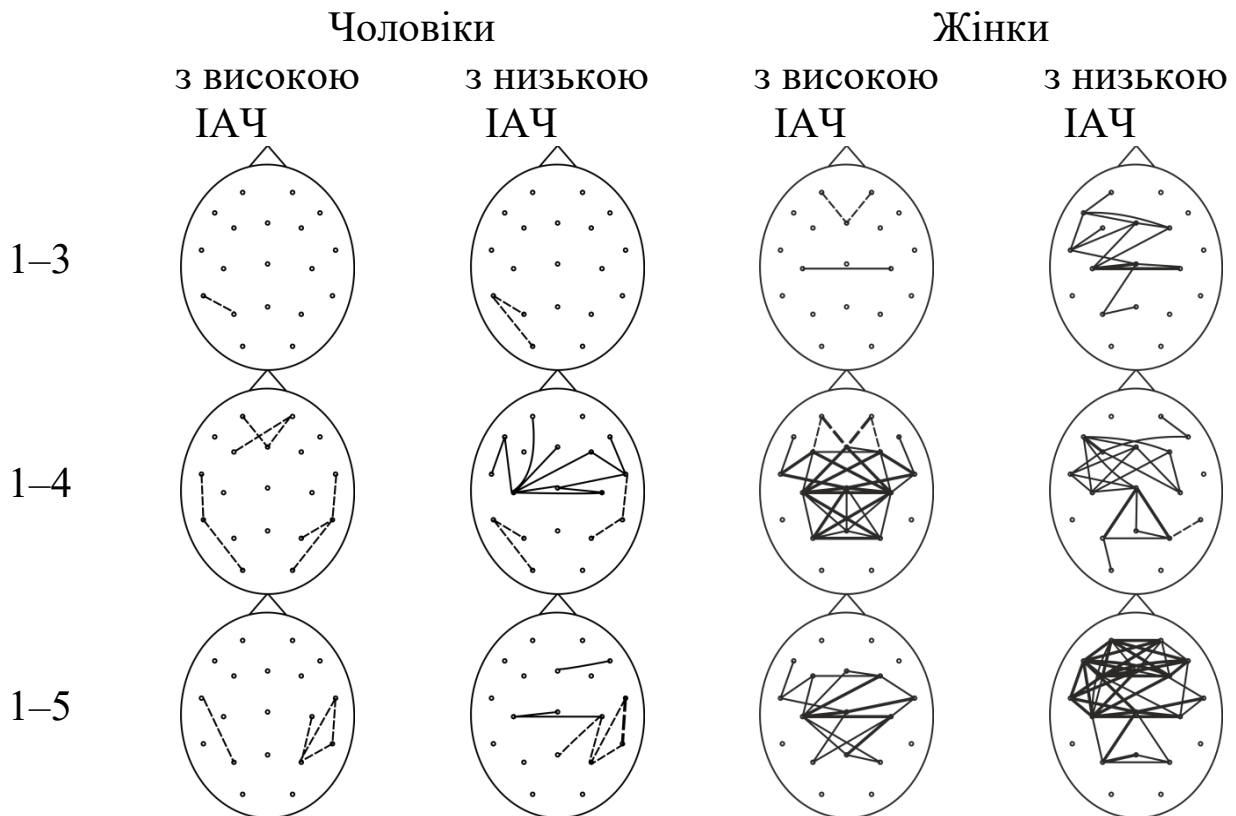
**Рис. 65. Міжгрупові відмінності когерентності  $\alpha_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців**



**Рис. 66. Статеві відмінності когерентності  $\alpha_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців в обстежуваних групах**

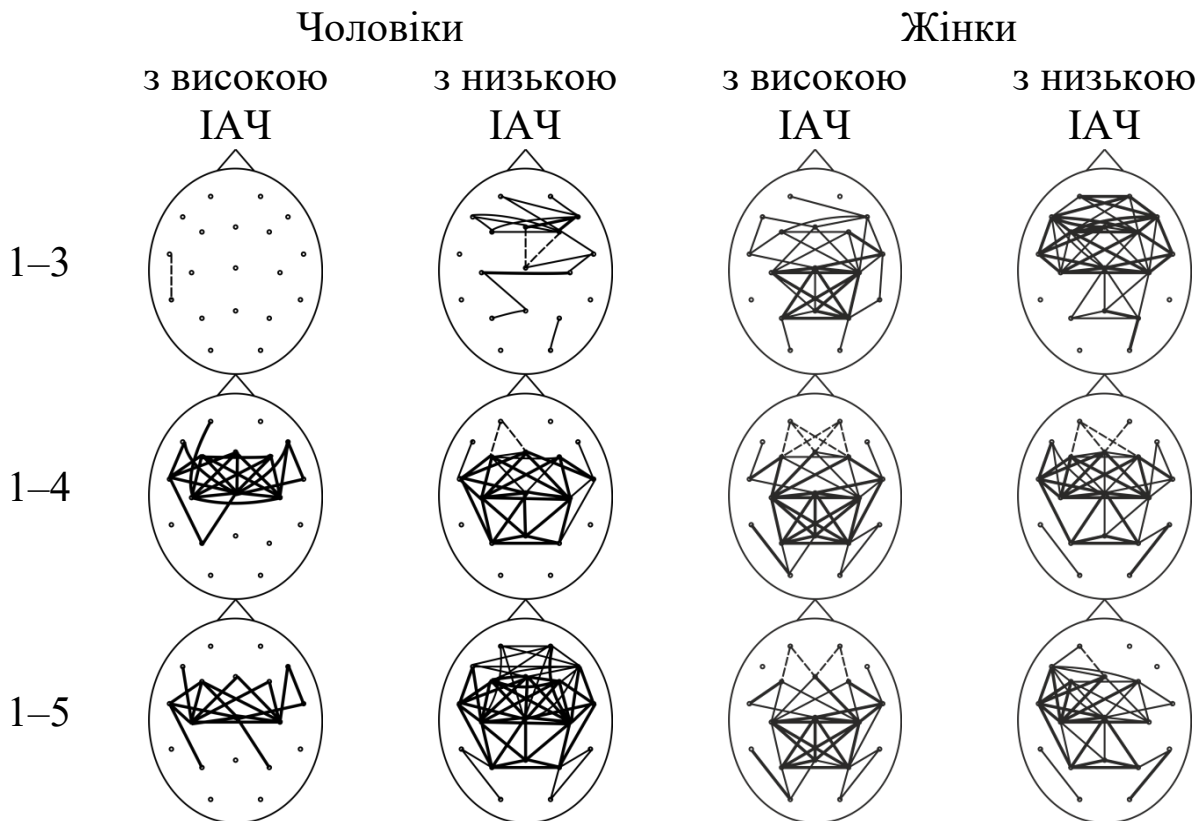
**Зміни когерентності  $\alpha_3$ -коливань ЕЕГ. Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля пов'язані зі зниженням внутрішньо-**

півкульової Ког  $\alpha$ 3-активності ЕЕГ у лівій задньоскронево-тім'яній ділянці в усіх чоловіків, особливо з низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ), у симетричних лобових ділянках ( $p \leq 0,05$ ) – у жінок із високою ІАЧ порівняно зі спокоєм (рис. 67). У жінок із високою ІАЧ виявлено порівняне зростання міжпівкульової Ког  $\alpha$ 3-хвиль ЕЕГ у центральних відведеннях ( $p \leq 0,05$ ). У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою когерентні взаємодії посилюються в лобовій, скроневій, центральній татім'яній ділянках, передусім лівої півкулі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 67. Зміни когерентності  $\alpha$ 3-коливань ЕЕГ рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою**

Виконання таких рухів лівою рукою в чоловіків із високою ІАЧ супроводжує локальне зниження лівопівкульової Ког  $\alpha$ 3-коливань ЕЕГ у скроневій ділянці ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 68). У чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою та в усіх жінок установлене порівняне зростання показників у лобово-скронево-центральної ітім'яній ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У чоловіків із низькою ІАЧ така закономірність локальніша, в усіх жінок – більш поширена в корі. У жінок із низькою ІАЧ значущість просторової синхронізації  $\alpha$ 3-активності вища в лобових, передніх скроневих і центральних ділянках ( $p \leq 0,001$ ), із високою  $\alpha$ -частотою – у центрально-тім'яній ділянці ( $p \leq 0,001$ ) кори обох півкуль.



**Рис. 68.** Зміни когерентності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

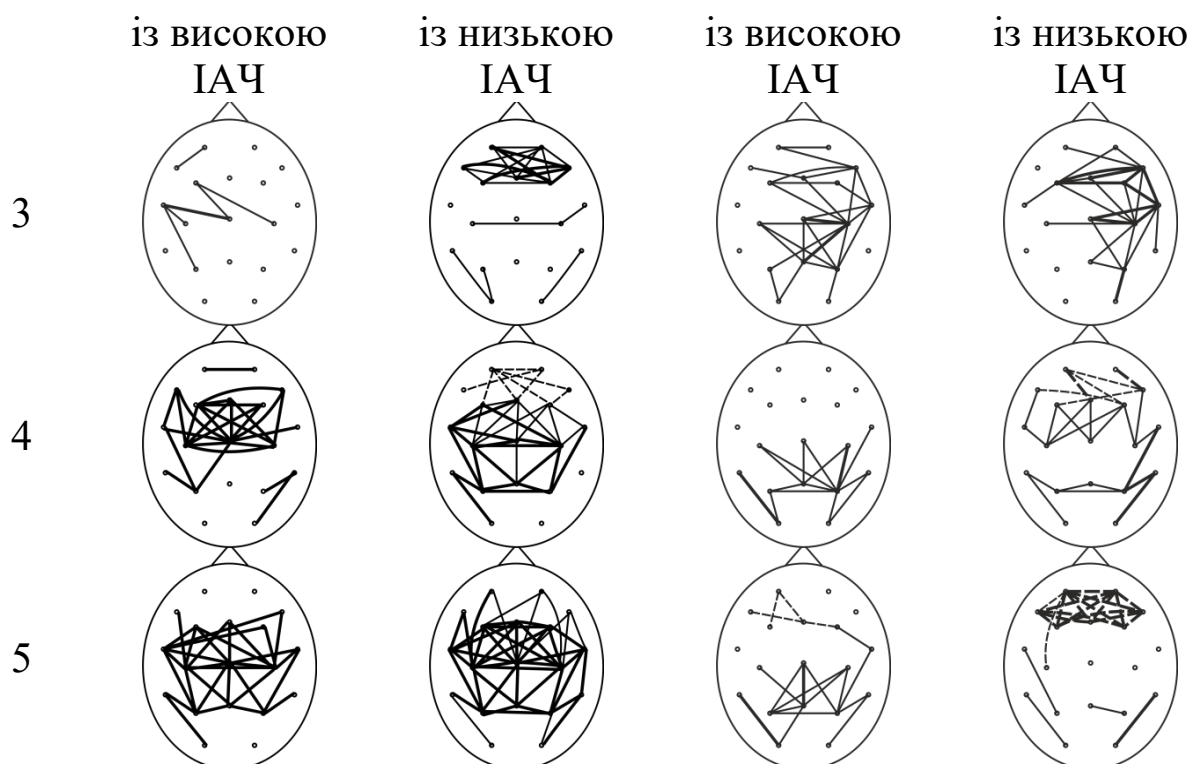
Зареєстровано вищу Коґ  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ в усіх обстежуваних порівняно з діяльністю правою рукою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 69). В усіх жінок така відмінність більш поширена, особливо в правій півкулі.

*Почергові рухи пальцями* правої руки в чоловіків із високою ІАЧ відзначає зниження між- та внутрішньопівкульової Коґ у лобових відведеннях, внутрішньопівкульових взаємодій – у симетричних скронево-потиличних ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 67). У чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою таку закономірність зафіксовано в скронево-тім'яних відділах кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ). Водночас, у задніх лобових, передніх скроневих і центральних ділянках виявлено порівняне зростання показників ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У всіх жінок встановлено збільшення значень між- і внутрішньопівкульової Коґ  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ у задніх лобових, скроневих, центральних ітім'яних відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном. Водночас, у жінок із високою ІАЧ відзначено порівняне зниження показників у передніх лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Такі рухи лівою рукою в усіх обстежуваних супроводжують збільшення значень Коґ  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ у задніх лобових, скроневих, центральних ітім'яних ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном і виконанням завдання правою рукою (рис. 68, 69).

Чоловіки

Жінки



**Рис. 69.** Вплив латеральності працюючої руки на когерентність  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

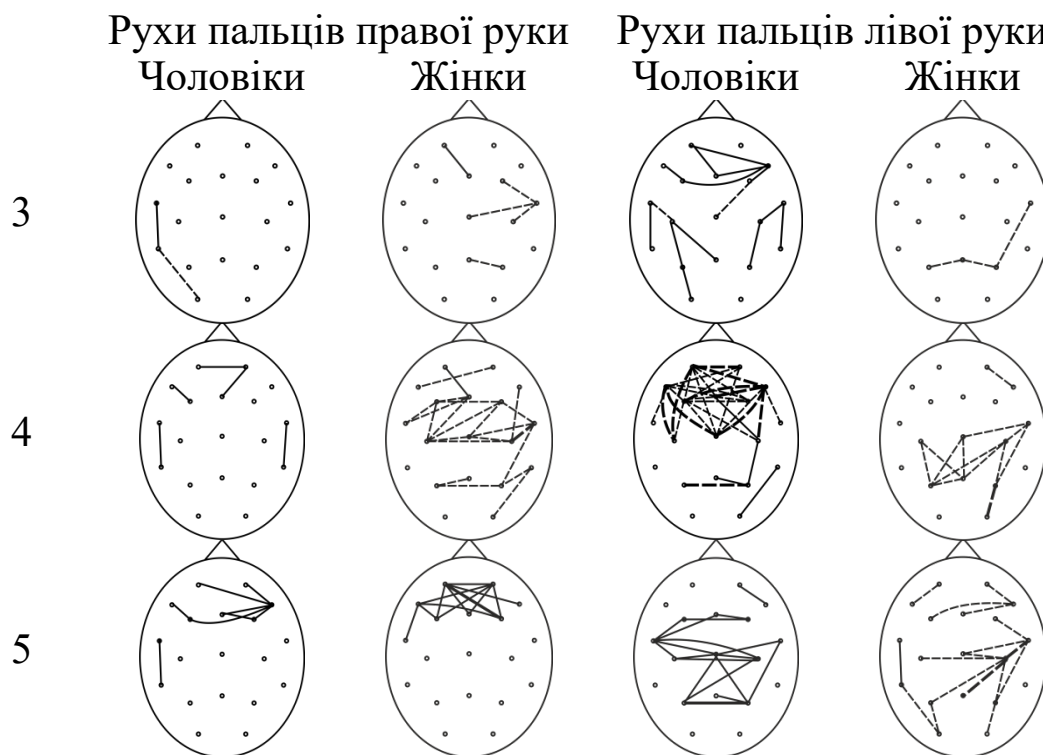
У чоловіків із низькою ІАЧ, особливо в усіх жінок, зростання Коґ  $\alpha 3$ -ритму ЕЕГ більш поширене в задніх відділах кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у передніх лобових відведеннях у цих групах обстежуваних виявлено порівняне зниження показників ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

У всіх чоловіків *стискання і розтискання пальців* правої руки із силовим навантаженням відзначає зниження внутрішньопівкульової Коґ  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ у скронево-тім'яній ділянці, передусім правої півкулі ( $p \leq 0,05$ ), порівняно зі станом спокою (рис. 67). Водночас, у чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок виявлено порівняне зростання показників у лобовій та центральній ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У жінок, особливо з низькою  $\alpha$ -частотою, така закономірність більш значуща та зазнає додаткового поширення в передніх скроневих ітім'яних коркових відведеннях.

Реалізація завдання лівою рукою в усіх обстежуваних пов'язана зі збільшенням значень Коґ  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ у задніх лобових, скроневих, центральних ітім'яних ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном і діяльністю правою рукою (рис. 68, 69). У чоловіків із високою ІАЧ така закономірність більш локальна. У чоловіків із низькою ІАЧ, особливо в усіх жінок, збільшення Коґ  $\alpha 3$ -ритму ЕЕГ більш поширене в задніх відділах кори ( $p \leq 0,05$ ,

$p \leq 0,001$ ). Водночас, у передніх лобових відведеннях у всіх жінок виявлено порівняне зниження показників ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

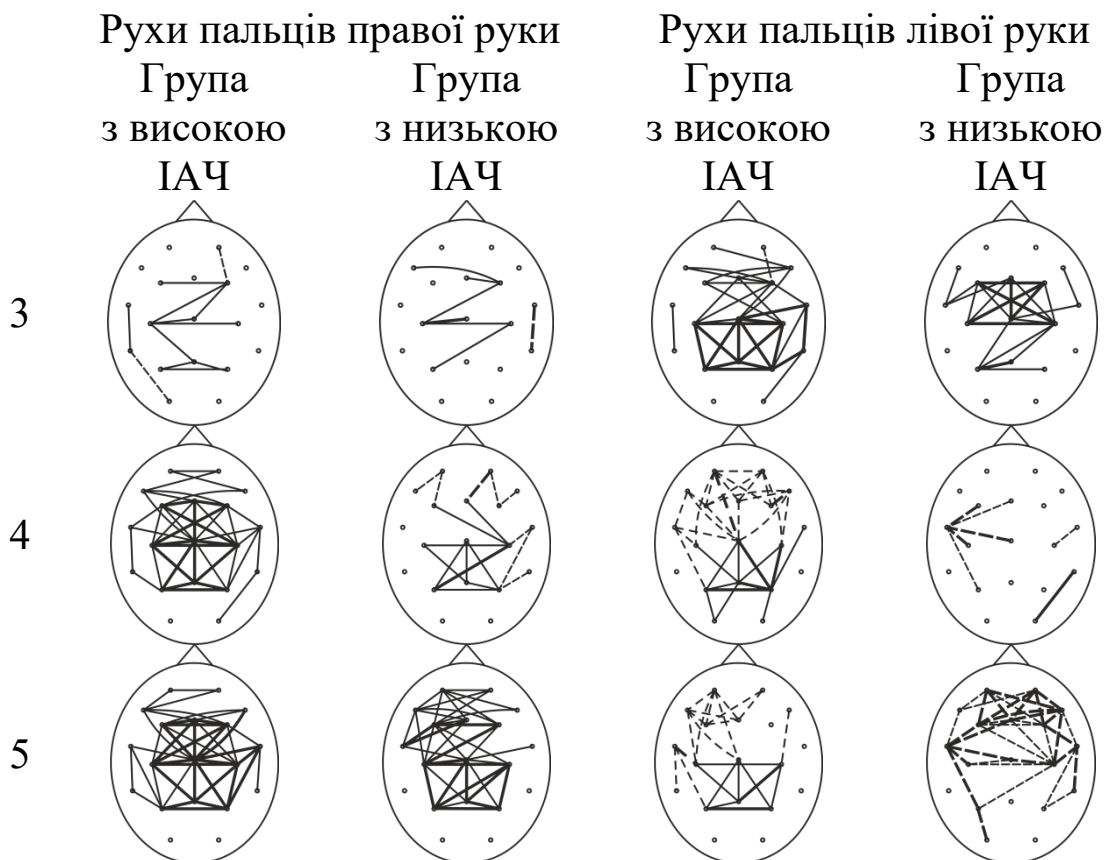
*Міжгрупові відмінності.* Моторну діяльність, особливо за умови її ускладнення, у чоловіків із низькою ІАЧ відзначає вища Коґ  $\alpha 3$ -піддіапазону ЕЕґ у лобових і скроневих відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ), ніж у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою (рис. 70). Водночас, перебирання пальцями лівої руки відзначає порівняне зниження показників у лобово-центральної ділянці ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Жінки з низькою ІАЧ загалом характеризуються нижчою Коґ  $\alpha 3$ -ритму ЕЕґ у корі порівняно з особами з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ) упродовж моторного тестування. Значущість таких змін прямо пропорційна до складності діяльності. Водночас, виконання рухів без зусилля та із силовим навантаженням правою рукою пов'язано з відносним зростанням показників у лобових відведеннях у жінок із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 70. Міжгрупові відмінності когерентності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕґ під час рухів пальців**

Усі жінки під час фоностимуляції відзначаються нижчою Коґ  $\alpha 3$ -коливань ЕЕґ в корі порівняно із чоловіками ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 71). Водночас, у жінок із низькою ІАЧ виявлено порівняно вищі показники в передніх лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ). Моторну діяльність правою рукою забезпечує вища Коґ  $\alpha 3$ -активності ЕЕґ у корі в усіх жінок, ніж у чоловіків. Значущість такої закономірності збільшується при ускладненні завдань. Їх виконання лівою рукою в усіх жінок

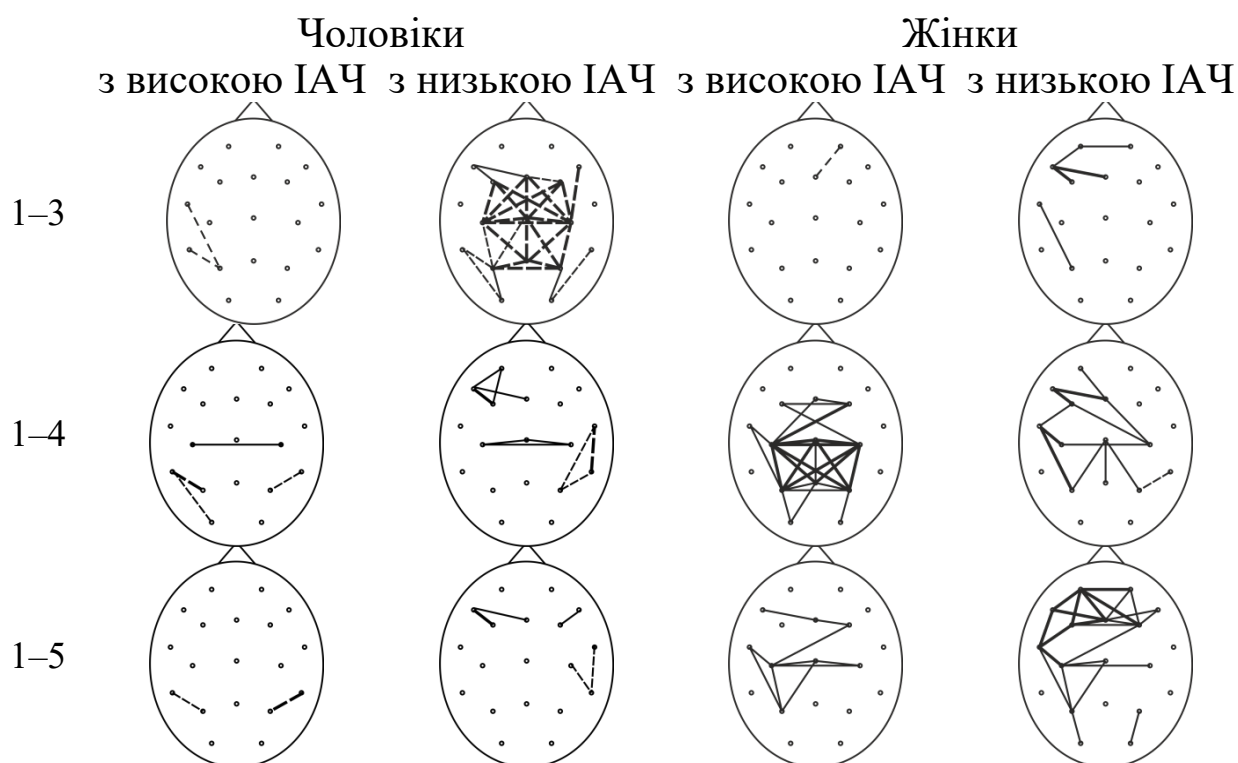
пов'язано з відносним зниженням Коґ  $\alpha 3$ -хвиль, передусім у лобово-скроневоїх ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ). Порівняне зниження показників у жінок має більшу значущість у групі обстежуваних із низькою ІАЧ.



**Рис. 71. Статеві відмінності когерентності  $\alpha 3$ -коливань ЕЕґ під час рухів пальців у групах обстежуваних**

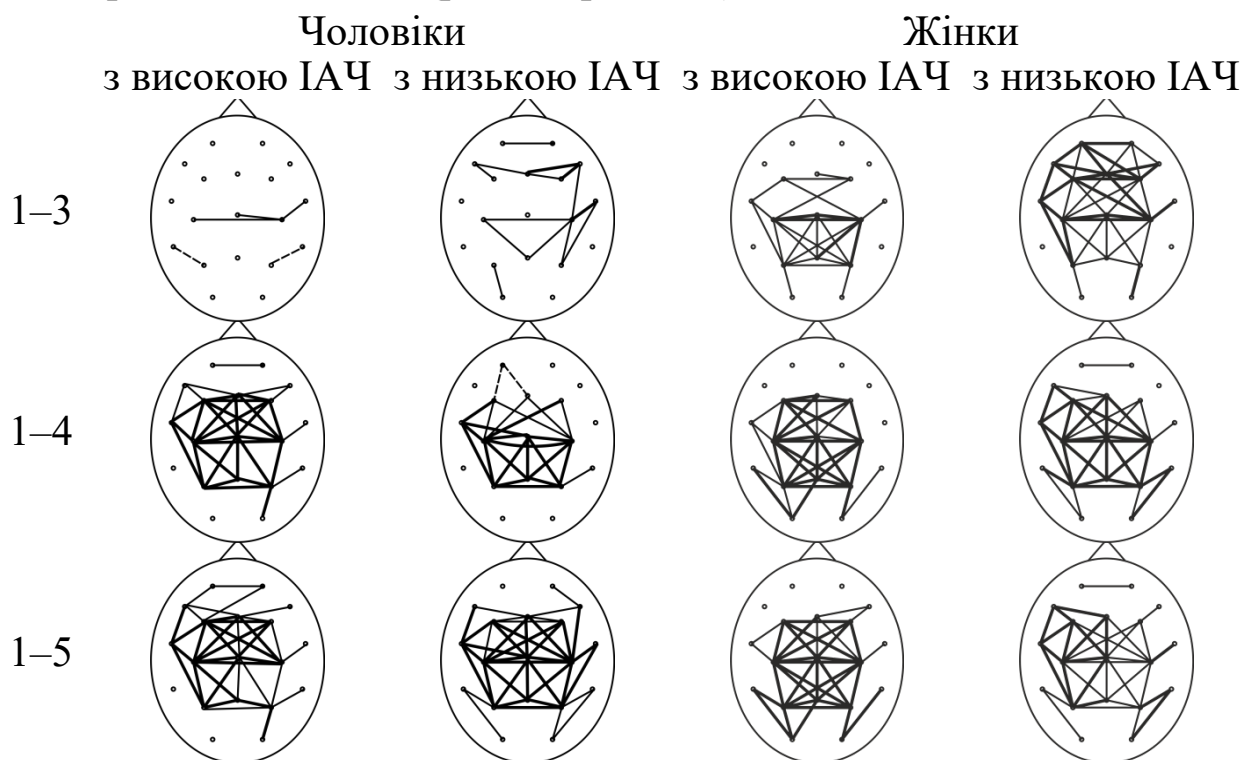
**Зміни когерентності  $\beta 1$ -коливань ЕЕґ.** Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля в групі осіб із високою ІАЧ забезпечує зниження значень Коґ  $\beta 1$ -хвиль ЕЕґ у лівій скронево-тім'яній ділянці в чоловіків ( $p \leq 0,05$ ), правому лобовому відведенні в жінок ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 72). У чоловіків із низькою ІАЧ така закономірність виявлено більш дифузно в корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У лівому лобовому відведенні в чоловіків із низькою ІАЧ та в лівих лобовій і скронево-тім'яній ділянках у жінок цієї групи зареєстровано порівняне зростання значень Коґ  $\beta 1$ -ритму ( $p \leq 0,05$ ).

Здійснення рухів лівою рукою в усіх обстежуваних характеризує посилення когерентних взаємодій у корі порівняно зі спокоем та діяльністю правою рукою (рис. 73, 74). У чоловіків із високою ІАЧ зростання показників локалізується в центральному відділі, з низькою ІАЧ – у лобовій, центральній,тім'яній та скроневоїх ділянках ( $p \leq 0,05$ ). Значущість таких змін вища в правій півкулі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У жінок

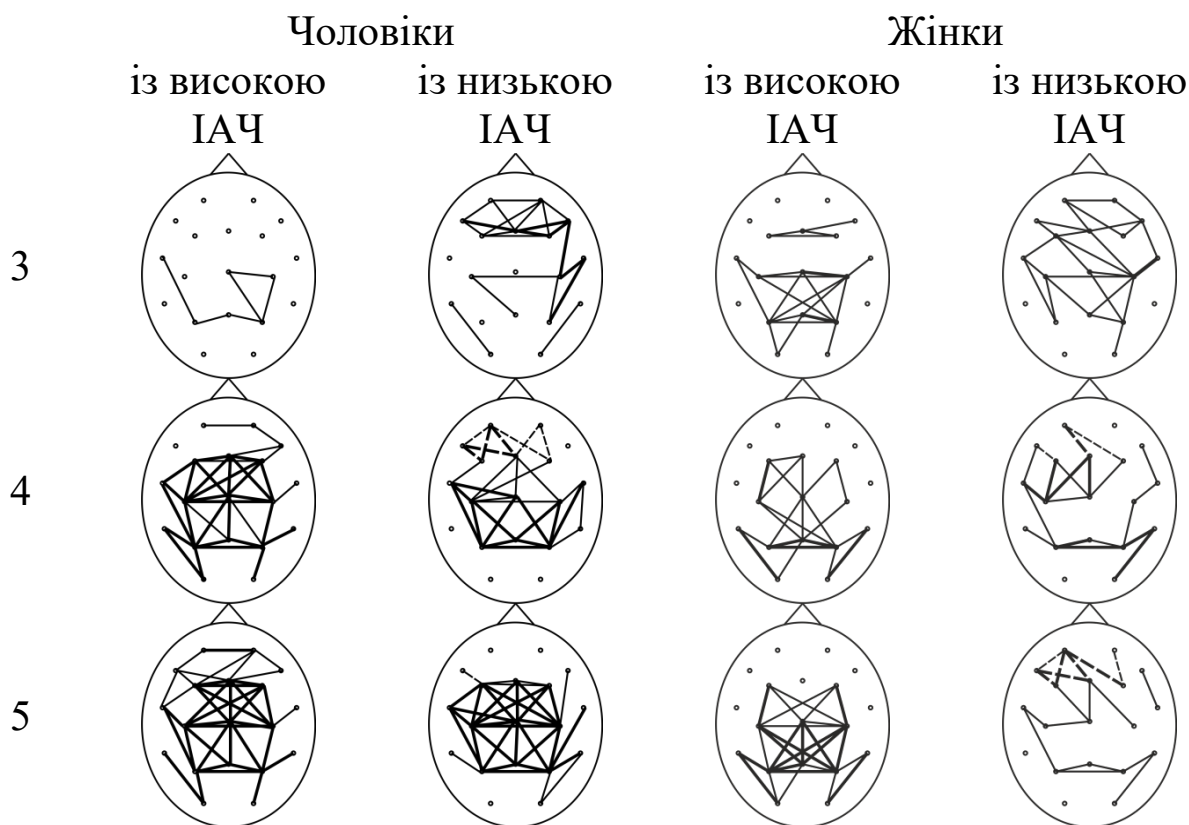


**Рис. 72.** Зміни когерентності  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

жінок установлені закономірності набувають більшої генералізованості. Значущість змін у жінок із високою  $\alpha$ -частотою вища в центрально-тім'яній ділянці ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), із низькою ІАЧ – лобово-центральної і скроневій ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).



**Рис. 73.** Зміни когерентності  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



**Рис. 74. Вплив латеральності працюючої руки на когерентність  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних**

Почергові рухи пальцями правої руки відзначає збільшення значень міжпівкульової Коґ у центральній ділянці кори чоловіків із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ), у центральній і лівій лобовій ділянках – у чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 72). У жінок такі зміни більш поширені й значущі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у всіх обстежуваних відносно зменшується Коґ  $\beta_1$ -хвиль ЕЕГ у задньоскронево-тім'яних ділянках ( $p \leq 0,05$ ) кори обох півкуль.

Діяльність лівою рукою характеризує вагоме збільшення значень між- і внутрішньопівкульової Коґ  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі спокоєм і роботою правою рукою (рис. 73, 74). Водночас, в осіб із низькою ІАЧ простежено відносне зниження показників у лобових відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ).

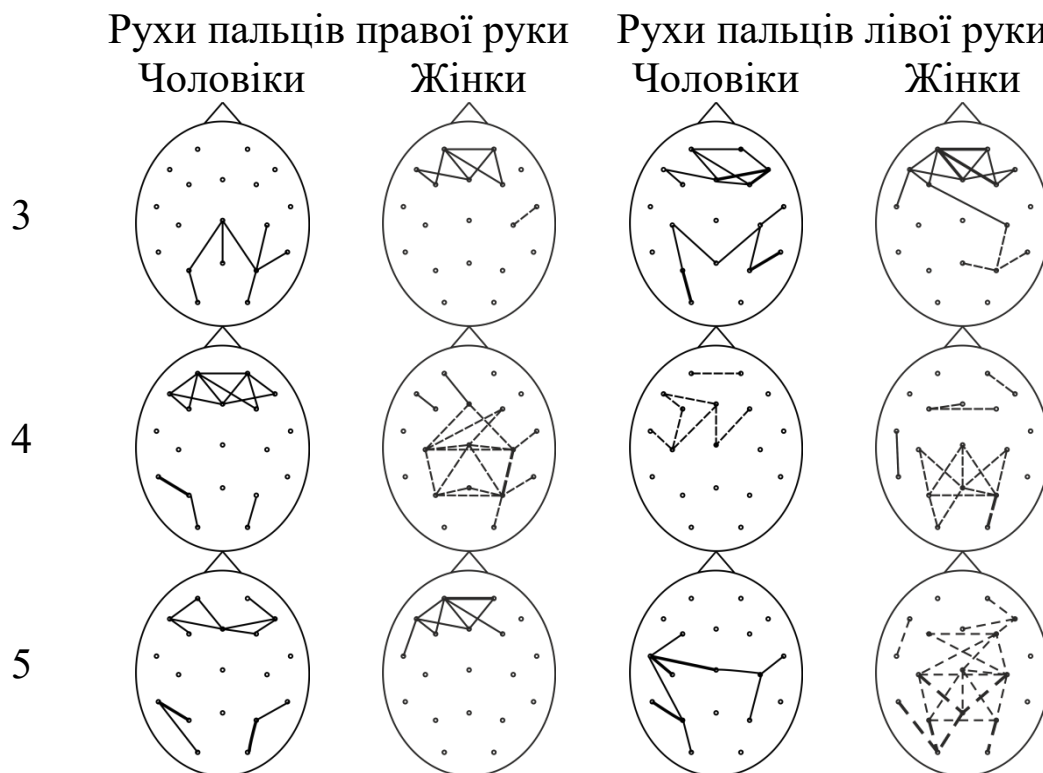
Під час стискання і розтискання пальців правої руки із силовим навантаженням в усіх чоловіків зафіксоване зниження Коґ  $\beta_1$ -коливань ЕЕГ у задньоскронево-тім'яних ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном (рис. 72). Водночас, у чоловіків із низькою ІАЧ виявлено порівняне зростання показників у лівій лобовій ділянці ( $p \leq 0,05$ ). У жінок, особливо з низькою ІАЧ, такі зміни більш генералізовані й фіксуються в лобовій, скроневої, центральній татім'яній ділянках із перевагою в лівій півкулі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Значущість



змін у лобових ділянках у жінок із низькою  $\alpha$ -частотою ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) більша, ніж у таких із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ).

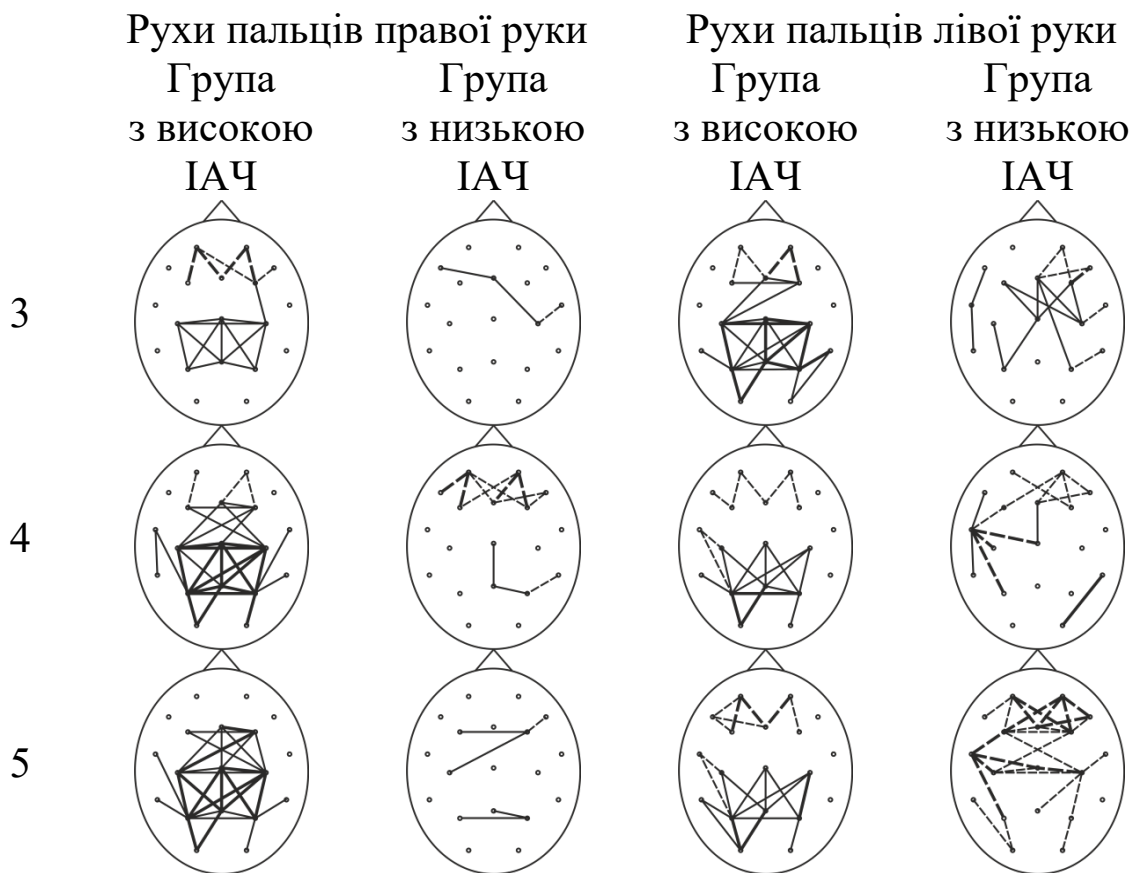
Виконання завдання лівою рукою забезпечує вагоме посилення когерентних взаємодій у корі в усіх обстежуваних ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном і рухами правою рукою (рис. 73, 74). Водночас, простежується відносне зниження показників у лобовій ділянці в обстежуваних із низькою  $\alpha$ -частотою, особливо в жінок ( $p \leq 0,05$ ).

*Міжгрупові відмінності.* Виконання рухів пальців без зусилля та із силовим навантаженням у чоловіків із низькою ІАЧ загалом супроводжується вищими показниками в лобових і задніх коркових структурах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з особами з високою  $\alpha$ -частотою (рис. 75). На противагу, почергові рухи пальцями лівої руки пов'язані з відносно нижчою Коґ  $\beta 1$ -коливань у лобово-скронево-центральної ділянці в чоловіків із низькою ІАЧ. У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою вища Коґ  $\beta 1$ -активності зареєстровано в лобових ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) під час рухів правою рукою без зусилля та із силовим навантаженням, ніж в обстежуваних із високою ІАЧ. Почергові рухи пальцями й застосування силового навантаження, особливо під час роботи лівою рукою, забезпечує порівняно нижча Коґ  $\beta 1$ -хвиль ЕЕґ у корі в жінок із низькою ІАЧ.



**Рис. 75. Міжгрупові відмінності когерентності  $\beta 1$ -коливань ЕЕґ під час рухів пальців**

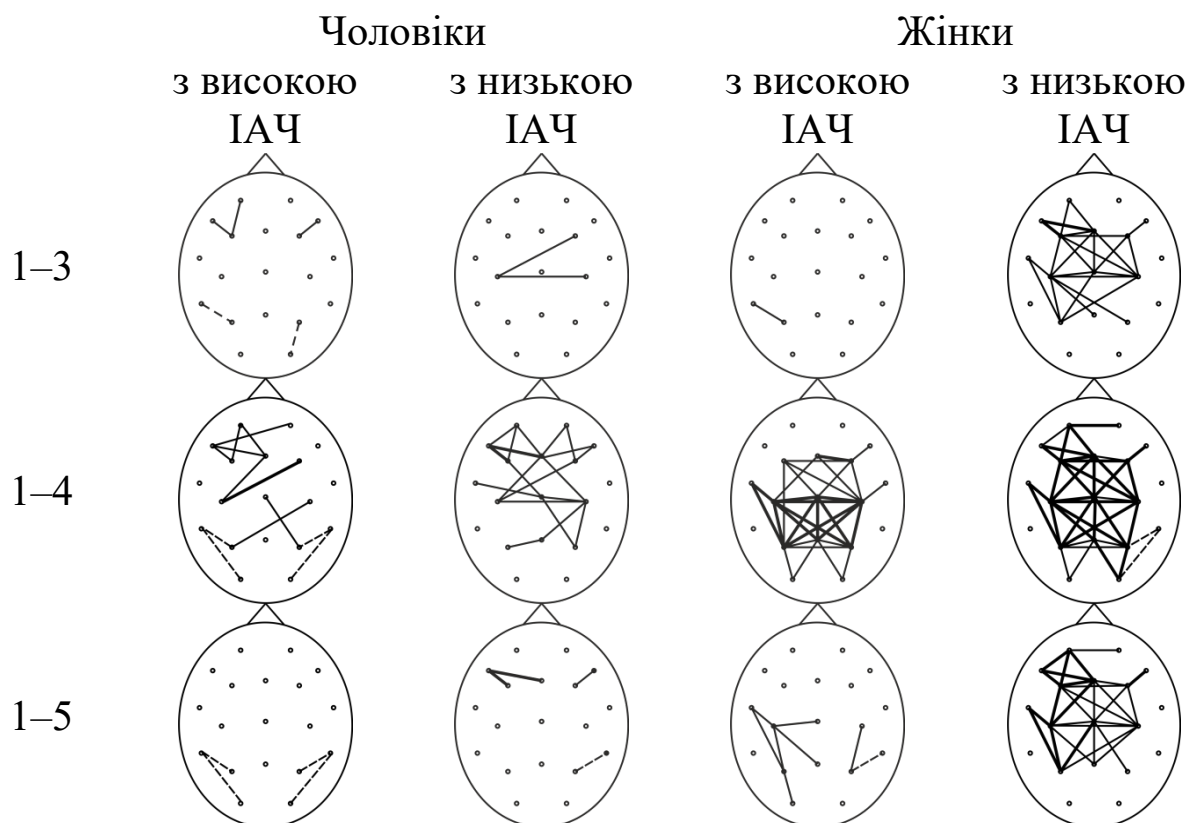
У групі обстежуваних із високою ІАЧ виконання моторних завдань пов'язано з вищими показниками в жінок у центральнотім'яній ділянці та нижчими в лобових відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж у чоловіків (рис. 76). Збільшення складності діяльності та її реалізація лівою рукою забезпечує збільшення дифузності та значущості встановлених закономірностей. У жінок із низькою ІАЧ під час роботи правою рукою виявлено переважання показників у задніх лобових і центральних ділянках ( $p \leq 0,05$ ), лівою рукою – зафіксовано нижчу Ког  $\beta 1$ - хвиль ЕЕГ у лобовій і скронево-центральної ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками цієї групи.



**Рис. 76.** Статеві відмінності когерентності  $\beta 1$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

**Зміни когерентності  $\beta 2$ -коливань ЕЕГ.** Стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля супроводжує збільшення значень Ког  $\beta 2$ -піддіпазону ЕЕГ у лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ) у чоловіків із високою ІАЧ, у задньолобово-центральної ділянці ( $p \leq 0,05$ ) – у чоловіків із низькою ІАЧ порівняно зі спокоєм (рис. 77). У жінок із високою ІАЧ такі зміни зафіксовано в лівій задньоскронево-тім'яній ділянці, із низькою  $\alpha$ -частотою – у лобово-центральному, лівих скронево-тім'яному йтім'яному відділах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Водночас, у

чоловіків із високою ІАЧ простежено зниження показників у задній скроневій і тім'яно-потиличній структурах кори ( $p \leq 0,05$ ).

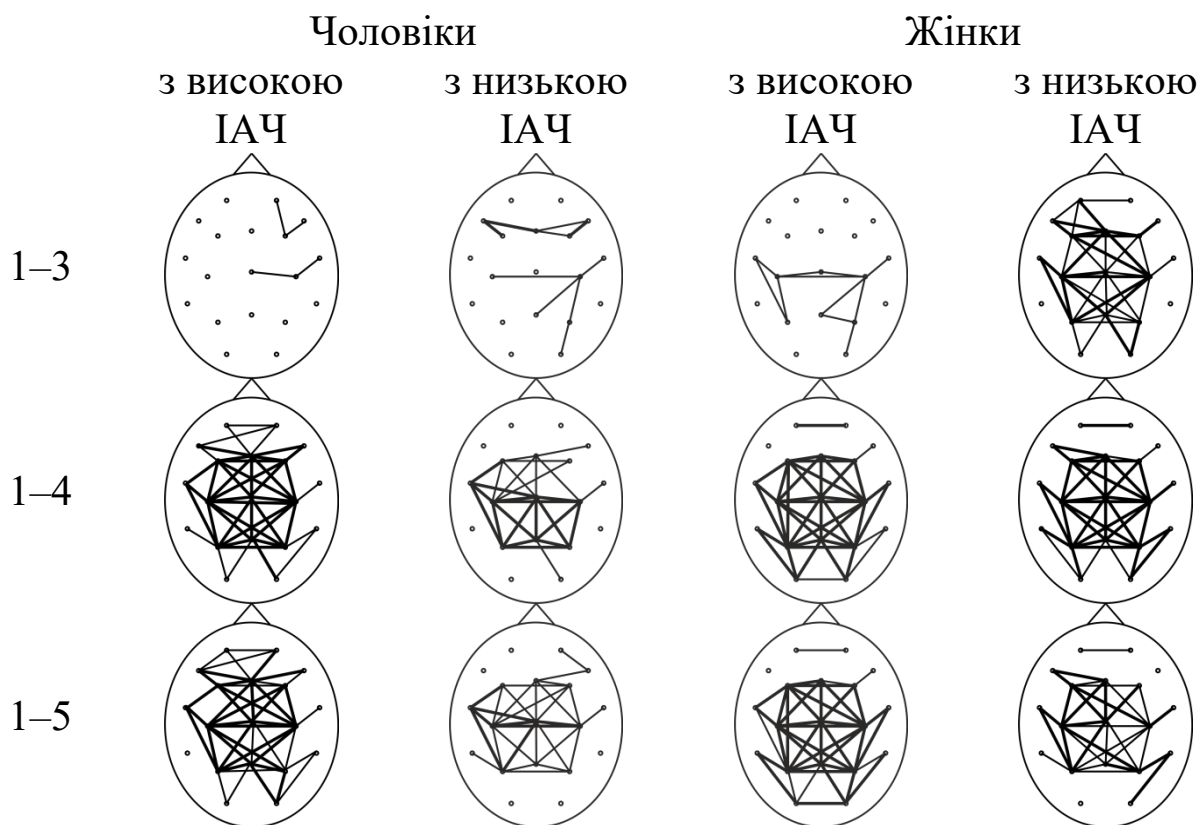


**Рис. 77. Зміни когерентності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою**

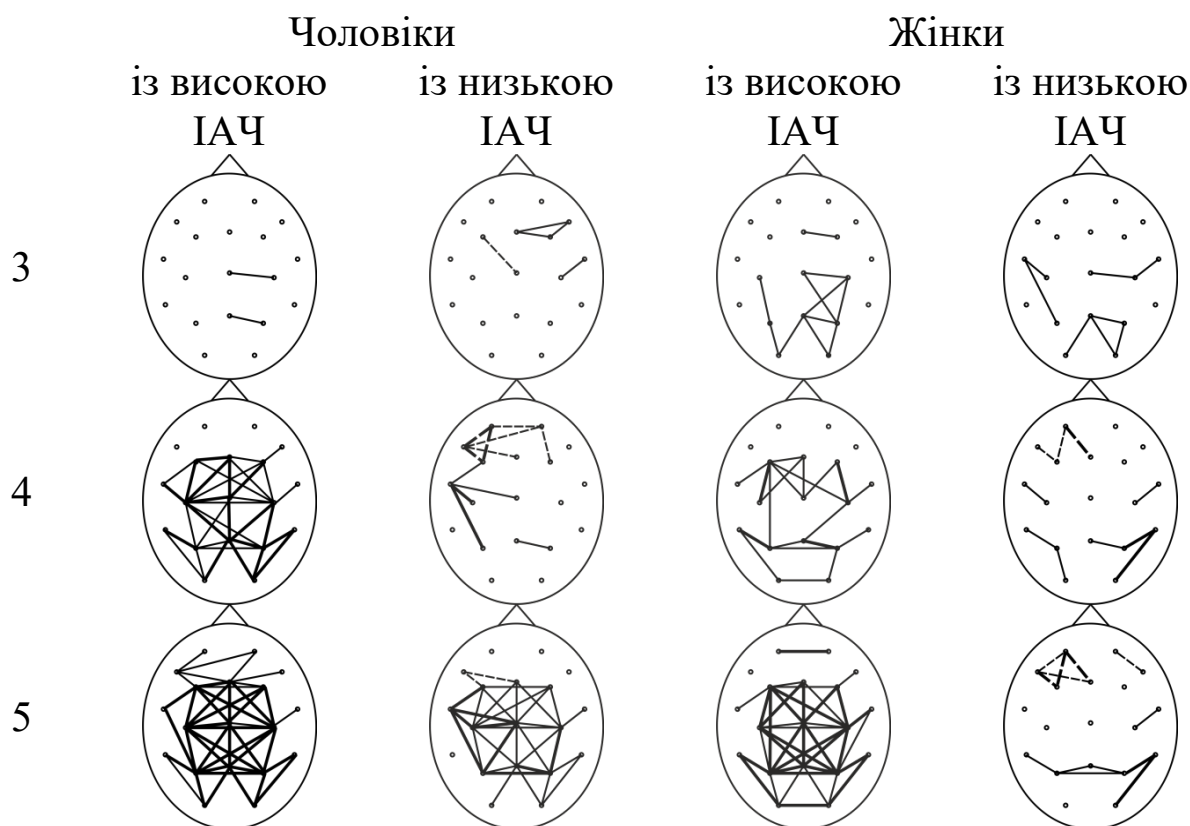
Реалізація завдання лівою рукою пов'язана зі зростанням значень Коґ  $\beta_2$ -ритму ЕЕГ, передусім у лобових і центральних відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з фоном та роботою правою рукою (рис. 78, 79). Значущість і дифузність таких змін вища в осіб із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у жінок.

Почергові рухи пальцями правої руки в усіх обстежуваних забезпечує збільшення значень між- і внутрішньопівкульової Коґ  $\beta_2$ -хвиль ЕЕГ у лобових, передніх скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном (рис. 77). Значущість і поширеність у корі такої динаміки більша в осіб із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у жінок. Водночас, у чоловіків із високою ІАЧ виявлено порівняне зниження показників у задньоскроневих, тім'яних і потиличних ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ).

Руки лівою рукою супроводжує вагоме посиленням когерентних взаємодій загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з фоном і виконанням завдання правою рукою (рис. 78, 79). Водночас, зафіксовано відносно нижчі показники в передніх лобових ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ).



**Рис. 78.** Зміни когерентності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



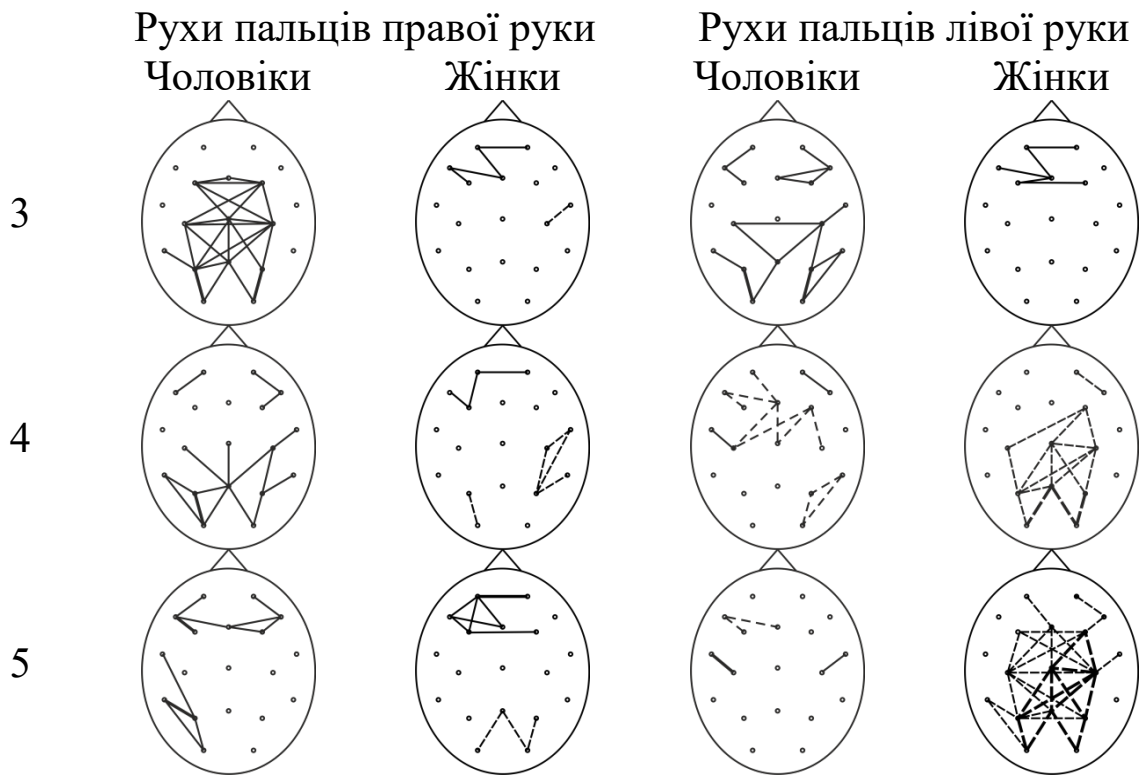
**Рис. 79.** Вплив латеральності працюючої руки на когерентність  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних

*Стискання і розтискання пальців кисті правою рукою із силовим навантаженням* у чоловіків із високою ІАЧ характеризує зменшення значень внутрішньопівкульової Коґ β2-піддіапазону ЕЕґ у симетричних задніх скроневих, тім'яних і потиличних ділянках ( $p \leq 0,05$ ), у чоловіків із низькою ІАЧ і жінок із високою α-частотою – у правих задньому скроневому і тім'яному відведеннях ( $p \leq 0,05$ ) порівняно зі спокоєм (рис. 77). Водночас, виявлено порівняне збільшення показників у чоловіків із низькою ІАЧ у лобовій ділянці ( $p \leq 0,001$ ), у жінок цієї групи – у лобових, передніх скроневих, центральних і тім'яних структурах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Значущість таких змін вища в лівій півкулі. У жінок із високою α-частотою виявлено порівняне збільшення Коґ β2-коливань ЕЕґ в лівопівкульових передній скроневої, центральній, тім'яній і потиличних ділянках ( $p \leq 0,05$ ).

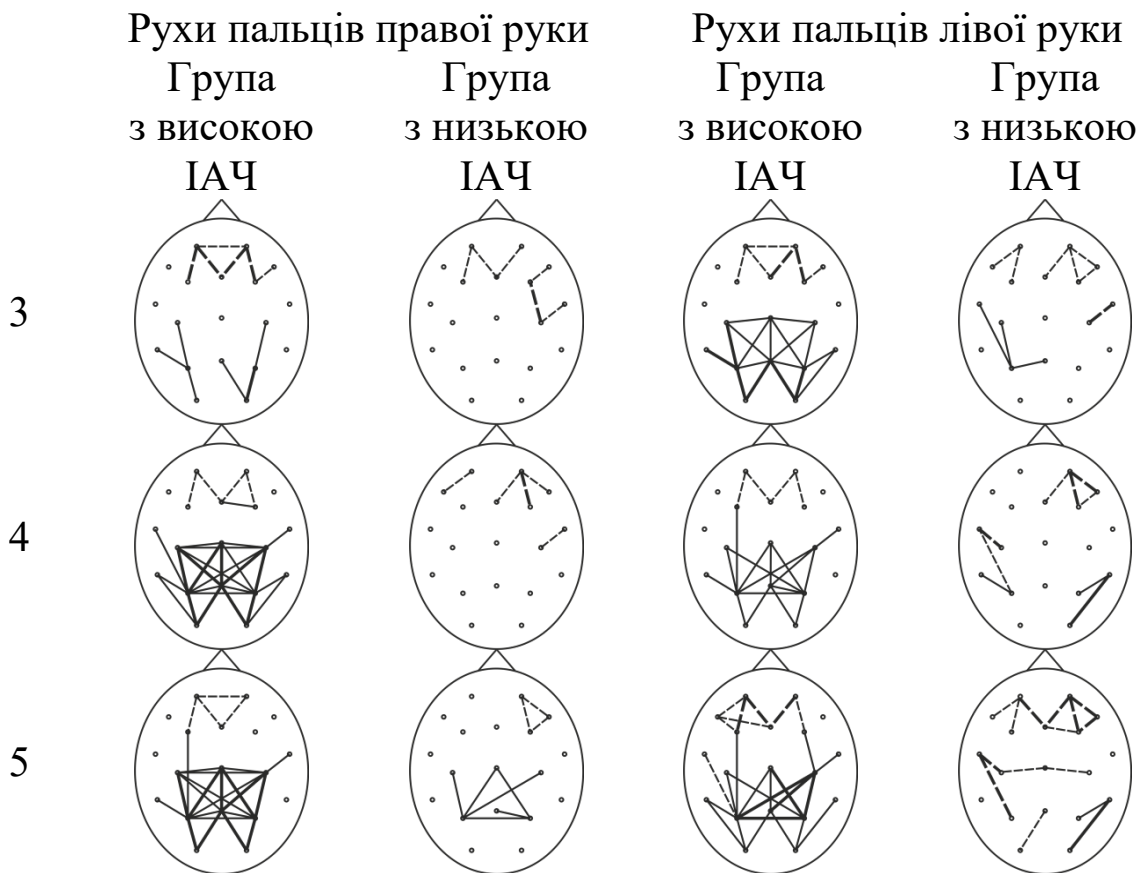
Під час роботи лівою рукою відзначено вагоме збільшення значень Коґ β2-хвиль ЕЕґ загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно фоном і виконанням завдання правою рукою (рис. 78, 79). Водночас, зафіксовано порівняно нижчі показники в передніх лобових ділянках кори ( $p \leq 0,05$ ).

*Міжгрупові відмінності.* Під час моторної діяльності в чоловіків із низькою ІАЧ встановлено вищі значення Коґ β2-піддіапазону ЕЕґ в корі, ніж в осіб із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 80). Рухи лівою рукою в чоловіків із низькою ІАЧ пов'язані з порівняним послабленням когерентних взаємодій у лобово-центральної і правій задній коркових ділянках під час перебирання пальців, у лівій лобовій ділянці – в умовах застосування силового навантаження ( $p \leq 0,05$ ). У жінок із низькою ІАЧ зареєстровано вищу Коґ β2-ритму ЕЕґ у лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) кори під час виконання рухів, передусім правою рукою, ніж у таких із високою α-частотою. Водночас, у жінок із низькою ІАЧ встановлено порівняно нижчі показники в задніх коркових структурах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Значущість такої відмінності посилюється при збільшенні складності завдань, особливо при їх виконанні лівою рукою.

Моторну діяльність у всіх жінок забезпечує нижча Коґ β2-хвиль ЕЕґ у лобових відведеннях ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) та вища в симетричних центральних, тім'яних, задніх скроневих і потиличних ділянках ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками (рис. 81). Значущість таких змін зростає пропорційно складності рухових завдань. Жінкам із низькою ІАЧ загалом властива більша локальність відмінностей у задніх коркових структурах.

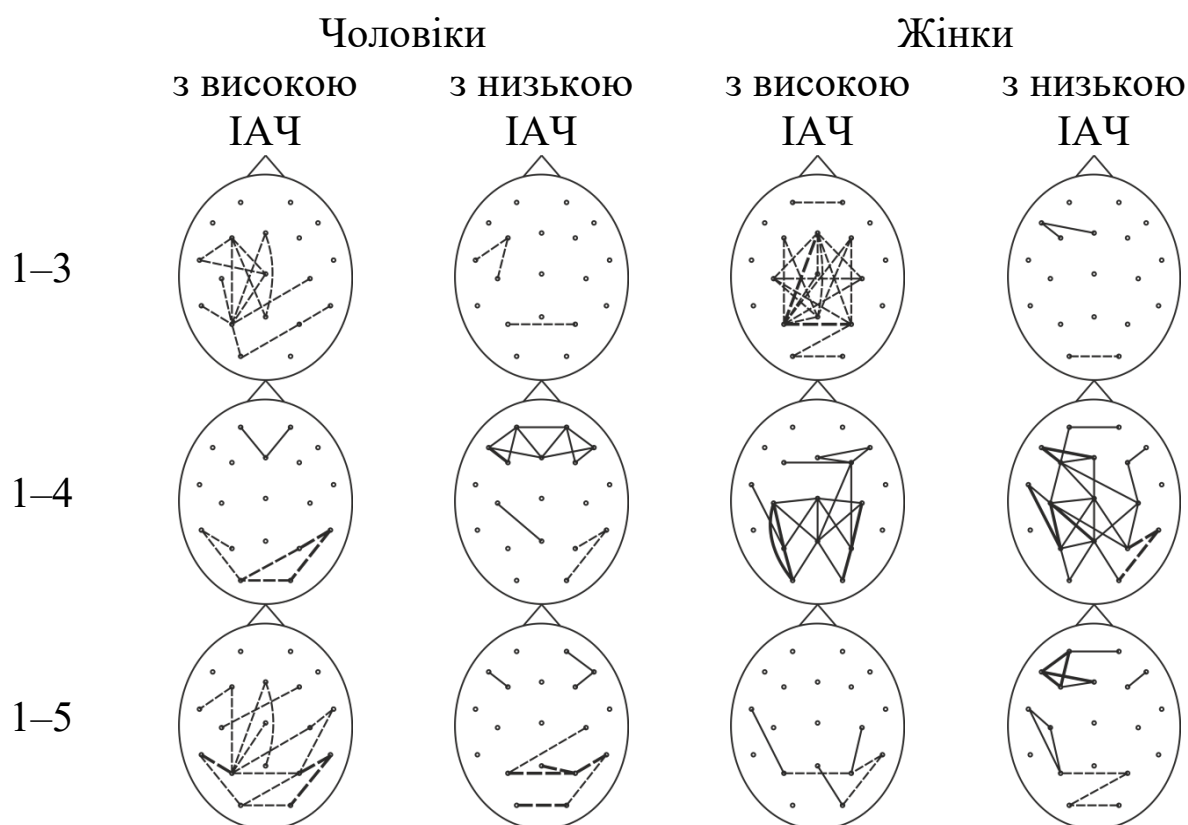


**Рис. 80. Міжгрупові відмінності когерентності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців**



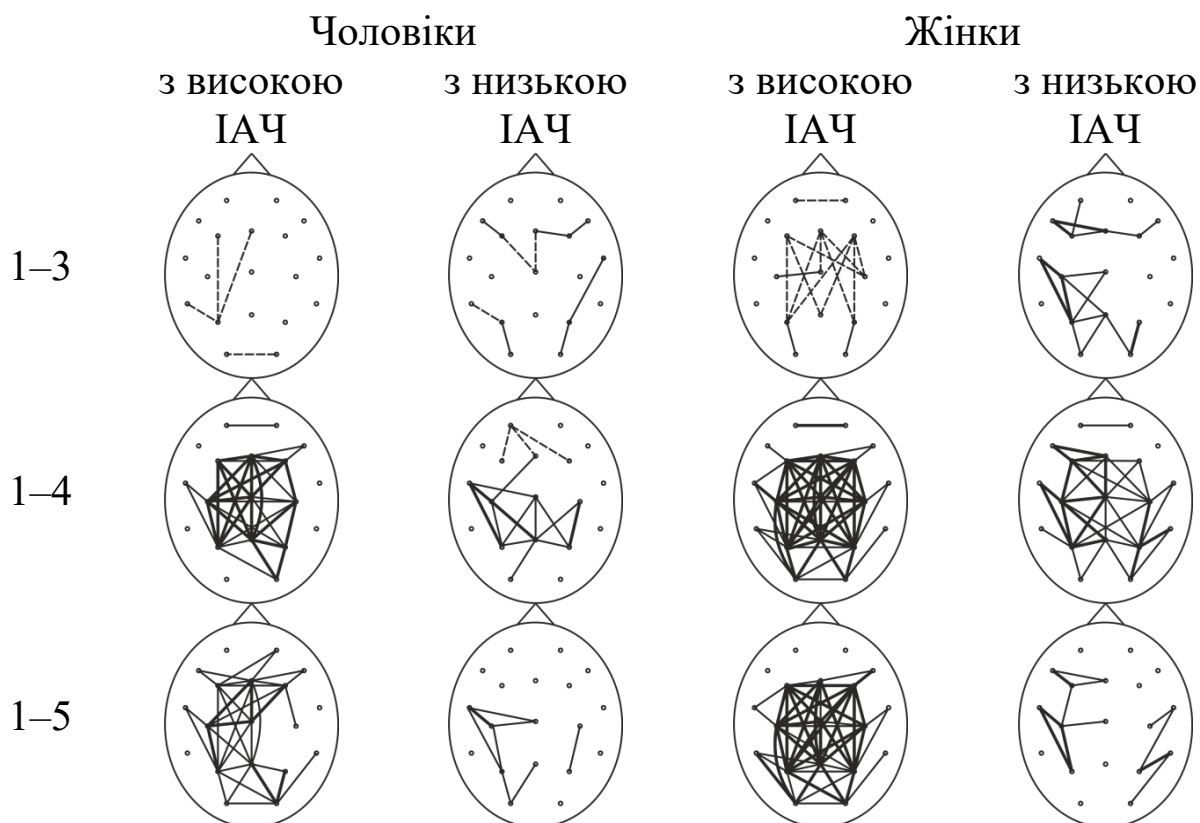
**Рис. 81. Статеві відмінності когерентності  $\beta_2$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних**

**Зміни когерентності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ.** За умови *стискання і розтискання пальців* правої руки без зусилля в усіх обстежуваних зафіксовано зниження значень Ког  $\gamma$ -активності в лобових, центральних, тім'яних і потиличних ділянках кори порівняно зі спокоєм (рис. 82). У чоловіків із високою ІАЧ такі зміни простежено в лівій півкулі ( $p \leq 0,05$ ), у жінок цієї групи – біпівкульово ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). Чоловіки із низькою ІАЧ, та особливо жінки, характеризуються більшою локальністю таких змін ( $p \leq 0,05$ ). На противагу, в жінок із низькою ІАЧ установлено порівняне зростання показників у лівій лобовій ділянці кори ( $p \leq 0,05$ ).

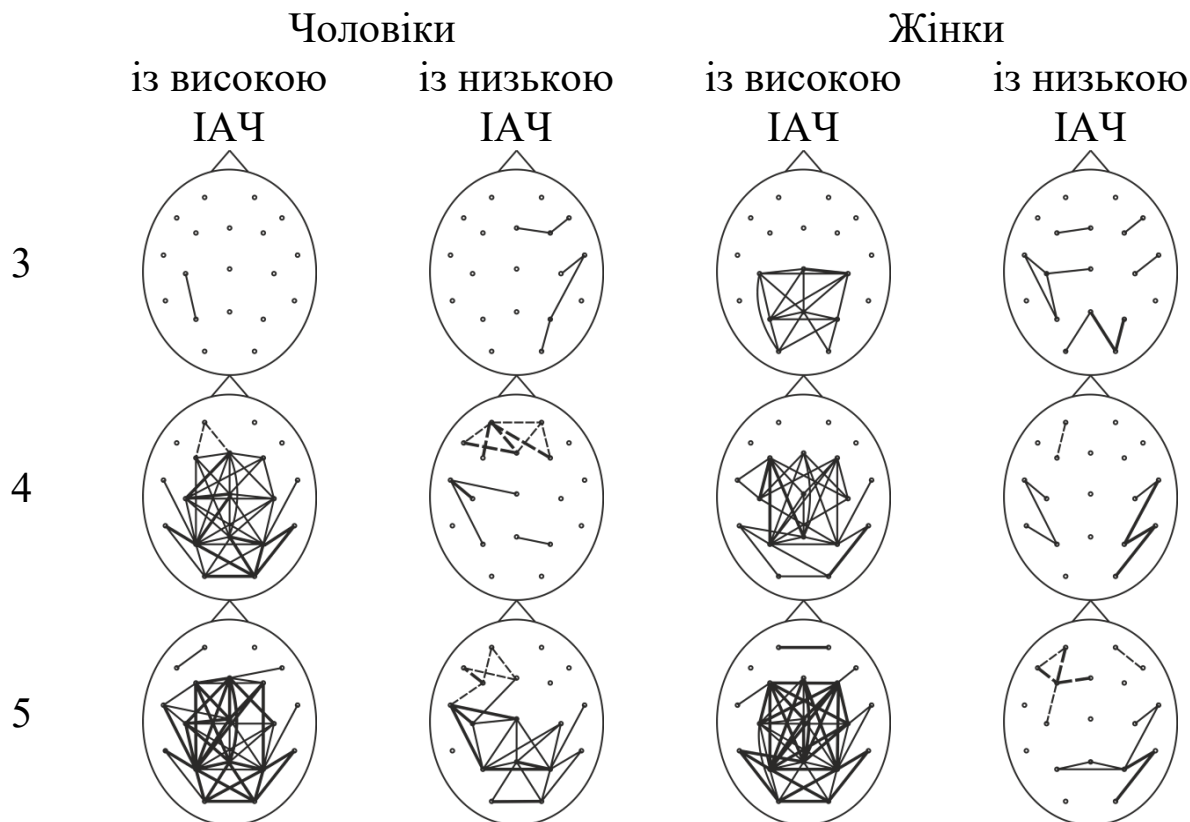


**Рис. 82.** Зміни когерентності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців правої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою

Під час виконання завдання лівою рукою в обстежуваних із високою ІАЧ простежуються зміни, установлені під час роботи правою рукою ( $p \leq 0,05$ ) (рис. 83). У чоловіків із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ) та в жінок ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) виявлено збільшення показників у лобових, скроневих і тім'яно-потиличних ділянках кори порівняно зі спокоєм. Діяльність лівою рукою в усіх обстежуваних, передусім із низькою  $\alpha$ -частотою, забезпечується вищою Ког  $\gamma$ -хвиль ЕЕГ у корі порівняно з правою рукою (рис. 84).



**Рис. 83.** Зміни когерентності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців лівої руки в групах обстежуваних порівняно зі станом спокою



**Рис. 84.** Вплив латеральності працюючої руки на когерентність  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців у групах обстежуваних



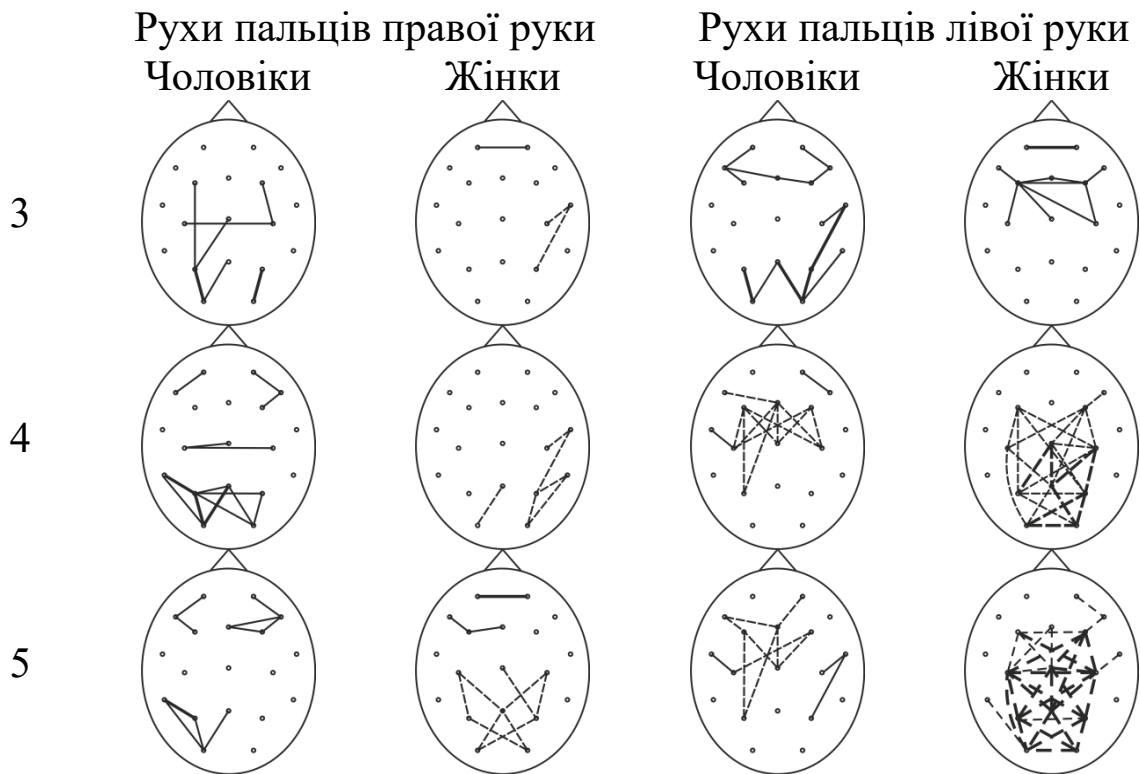
*Почергові рухи пальцями* правої руки в усіх чоловіків відзначається збільшенням значень Коґ  $\gamma$ -активності ЕЕґ у лобовій ділянці, в усіх жінок – загалом у корі ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі спокоєм (рис. 82). Така закономірність більш значуща в осіб із низькою ІАЧ. Водночас, у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою зафіксовано відносне зниження показників у задніх скроневих, тім'яних і потиличних ділянках кори обох півкуль ( $p \leq 0,05$ ), в усіх обстежуваних із низькою ІАЧ – правої півкулі ( $p \leq 0,05$ ).

Реалізацію завдання лівою рукою в обстежуваних із високою ІАЧ характеризує генералізоване посилення когерентних взаємодій у  $\gamma$ -смузі ЕЕґ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 83). Такі зміни мають меншу значущість в осіб із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,001$ ). При цьому в усіх чоловіків, особливо з низькою ІАЧ, та в жінок із низькою ІАЧ виявлено відносне зменшення показників у передніх лобових відведеннях кори ( $p \leq 0,05$ ).

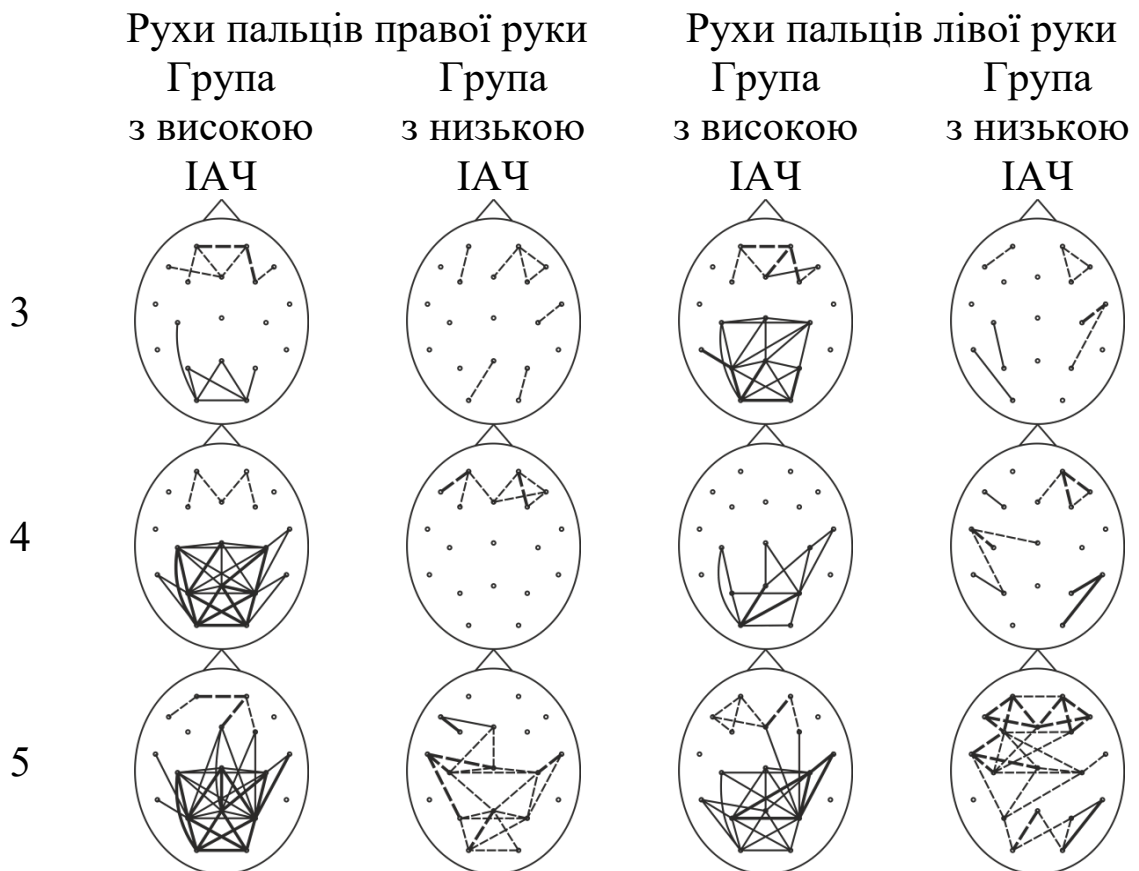
*Стискання і розтискання пальців* правої руки із силовим навантаженням в усіх обстежуваних, особливо в чоловіків із високою ІАЧ, відзначено послабленням когерентних взаємодій у центральних, задніх скроневих, тім'яних і потиличних коркових структурах ( $p \leq 0,05$ ) порівняно зі станом спокою (рис. 82). Водночас, в осіб із низькою ІАЧ виявлено порівняне збільшення показників у лобовій ділянці кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Виконання завдання лівою рукою в усіх обстежуваних супроводжує збільшення значень Коґ  $\gamma$ -хвиль ЕЕґ у корі ( $p \leq 0,05$ ) порівняно зі станом спокою та роботою правою рукою (рис. 83, 84). Такі зміни мають вищу значущість та більш поширені в корі в осіб із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ). У групі з низькою  $\alpha$ -частотою збільшення показників має локальніший характер. При цьому в них зареєстроване порівняне зниження показників у лобовій ділянці ( $p \leq 0,05$ ) порівняно зі спокоєм.

*Міжгрупові відмінності.* Виконання рухових завдань різного характеру правою рукою в чоловіків із низькою  $\alpha$ -частотою відзначено вищими значеннями Коґ  $\gamma$ -хвиль ЕЕґ у лобових, центральних і тім'яно-потиличних структурах ( $p \leq 0,05$ ), ніж в осіб із високою ІАЧ (рис. 85). Водночас, реалізацію завдань підвищеної складності лівою рукою забезпечує відносним зниження показників у чоловіків із низькою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ). У жінок із низькою ІАЧ мануальна моторика правою рукою забезпечується вищою Коґ  $\gamma$ -коливань ЕЕґ у лобовій ділянці й нижчою в задніх скроневих, тім'яних і потиличних відділах



**Рис. 85. Міжгрупові відмінності когерентності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час рухів пальців**



**Рис. 86. Статеві відмінності когерентності  $\gamma$ -коливань ЕЕГ під час мануальної моторної діяльності в обстежуваних групах**

кори ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), ніж в осіб із високою ІАЧ. Під час почергових рухів пальцями ( $p \leq 0,05$ ) та мануальних рухів із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) лівою рукою в жінок із низькою ІАЧ виявлено порівняно нижчі показники загалом у корі.

У групі обстежуваних із високою ІАЧ під час виконання рухів різного характеру в жінок зафіксовано порівняно нижчі показники в лобовій ділянці ( $p \leq 0,05$ ) та вищі – у центральних, тім'яних і потиличних відділах ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (рис. 86). У жінок із низькою ІАЧ упродовж тестування зареєстровано нижчу Ког  $\gamma$ -активності в корі ( $p \leq 0,05$ ), ніж у чоловіків. Значущість таких відмінностей збільшується під час застосування силового навантаження.

### **Висновки**

1. У чоловіків під час стискання і розтискання пальців без зусилля у відповідь на сенсорні стимули виявлено зменшення значень когерентності  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\alpha 3$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -активності в корі та їх зростання в  $\alpha 2$ -піддіапазоні – у лобових, передніх скроневих і центральних відділах, на частоті  $\beta$ -коливань – у лобових відведеннях кори. Зміни когерентності супроводжуються зниженням потужності електричної активності в задніх скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори, її локальним збільшенням у  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\beta 2$ -частотах у лобових відведеннях. У жінок такі зміни потужності більш генералізовані, значення Ког у корі збільшуються в усьому частотному діапазоні, посилюються лобово-центральної взаємодії.

2. Стискання і розтискання пальців у почерговому порядку, із силовим навантаженням у відповідь на сенсорні стимули в групах обстежуваних супроводжує збільшення значущості і поширеності в корі змін, виявлених під час мануальних рухів без зусилля. Почергові рухи пальцями пов'язані з вищим рівнем потужності й когерентності  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -коливань ЕЕГ у лобових і центральних ділянках, рухи із силовим навантаженням – нижчою когерентністю в корі в діапазоні низьких ( $\theta$ -,  $\alpha 1$ -) і високих ( $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -) частот спектра ЕЕГ, генералізованою депресією  $\alpha$ - і  $\beta 1$ -активності. В чоловіків із низькою ІАЧ і в жінок із високою ІАЧ за цих умов виявлено зростання потужності  $\alpha 3$ -коливань у лобових ділянках.

3. Виконання моторних завдань лівою рукою в групах обстежуваних відзначає збільшення рівня когерентності коливань ЕЕГ у корі та зниження потужності  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta 1$ -активності кори, передусім у задніх коркових структурах, її генералізоване збільшення у  $\beta 2$ - і

$\gamma$ -піддіапазонах. Такі зміни мають більшу значущість в обстежуваних із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у жінок.

4. Міжгрупові й статеві відмінності під час мануальних рухів без зусилля правою рукою загалом відповідають таким у стані спокою.

5. Ускладнення моторних завдань пов'язано з нижчою потужністю і когерентністю коливань ЕЕГ в обстежуваних із високою ІАЧ, вищою потужністю  $\alpha 1$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності лобових ділянок, ніж у групі з низькою ІАЧ. Виконання рухів лівою рукою супроводжує відносно вищі значення когерентності  $\alpha 3$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -коливань ЕЕГ загалом у корі в осіб із високою ІАЧ.

6. Під час почергових рухів пальцями, рухів із силовим навантаженням, рухів лівою рукою жінки відзначаються вищою потужністю  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -активності в передніх коркових відділах,  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль по всьому скальпу, нижчою – у  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -піддіапазонах ЕЕГ у корі порівняно із чоловіками. У жінок за цих умов встановлено вищі значення когерентності в центральних і тім'яно-потиличних відділах кори, нижчі – у лобових і скроневих ділянках, ніж у чоловіків.

## **ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ ПОВЕРХНЕВИХ М'ЯЗІВ ЗГИНАЧІВ І РОЗГИНАЧІВ ПАЛЬЦІВ КИСТІ ПІД ЧАС ТА ВИКОНАННЯ РУХІВ ПАЛЬЦІВ У ЧОЛОВІКІВ І ЖІНОК ІЗ ВИСОКОЮ ТА НИЗЬКОЮ ІНДИВІДУАЛЬНОЮ $\alpha$ -ЧАСТОТОЮ**

Електроміографія (ЕМГ) – об'єктивний метод оцінювання стану периферійної частини нервово-м'язового апарату людини. Таким методом ми досліджували біоелектричні процеси, пов'язані зі збудженням рухових одиниць (РО) м'язів під час реалізації центрально-координованої моторної діяльності в обстежуваних із різним рівнем індивідуальної  $\alpha$ -частоти. Електрична активність РО працюючих м'язів при цьому виступає в ролі інтегрального критерію їх функціонального стану в процесі центрального програмування та низхідної спеціалізованої регуляції нервово-м'язової периферії. Основну увагу приділяли вивченню: 1) особливостей електричної активності м'язів у групах обстежуваних у стані функціонального спокою та за однієї і тієї самій форми моторної активності, 2) співвідношень змін електричної активності одного й того самого м'яза за різних форм моторної активності, 3) співвідношень між електричною активністю м'язів згиначів та розгиначів, правої та лівої рук за різних форм моторної активності.

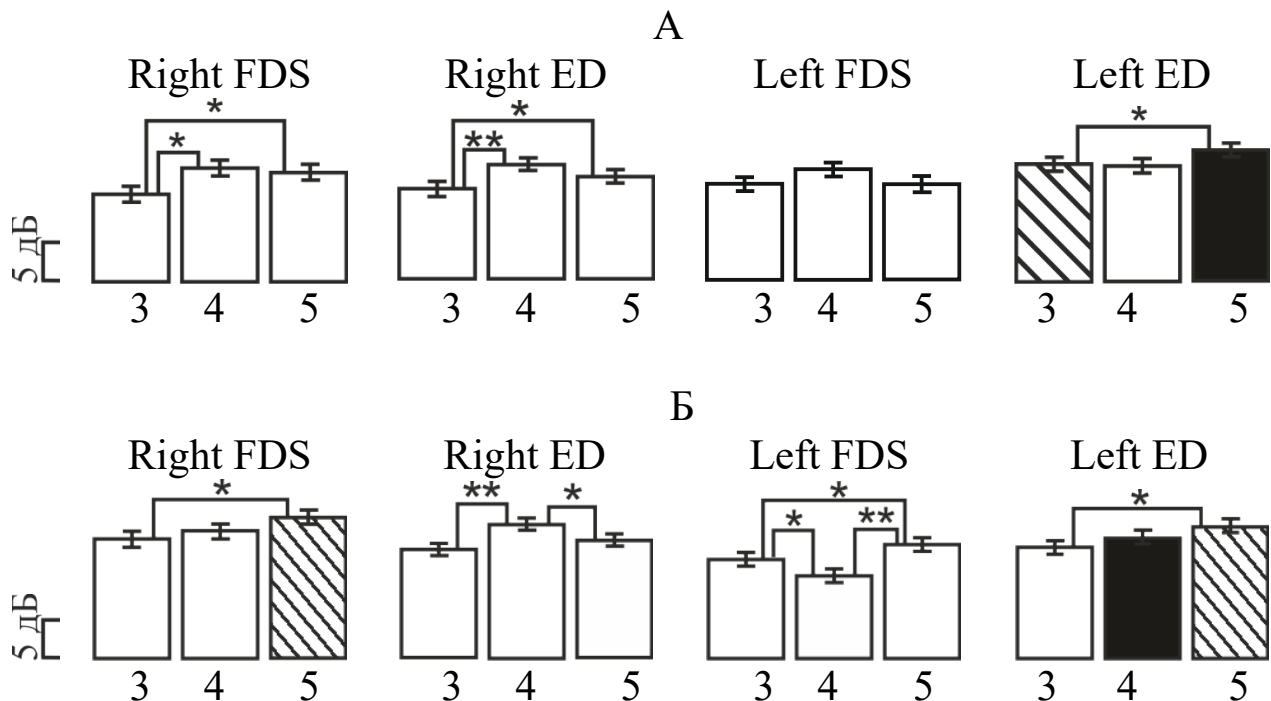
Як параметри електричної активності поверхневих м'язів згиначів і розгиначів пальців кисті під час дії моторних навантажень аналізували зміни середньої амплітуди та середньої частоти коливань їх ЕМГ. Для кількісного оцінювання таких параметрів розраховували логарифмічні коефіцієнти їх змін – приросту середньої амплітуди (дБ) та спаду середньої частоти (дБ) коливань ЕМГ. Використання таких кількісних показників роботи м'язів зумовлене значними розбіжностями у величині похибки середніх даних у спокої та під час мануальної моторики в обстежуваних. Способи обрахунку таких коефіцієнтів наведені в розділі «Методичні аспекти дослідження».

У розділі проведений кількісний та якісний аналіз параметрів сумарної ЕМГ під час мануальної моторики в осіб із різним рівнем вихідної  $\alpha$ -частоти. Завершено розділ висновками.

Зміни параметрів ЕМГ під час здійснення рухів пальців у групах обстежуваних ілюстровано на рис. 87–90, табл. 6–9.

**Зміни середньої амплітуди коливань ЕМГ у групах обстежуваних.** Під час виконання рухів пальців у всіх обстежуваних зареєстровано збільшення значень логарифмічного коефіцієнта приросту

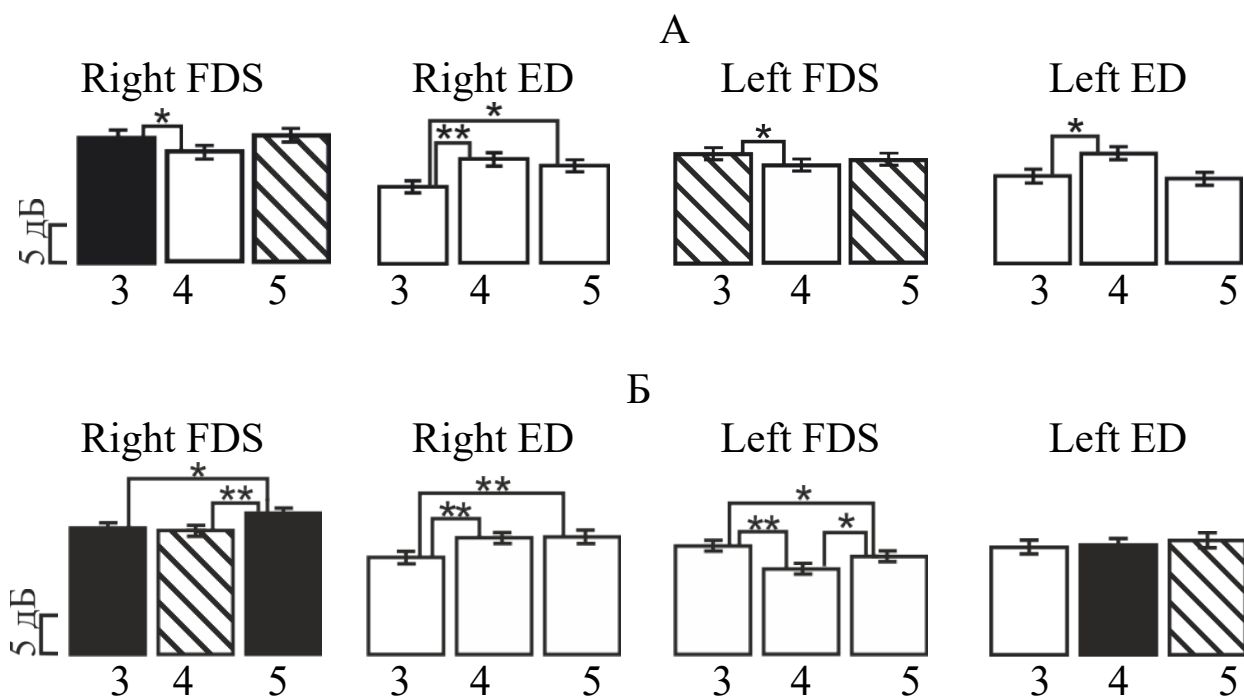
(ЛКП) середньої амплітуди коливань ЕМГ усіх працюючих м'язів порівняно зі станом спокою (рис. 87, 88). У чоловіків із високою ІАЧ установлено збільшення ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів згиначів і розгиначів правої руки під час почергових рухів пальцями (відповідно,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ) і рухів із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з рухами без зусилля (рис. 87: А). Показники м'язів-антагоністів правої руки не мають значущих відмінностей. Під час роботи лівою рукою не зафіксовано значущих відмінностей між етапами моторної діяльності та порівняно з правою рукою. Водночас, ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань м'язів-розгиначів за умови виконання рухів пальців без зусилля ( $p \leq 0,05$ ) та із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ) вищий, ніж згиначів.



**Рис. 87.** Логарифмічний коефіцієнт (дБ) приросту середньої амплітуди коливань ЕМГ поверхневих м'язів згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis, FDS*) та розгиначів (*musculus extensor digitorum, ED*) пальців кисті правої (*right*) та лівої (*left*) рук у групах чоловіків.

Примітки до рис. 87– 90:

- 1) 3 – стискання і розтискання пальців без зусилля; 4 – почергові рухи пальцями; 5 – стискання і розтискання пальців із силовим навантаженням;
- 2) \* \*\* – значущі відмінності між тестами,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ;
- 5) – значущі відмінності ЛКПА ЕМГ-коливань (дБ) між м'язами-антагоністами, відповідно  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ .



**Рис. 88.** Логарифмічний коефіцієнт (дБ) приросту середньої амплітуди коливань ЕМГ поверхневих м'язів згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis, FDS*) та розгиначів (*musculus extensor digitorum, ED*) пальців кисті правої (*right*) та лівої (*left*) рук у групах жінок.

У жінок із високою ІАЧ виявлено зниження ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань м'язів згиначів і збільшення показників м'язів розгиначів правої та лівої рук під час почергових рухів пальцями порівняно з 3-м етапом тестування (рис. 88: А). Стискання і розтискання пальців без зусилля ( $p \leq 0,001$ ) та із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ) ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів-згиначів правої та лівої рук ( $p \leq 0,05$ ) більший порівняно з розгиначами. Значення ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань усіх м'язів правої руки, особливо згиначів, вищі, ніж лівої руки ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (табл. 6, 7).

**Таблиця 6**

**Логарифмічний коефіцієнт приросту середньої амплітуди (Дб,  $M \pm m$ ) коливань ЕМГ м'язів згиначів під час мануальної моторики в обстежуваних групах**

	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
<b>виконання завдань правою рукою</b>				
<b>3</b>	11,75±0,89	16,61±0,34**	15,85±0,99∧	16,87±0,43
<b>4</b>	15,28±0,84	14,51±0,57	16,98±1,09	16,53±0,31∧
<b>5</b>	14,66±0,85	16,73±0,55*	18,74±0,89∧	18,81±0,43∧

*Закінчення таблиці 6*

<b>виконання завдань лівою рукою</b>				
<b>3</b>	12,60±0,81	14,55±0,49*	13,32±0,73	14,25±0,44
<b>4</b>	14,42±0,82 <sup>^</sup>	12,85±0,53 <sup>^</sup>	11,12±0,61	11,24±0,42
<b>5</b>	12,45±1,02 <sup>^</sup>	13,60±0,50	15,35±0,73*	12,86±0,42
<b>t 3</b>		++	+	++
<b>t 4</b>		+	++	++
<b>t 5</b>		++	+	++

Примітки до табл. 6 – 9 :

- 1) 3 – стискання і розтискання пальців без зусилля; 4 – почергові рухи пальцями; 5 – стискання і розтискання пальців із силовим навантаженням;
- 2) + ++ – відмінності параметрів ЕМГ м'язів правої та лівої рук,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ .
- 3) \* \*\* – статеві відмінності параметрів ЕМГ,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ ;
- 4) <sup>^</sup> <sup>^^</sup> – міжгрупові відмінності параметрів ЕМГ,  $p \leq 0,05$  і  $p \leq 0,001$ .

*Таблиця 7*

**Логарифмічний коефіцієнт приросту середньої амплітуди  
(Дб,  $M \pm m$ ) коливань ЕМГ м'язів розгиначів під час мануальної  
моторики в обстежуваних групах**

Група Тест	Із високим рівнем ІЧА		Із низьким рівнем ІЧА	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
<b>виконання завдань правою рукою</b>				
<b>3</b>	12,08±0,80	11,54±0,76	14,32±0,71* <sup>^</sup>	12,80±0,30
<b>4</b>	15,27±0,44	15,55±0,65	17,67±0,65* <sup>^</sup>	15,43±0,54
<b>5</b>	13,67±0,55	14,32±0,70	15,46±0,70 <sup>^</sup>	15,54±0,32
<b>виконання завдань лівою рукою</b>				
<b>3</b>	15,51±0,66**	11,57±0,79	14,86±0,62	14,11±0,51 <sup>^</sup>
<b>4</b>	15,26±0,71	13,94±0,85	16,02±0,60*	14,41±0,49
<b>5</b>	17,24±0,80**	11,24±0,86	17,54±0,64*	15,03±0,59 <sup>^</sup>
<b>t 3</b>	+			+
<b>t 4</b>		+	+	
<b>t 5</b>	++	+	+	



У чоловіків із низькою ІАЧ під час почергових рухів пальців правої руки виявлено посилення ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів розгиначів ( $p \leq 0,001$ ), при рухах із силовим навантаженням – м'язів згиначів ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з контролем ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 87: Б). Показники м'язів згиначів переважають такі м'язів розгиначів під час виконання завдання із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ) правою рукою. Під час роботи лівою рукою зафіксовано нижчі значення ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань м'язів згиначів за умови перебирання пальцями, ніж під час 3-го етапу експерименту. Діяльність із силовим навантаженням лівою рукою пов'язана з порівняним збільшенням показників м'язів згиначів і розгиначів. Значення ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів розгиначів, особливо за умови ускладнення моторних завдань, вищі, ніж згиначів ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

Жінки з низькою ІАЧ під час почергових рухів пальцями правої руки, особливо рухів із силовим навантаженням, відзначаються вагомим зростанням значень ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань м'язів згиначів і розгиначів, порівняно з 3-м етапом експерименту ( $p \leq 0,001$ ) (рис. 88: Б). Виконання всіх моторних завдань правою рукою забезпечується вищими показниками м'язів згиначів ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно з розгиначами. Почергові рухи пальцями ( $p \leq 0,001$ ) та діяльність із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ) лівою рукою пов'язана зі зменшенням ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів згиначів порівняно з 3-м етапом тестування. Відповідні значущі відмінності показників м'язів розгиначів між різними етапами експерименту не зареєстровані. Водночас, під час ускладнення завдань значення ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань м'язів розгиначів вищі, ніж такі згиначів ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ).

*Міжгрупові відмінності.* Чоловіки з низькою ІАЧ під час виконання моторних завдань правою рукою характеризуються вищими значеннями ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань м'язів згиначів та розгиначів, ніж особи із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ) (табл. 6, 7). За умови роботи лівою рукою зафіксовано порівняно вищі показники м'язів згиначів під час ускладнення моторної діяльності, у чоловіків із високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ). Жінки із низькою ІАЧ під час виконання рухів правою рукою відзначаються вищим ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-сигналу м'язів згиначів ( $p \leq 0,05$ ), лівою рукою – м'язів розгиначів ( $p \leq 0,05$ ), ніж обстежувані з високою ІАЧ. Водночас, в останніх

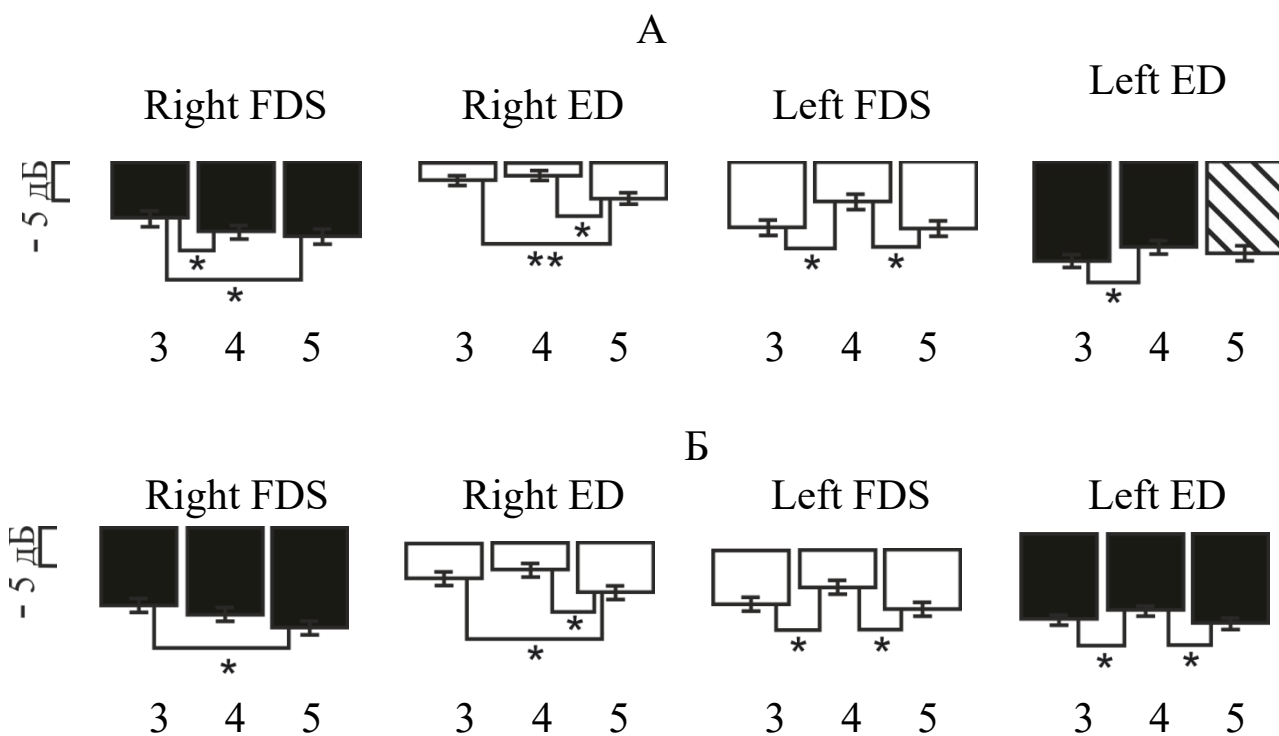
виявлено вищі показники м'язів згиначів за умови перебирання пальців лівої руки ( $p \leq 0,05$ ).

У групі обстежуваних із високою ІАЧ у жінок простежено вищі значення ЛКП середньої амплітуди ЕМГ-коливань м'язів згиначів правої і лівої рук під час манульної моторики без зусилля та із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) порівняно із чоловіками. Показники м'язів розгиначів лівої руки відносно вищі в чоловіків ( $p \leq 0,001$ ). У жінок із низькою ІАЧ встановлено нижчі показники м'язів згиначів лівої руки ( $p \leq 0,05$ ) за умови застосування силового навантаження, а також м'язів розгиначів ( $p \leq 0,05$ ) під час різних етапів моторного тестування порівняно із чоловіками цієї групи.

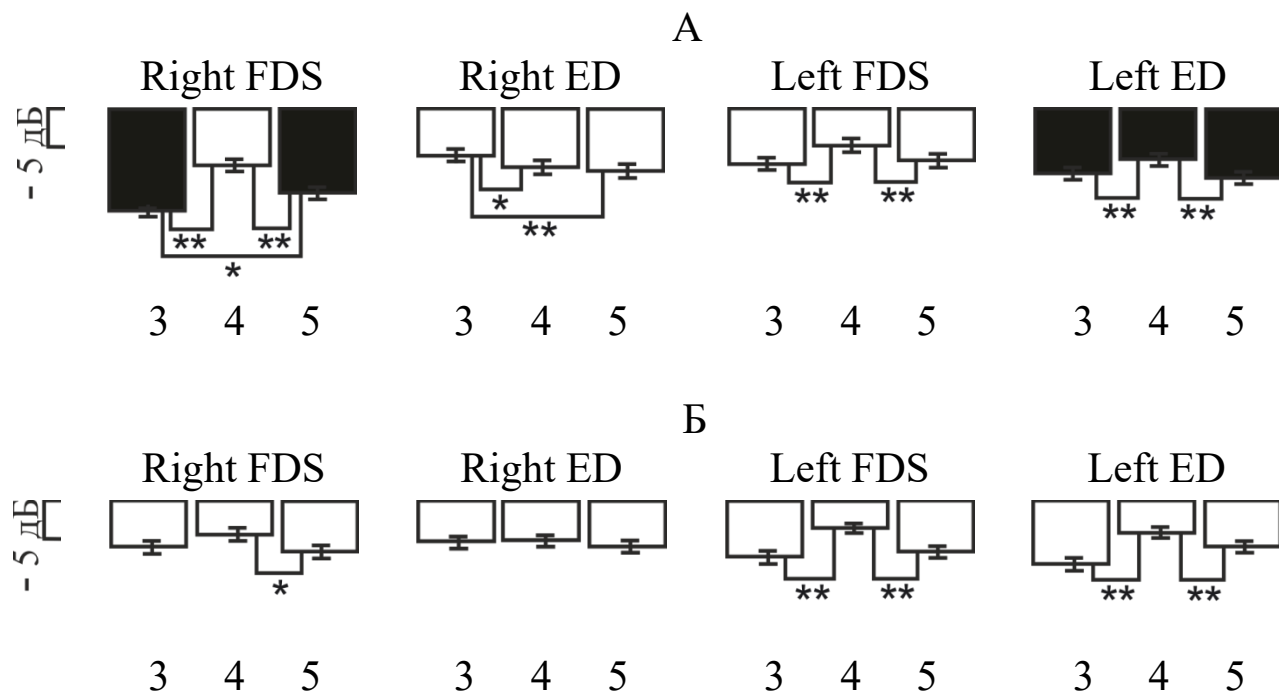
**Зміни середньої частоти коливань ЕМГ у групах обстежуваних.** У всіх обстежуваних під час виконання мануальних моторних завдань різного характеру зареєстровано збільшення значень логарифмічного коефіцієнту спаду (ЛКС) середньої частоти ЕМГ-активності (рис. 89, 90).

У чоловіків із високою ІАЧ почергові рухи пальцями, особливо рухи із силовим навантаженням правою рукою, призводять до зростання ЛКС середньої частоти ЕМГ-сигналу м'язів згиначів ( $p \leq 0,05$ ) порівняно з 3-м етапом тестування (рис. 89: А). Таку закономірність у м'язах розгиначах зафіксовано під час застосування силового навантаження ( $p \leq 0,001$ ). Загалом значення ЛКС середньої частоти ЕМГ-хвиль м'язів згиначів правої руки вищі, ніж розгиначів ( $p \leq 0,001$ ). За умови манульної моторики різного характеру лівою рукою встановлено вагоме зростання ЛКС середньої частоти ЕМГ-хвиль м'язів розгиначів ( $p \leq 0,001$ ) порівняно зі згиначами та з правою рукою (табл. 8, 9). Водночас, показники м'язів згиначів лівої руки під час почергових рухів пальцями нижчі ( $p \leq 0,05$ ), ніж правою рукою.

У жінок із високою ІАЧ ЛКС середньої частоти ЕМГ-коливань м'язів згиначів правої руки знижується під час застосування силового навантаження ( $p \leq 0,05$ ) і почергових рухів пальцями ( $p \leq 0,001$ ), порівняно з 3-м етапом експерименту (рис. 90: А). Показники м'язів згиначів під час рухів пальців без зусилля та із силовим навантаженням вагомо перевищують такі розгиначів ( $p \leq 0,001$ ). На противагу, виявлено поступове збільшення ЛКС середньої частоти ЕМГ-зубців м'язів розгиначів під час збільшення складності моторних завдань ( $p \leq 0,05$ ). Робота лівою рукою супроводжується вагомим зменшенням показників м'язів



**Рис. 89.** Логарифмічний коефіцієнт (дБ) спадання середньої частоти коливань ЕМГ поверхневих м'язів згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis, FDS*) та розгиначів (*musculus extensor digitorum, ED*) пальців кисті правої (*right*) та лівої (*left*) рук у групах чоловіків.



**Рис. 90.** Логарифмічний коефіцієнт (дБ) спадання середньої частоти коливань ЕМГ поверхневих м'язів згиначів (*musculus flexor digitorum superficialis, FDS*) і розгиначів (*musculus extensor digitorum, ED*) пальців кисті правої (*right*) та лівої (*left*) рук у групах жінок.

згиначів ( $p \leq 0,001$ ), особливо під час почергових рухів пальцями порівняно з правою рукою (табл. 8). Значення ЛКС середньої частоти коливань ЕМГ м'язів розгиначів загалом під час моторного тестування більші, ніж згиначів ( $p \leq 0,001$ ). Реалізацію рухів пальців без зусилля ( $p \leq 0,001$ ) та із силовим навантаженням відзначає відносне зростання показників м'язів розгиначів лівої руки порівняно з правою рукою. Водночас, вони відносно нижчі під час почергових рухів пальцями ( $p \leq 0,05$ ).

**Таблиця 8**

**Логарифмічний коефіцієнт спадання середньої частоти (Дб,  $M \pm m$ ) коливань ЕМГ м'язів згиначів під час мануальної моторики в обстежуваних групах**

Група Тест	Із високим рівнем ІЧА		Із низьким рівнем ІЧА	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
<b>виконання завдань правою рукою</b>				
<b>3</b>	-7,32±0,70	-13,54±,61**^^	-10,22±0,85**^	-5,05±0,70
<b>4</b>	-9,20±0,62*	-7,51±0,45^	-11,46±0,89**^	-4,45±0,85
<b>5</b>	-9,90±1,04	-11,22±0,52^^	-13,16±0,98**^	-6,62±0,83
<b>виконання завдань лівою рукою</b>				
<b>3</b>	-8,52±1,09	-7,36±0,47	-7,05±0,76	-7,25±0,52
<b>4</b>	-5,14±1,03	-4,91±0,44	-4,90±0,70	-3,51±0,74
<b>5</b>	-8,73±1,14*	-6,31±0,30	-7,81±0,79	-6,64±0,61
<b>t 3</b>		++	+	+
<b>t 4</b>	+	++	++	
<b>t 5</b>		++	++	

У чоловіків із низькою ІАЧ почергові рухи пальцями, особливо рухи із силовим навантаженням ( $p \leq 0,05$ ) правою рукою, призводять до зростання ЛКС середньої частоти ЕМГ-хвиль м'язів згиначів порівняно з 3-м етапом тестування (рис. 90: Б). Такі зміни в м'язах розгиначах зафіксовано під час застосування силового навантаження ( $p \leq 0,05$ ). При цьому почергові рухи пальцями супроводжує порівняне зниження показників. Загалом значення ЛКС середньої частоти ЕМГ-хвиль м'язів згиначів правої руки вагомо переважають такі м'язів розгиначів ( $p \leq 0,001$ ). Під час тестування лівою рукою встановлено

вагоме зростання ЛКС середньої частоти ЕМГ-хвиль м'язів розгиначів ( $p \leq 0,001$ ) і зниженням м'язів згиначів ( $p \leq 0,001$ ) порівняно з правою рукою (табл. 8, 9). Показники м'язів згиначів лівої руки нижчі ( $p \leq 0,001$ ), ніж такі розгиначів.

**Таблиця 9**

**Логарифмічний коефіцієнт спадання середньої частоти (Дб,  $M \pm m$ ) коливань ЕМГ м'язів розгиначів під час мануальної моторики в обстежуваних групах**

Група Тест	Із високим рівнем ІАЧ		Із низьким рівнем ІАЧ	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
<b>виконання завдань правою рукою</b>				
<b>3</b>	-2,73±0,69	-6,16±0,28**	-4,63±0,62 $\wedge$	-5,12±0,58
<b>4</b>	-1,67±0,67	-7,64±0,41** $\wedge\wedge$	-3,55±0,67 $\wedge$	-4,95±0,49
<b>5</b>	-4,76±0,60	-8,08±0,24** $\wedge\wedge$	-6,61±0,78 $\wedge$	-5,75±0,62
<b>виконання завдань лівою рукою</b>				
<b>3</b>	-13,16±0,36** $\wedge$	-8,56±0,48	-11,27±0,43**	-8,37±0,72
<b>4</b>	-11,31±0,43** $\wedge$	-6,63±0,26 $\wedge\wedge$	-10,07±0,39**	-4,27±0,63
<b>5</b>	-12,22±0,48**	-9,09±0,57 $\wedge\wedge$	-11,86±0,63**	-6,07±0,40
<b>t 3</b>	++	++	++	++
<b>t 4</b>	++	+	++	
<b>t 5</b>	++		++	

У жінок із низькою ІАЧ почергові рухи пальцями, особливо лівої руки, відзначає зменшення значень ЛКС середньої частоти коливань ЕМГ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ), порівняно з 3-м і 5-м етапами експерименту (рис. 90: Б). Показники м'язів згиначів та розгиначів обох рук не мають значущих відмінностей. ЛКС середньої частоти ЕМГ-хвиль м'язів згиначів ( $p \leq 0,05$ ) і розгиначів ( $p \leq 0,001$ ) вищі під час роботи лівою рукою, ніж правою (табл. 8, 9).

**Міжгрупові відмінності.** У чоловіків із низькою ІАЧ під час виконання моторних завдань правою рукою встановлено вищі значення ЛКС середньої частоти ЕМГ-зубців м'язів згиначів та розгиначів ( $p \leq 0,05$ ), лівою рукою – нижчі показники м'язів розгиначів ( $p \leq 0,05$ ), ніж осіб із високою ІАЧ. Жінки з низькою  $\alpha$ -частотою відзначаються нижчими показниками м'язів згиначів та розгиначів правої руки і

розгиначів лівої руки порівняно з обстежуваними з високою ІАЧ ( $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,001$ ) (табл. 8, 9).

У групі обстежуваних із високою ІАЧ жінки характеризуються вищими значеннями ЛКС середньої частоти коливань ЕМГ м'язів згиначів, особливо м'язів розгиначів ( $p \leq 0,001$ ), порівняно із чоловіками. При цьому показники м'язів згиначів правої руки під час почергових рухів пальцями вищі в чоловіків. Виконання завдань лівою рукою супроводжує порівняно вищі показники м'язів згиначів та розгиначів ( $p \leq 0,001$ ) у чоловіків цієї групи. В обстежуваних із низькою ІАЧ у жінок виявлено нижчі значення ЛКС середньої частоти ЕМГ-зубців м'язів згиначів правої руки й розгиначів лівої руки порівняно із чоловіками ( $p \leq 0,001$ ).

### **Висновки**

1. Реалізація мануальних рухів в усіх обстежуваних супроводжується приростом середньої амплітуди та спаданням середньої частоти коливань ЕМГ працюючих м'язів. Розгиначі, особливо лівої руки, відзначаються більшою значущістю таких змін, ніж згиначі.

2. В осіб із високою ІАЧ, а в статевому аспекті в чоловіків загалом відзначаються нижчі показники амплітуди й частоти коливань ЕМГ працюючих м'язів. Обстежувані з низькою ІАЧ, особливо жінки, досягають потрібного результату за рахунок збільшення амплітуди та зниження частоти ЕМГ хвиль.

3. Виконання мануальних рухів без зусилля та із силовим навантаженням у чоловіків із високою ІАЧ супроводжується вищим приростом тону м'язів розгиначів, особливо лівої руки, за умови почергових рухів пальців – посилюється тонус згиначів правої і лівої рук.

4. У чоловіків із низькою ІАЧ та в жінок виконання мануальних рухів правої і лівої рук без зусилля та із силовим навантаженням відзначається більшим приростом тону м'язів згиначів, почергові рухи пальцями – розгиначів.

## **МОЗКОВІ ПРОЦЕСИ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МАНУАЛЬНИХ РУХІВ У ВІДПОВІДЬ НА СЕНСОРНІ СИГНАЛИ В ОСІБ ІЗ ВИСОКОЮ І НИЗЬКОЮ ІНДИВІДУАЛЬНОЮ $\alpha$ -ЧАСТОТОЮ**

Концептуальність нашої роботи полягає в з'ясуванні особливостей функціонування мозку, м'язів під час виконання рухів пальців у відповідь на дію певних сигналів в обстежуваних із різною вихідною індивідуальною частотою  $\alpha$ -ритму ЕЕГ. Важливим є врахування статевого аспекту. Вибір індивідуальної  $\alpha$ -частоти як фактору, за яким формували групи обстежуваних, обґрунтований її жорсткою генетичною детермінованістю. Різні частотні діапазони  $\alpha$ -ритму мають відмінні мозкові генератори й функціональне значення [111, 134, 141, 216, 252, 253]. За даними літератури [9, 10, 206, 234, 236], переважання у фоновій ЕЕГ людини низько- або високочастотного діапазону  $\alpha$ -ритму зумовлює її когнітивні та психомоторні можливості. Відповідно до величини індивідуальної  $\alpha$ -частоти, визначеної в стані спокою, у кожного обстежуваного розраховували індивідуальні межі всіх частотних смуг ЕЕГ за методикою E. Angelakis et all. [165], W. Klimesch et all. [254]. Застосування такого індивідуального підходу збільшує інформативність відображення варіабельності змін функціонального стану кори та м'язів людини в умовах сенсорного й моторного реагування.

**Психодинамічні властивості нервових процесів у групах обстежуваних із різним рівнем ІАЧ.** Вивчення особливостей діяльності головного мозку, працюючих м'язів в умовах фоностимуляції і мануальної моторики в чоловіків та жінок із різним рівнем ІАЧ потребує окреслення і врахування психодинамічних властивостей нервової системи. Для їх оцінювання використовували такі параметри, як латентний період простої сенсомоторної реакції та реакції вибору, максимальний темп рухів кисті (комп'ютерну систему «Діагност-1»), характер сприйняття (оцінювання й відмірювання) хвилинних часових інтервалів.

Відповідно до отриманих результатів обстежувани з високою ІАЧ, у статевому аспекті чоловіки витрачають менше часу й на просте сенсомоторне координування, і на реакції вибору, які вимагають залучення асоціативних процесів, перекодування інформації, складних міжсистемних взаємодій. Їх характеризують вищі показники максимального темпу рухів кисті. Такі закономірності характери-

зують їх як осіб, котрі мають вищі швидкісні можливості нервових процесів під час сенсомоторного реагування.

Аналіз оцінювання та відмірювання хвилиних часових інтервалів обстежуваними засвідчує, що обстежувані з високою ІАЧ, у статевому аспекті чоловіки характеризуються точнішим оцінюванням часу. Це вказує на більшу збалансованість механізмів збудження і гальмування в них [157]. Багаторічні дослідження Д. Г. Елькіна [157] показують, що між сприйняттям часу й діяльністю існує прямий зв'язок: чим точніше сприйняття часу, тим успішніша діяльність. В осіб із низькою ІАЧ, а в статевому аспекті в жінок виявлено відносно вищі переоцінку й недовідмірювання часових інтервалів, що свідчить про переважання гальмівних нервових процесів.

Отже, обстежувані з високою ІАЧ, а в статевому аспекті чоловіки характеризуються вищими швидкісними можливостями нейромоторного апарату та більшою збалансованістю процесів збудження і гальмування. На противагу, в осіб із низькою ІАЧ, а в статевому аспекті в жінок виявлено нижчу рухливість нервової системи при збільшенні ролі гальмівних процесів. Відповідні психодинамічні властивості нервової системи, зумовлені переважанням у фоновій ЕЕГ обстежуваних низько- або високочастотного діапазону  $\alpha$ -ритму, створювали визначальний вплив на специфіку їх реагування та особливості адаптації при дії сенсорних і моторних навантажень.

**Особливості функціонального стану мозку та м'язів у стані спокою в групах обстежуваних із різною ІАЧ.** Сенсорне сприйняття і моторне реагування людини, як і будь-яка інша діяльність, розгортається на фоні певного функціонального стану її нервової системи, який може бути оцінений за параметрами ЕЕГ та ЕМГ. Фонова активність у її традиційному розумінні – це не просто стан функціонального спокою, а діяльність, спрямована на забезпечення функціональної активності енергетично-пластичних процесів організму [92]. Характер і результати діяльності залежать від фоновіої біоелектричної активності. М. М. Ліванов [84] і Є. А. Жирмунська [53] вважають, що фонова ЕЕГ характеризує стан мозку, який склався в результаті всієї сукупності реакцій на численні й тривалі фізіологічні впливи на ЦНС. Тому важливим є врахування особливостей такого фонового стану в групах обстежуваних. Такий підхід, на думку С. А. Крижановського та співавт. [29], унеможлиблює неправильне трактування і «маскування» деяких реакцій, які мають зворотню спрямованість у різних обстежуваних. При цьому збільшується інформативність змін функціональ-



ного стану кори головного мозку та працюючих м'язів під час дії навантажень різного характеру.

Відповідно до отриманих результатів, обстежувані з високим рівнем ІАЧ у стані спокою характеризуються нижчою потужністю  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\alpha 2$ -хвиль ЕЕГ та вищою –  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль, ніж особи з низькою ІАЧ. Відповідно до даних літератури [252, 294] зниження потужності  $\theta$ - і низькочастотної  $\alpha$ -активності пов'язують зі станом готовності та підтримання уваги, а експресію  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -коливань – із організацією специфічних форм уваги, потрібних для забезпечення вищих когнітивних функцій. Відтак означені відмінності рівня потужності частотних діапазонів ЕЕГ між групами тестованих можуть указувати на статус відносно вищого активаційного тону кори, її готовності до активності та контролю інформаційних процесів в осіб із високою ІАЧ.

Такі міжгрупові відмінності потужності електричної активності кори доповнюють відносно вищі показники її Ког, особливо в лобових, скроневих і центральних ділянках, у чоловіків із низькою ІАЧ. На фоні нижчого функціонального стану кори в обстежуваних цієї групи це може створювати умови для компенсаторного полегшення поширення збудження між окремими «вузлами структурно-функціональної системи сприйняття» [159]. Функціональний зміст такого типу просторової синхронізації в корі пов'язують із вищим рівнем напруги мозкових процесів [69], що модулюється посиленням тонічних впливів таких мозкових структур, як лімбічна система (в низькочастотному діапазоні) й ретикулярна формація (у смузі високих частот ЕЕГ).

У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою зареєстровано вищу Ког  $\theta$ -,  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -хвиль ЕЕГ у лобово-центральної зоні кори та нижчу – в  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -смугах, порівняно із жінками з високою ІАЧ. Вищі значення когерентності електричної активності кори в низьких частотах ЕЕГ зумовлені посиленням ролі взаємодій кори з гіпокампом і лімбічною системою. Вони створюють вищий вихідний вегетативний та емоційний тонус у жінок із низькою ІАЧ. Це засвідчує і порівняно вища потужність  $\beta 1$ -хвиль у такій групі тестованих, що, за даними А. О. Чернінського та співавт. [55], може бути ознакою збільшення емоційної напруженості. Нижча когерентність у високих частотах спектра ЕЕГ зумовлює слабші інтегративні можливості кори, пов'язані з когнітивними функціями, взаємодією неокортикальних проекцій різних аналізаторних систем [148].

У групі обстежуваних із високою ІАЧ жінки відзначаються нижчою потужністю та вищою Ког  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -ритмів у скроневому й тім'яно-потиличному відділах порівняно із чоловіками. Такі відмінності можуть свідчити про порівняно вищу фонову активність саме задніх ділянок кори в жінок у такому частотному діапазоні. Відповідно до даних М. І. Posner et al. [292], Н. Є. Свідерської [117] це може бути пов'язано з переважанням у жінок процесів мимовільної уваги з оцінкою різних характеристик мультимодальної інформації. У чоловіків у цьому частотному діапазоні фіксується відносно вища Ког у передніх коркових відділах, що може засвідчувати посилення в них ролі довільної уваги [292]. Водночас, у жінок виявлено порівняно нижчу Ког  $\alpha 2$ -,  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -частот по всьому скальпу, що також може бути ознакою менших інтегративних можливостей кори, пов'язаних із організацією специфічних форм уваги. Нижчі показники потужності  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -коливань та вищі  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль у жінок, вочевидь, засвідчують вищий фоновий рівень неспецифічної активації кори, ніж у чоловіків.

У групі з низькою  $\alpha$ -частотою жінки характеризуються вищими показниками потужності  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності, нижчими –  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -хвиль загалом у корі порівняно із чоловіками цієї групи. Такі закономірності та нижча Ког низькочастотних коливань ЕЕГ можуть бути пов'язані з вищим неспецифічним тонусом кори в жінок, що модулюється впливами, передусім ретикулярної формації.

Отже, обстежувані із високою ІАЧ у стані спокою характеризуються вищим рівнем активаційного тонусу кори, готовності до діяльності й контролю інформаційних процесів. Такі особливості фоновому функціонування кори – ознака активності моделювальних систем мозку [45, 108]. Нейропсихологічні роботи [73] показали, що процес організації уваги, рівень її активності та спрямованість як оптимальний фон для протікання психічного процесу забезпечується таламокоритикальними взаємодіями. При цьому в жінок цієї групи вихідні можливості сприйняття пов'язані з вищою мимовільністю уваги на основі оцінки та інтеграції мультимодальної інформації, у чоловіків – зі збільшенням її вибірковості. В обстежуваних із низькою ІАЧ на фоні відносно нижчого вихідного функціонального стану кори компенсаторно зростає напруженість мозкових процесів, що модулюється посиленням неспецифічних тонічних впливів лімбічної системи та ретикулярної формації. Усі жінки в організації коркової активності відзначаються переважанням неспецифічних впливів, передусім із боку ретикулярної формації порівняно із чоловіками.

Згідно з класичними уявленнями нейроміографії [42, 105] м'язовий спокій розглядали як фон, вихідний тонус «спокою», що впливає на реалізацію рухових дій. Тонус спокою м'язів правої руки в усіх обстежуваних забезпечує значне переважання середньої амплітуди та нижчі показники середньої частоти коливань ЕМГ м'язів розгиначів. Це вказує на активацію відносно більшої кількості РО м'язів розгиначів та збільшення синхронізації їх розрядів (зниження частоти зубців ЕМГ) відповідно до активуючих низхідних впливів [5, 28, 31, 42]. Відтак м'язи розгиначі правої руки мають порівняно вищий тонус спокою. Така закономірність має вищу значущість у чоловіків, особливо з високою ІАЧ. Збільшення тону розгиначів супроводжується реципрокним розслабленням згиначів. Глибше гальмування згиначів правої руки в стані спокою може відображати їх більші скоротливі можливості.

Тонус спокою м'язів лівої руки в усіх чоловіків і жінок із високою ІАЧ супроводжується збільшенням напруги згиначів порівняно з правою рукою. У чоловіків із високою ІАЧ така закономірність посилюється відносним зменшенням тону розгиначів. При цьому в групі із високою ІАЧ відмінностей показників м'язів-антагоністів лівої руки не виявлено. В осіб із низькою ІАЧ простежується переважання тону розгиначів, що має меншу значущість порівняно з правою рукою. Такі закономірності засвідчують менш диференційовані механізми регуляції активності м'язів-антагоністів правої й лівої рук у жінок із високою ІАЧ, і особливо в групі обстежуваних із низькою ІАЧ. Установлені латеральні відмінності тону спокою м'язів згиначів і розгиначів у всіх тестованих можуть вказувати на більш економічні вихідні умови іннервації м'язів правої (ведучої) руки та відображати їх більшу тренуваність і вправність.

Аналіз міжгрупових відмінностей у стані спокою засвідчує, що чоловіків із високою ІАЧ характеризують вища напруга м'язів розгиначів правої руки, ніж в обстежуваних із низькою ІАЧ. У чоловіків із високою ІАЧ простежується і порівняно більша синхронізація розрядів РО (нижча частота ЕМГ) згиначів правої руки. Синхронізація мотонейронних впливів зумовлена специфікою поширення збудження на спинальному рівні, наприклад, коли один інтернейрон створює синаптичну дію на декілька мотонейронів, а також за умови електричних взаємодій між мотонейронами [30, 42, 105]. Вищі показники синхронізації розрядів РО згиначів правої руки в чоловіків із високою ІАЧ у стані спокою можуть слугувати критерієм раціональнішої організації супраспинальних впливів на м'язи.

У групі з високою ІАЧ у чоловіків виявлено вищу напругу спокою розгиначів правої руки, ніж у жінок. Водночас, жінки характеризуються порівняним переважанням синхронізованості розрядів РО розгиначів лівої руки. Це, очевидно, є відображенням меншої латеральної диференціації низхідних впливів у них порівняно із чоловіками.

У жінок із низькою  $\alpha$ -частотою встановлене порівняно вищий тонус спокою м'язів правої й, особливо, лівої рук, ніж у жінок із високою ІАЧ та чоловіків однойменної групи. Така закономірність може бути свідченням менш економічної та раціональної іннервації м'язів у жінок із низькою ІАЧ.

Отже, тонус спокою м'язів правої руки в групах обстежуваних забезпечується підвищеною напругою розгиначів та реципрокним зменшенням тонуса згиначів, лівої руки – порівняним зростанням напруги згиначів. У жінок із високою ІАЧ, й особливо у групі обстежуваних із низькою ІАЧ, устанавлюються менш диференційовані механізми іннервації м'язів правої й лівої рук, антагоністичних груп м'язів, ніж у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою. У групі обстежуваних із низькою ІАЧ, особливо у жінок, виявляється менш економічна та раціональна організація супраспинальних впливів на м'язи.

Вищий фоновий активаційний тонус кори в групі обстежуваних із високою ІАЧ, особливо в чоловіків, пов'язаний із вищою латеральною і реципрокною асиметричністю та раціональністю супраспинальних впливів на м'язи. Це забезпечує більш економічну фонову активність м'язів згиначів ведучої руки. На противагу, зростання напруженості мозкових процесів унаслідок посилення неспецифічних впливів із боку лімбічної системи й ретикулярної формації в обстежуваних із низькою ІАЧ, особливо в жінок, супроводжує менша диференціація низхідних впливів на м'язи правої і лівої рук, на згиначі та розгиначі. Знижується економічність і раціональність супраспинальної іннервації.

**Особливості мозкових процесів в обстежуваних із різним рівнем ІАЧ під час дії ритмічних сенсорних подразників.** Спектральний аналіз потужності коливань ЕЕГ під час фоностимуляції в групах обстежуваних виявляє односпрямоване блокування  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta$ -активності ЕЕГ у корі, що є відображенням процесів активної обробки сенсорної інформації та зростання рівня уваги до зовнішньої аферентації [176]. Локалізація активаційних змін здебільшого в тім'яних і потиличних ділянках у чоловіків із високою ІАЧ є відображенням сенсорно-просторового аналізу стимулів, їх ідентифікації [25, 50, 61, 86]. Більш

дифузне поширення процесів збудження в корі в жінок із високою ІАЧ та, особливо, в обстежуваних із низькою ІАЧ, – свідчення більшої ролі неспецифічних активуючих впливів. На думку Р. А. Revest et all. [296], включення в реакцію широких ділянок кори може являти собою екстенсивний ретикуло-корковий тип активації ЦНС.

Аналіз когерентних відношень коливань ЕЕГ у частотному спектрі ЕЕГ в усіх обстежуваних висвітлює генералізоване збільшення показників у корі. У задніх скроневих, тім'яних і потиличних зонах встановлюється правопівкульове переважання, що, ймовірно, віддзеркалює холістичний характер аналізу сенсорної стимуляції обстежуваними. Відповідно до даних літератури збільшення рівня просторової синхронізації коливань ЕЕГ у корі, встановлене за цих умов, створює сприятливі умови для поширення в корі процесів збудження під час обробки сенсорної інформації [159, 294].

Поряд із процесами блокування і просторової синхронізації коливань ЕЕГ в обстежуваних зареєстровано локальні збільшення їх потужності та десинхронізацію в лобовій та передній скроневій ділянках, передусім лівої півкулі. В осіб із високою ІАЧ в чоловіків зафіксовано збільшення потужності  $\alpha$ 1- і  $\beta$ -активності, в жінок –  $\theta$ - і  $\beta$ 2-частот. Паралельне зростання потужності і повільних ( $\theta$ -,  $\alpha$ 1-), і  $\beta$ -частот ЕЕГ може засвідчувати розвиток у структурах ЦНС протилежних тенденцій, а саме: зниження її функціонального стану як генеральної тенденції з підтриманням на достатньо високому рівні активності тих утворень, які безпосередньо забезпечують реалізацію діяльності [68, 156]. Згідно з поглядами Р. І. Мачинської [91] посилення лімбіко-кортикальних взаємодій на  $\theta$ -частоті, яке ми виявили в жінок, створює певний функціональний стан – контекст. Його роль полягає в селективній модуляції збудливості (зацікавлених) коркових зон та полегшенні, отже, протікання необхідних операцій. Відповідні процеси в чоловіків відбуваються здебільшого за участю таламо-кортикальних нейронних петель зворотного зв'язку. Синхронізація  $\alpha$ 1-активності – показник контролю з боку лобових структур, що дає змогу за допомогою гальмування («гальмівного фільтра») сфокусувати коркові процеси на розв'язок поточної значущої задачі й запобігти впливу нерелевантних факторів [253]. Зростання  $\beta$ 1-активності в чоловіків, відповідно до даних А. Wrobel [323], ми пов'язуємо з посиленням сенсорної просторової уваги та її фокусуванням. Експресію  $\beta$ 2-ритму в лобових і скроневих ділянках кори в осіб із високою ІАЧ можна трактувати як електрофізіологічний корелят збільшення

«диференційованої уваги» [287], тобто процесу, що сприяє тіснішій взаємодії широко розподілених нейронних сіток, які беруть участь в обробці інформації.

В усіх тестованих установлюється збільшення потужності  $\gamma$ -активності в корі. Останнє є більш значущим і дифузним у групі з високою ІАЧ, що, на думку E. Basar et al. [175], є показником активації багатьох нейронних мереж та посилення взаємодії між просторово віддаленими популяціями нейронів кори. При цьому створюються умови для зв'язування різних сенсорних, когнітивних та виконавчих процесів, забезпечується вищий стан готовності та уваги (очікування) сенсорної інформації [175]. Такий характер  $\gamma$ -хвиль пов'язують із таламічною системою мозку, в якій виявлені нейрони з пейсмеркерними властивостями, здатні генерувати  $\gamma$ -осциляції та передавати свої сигнали до коркових нейронів [286]. Виникнення дифузної  $\gamma$ -активності пов'язано з потребою підтримання високого рівня уваги під час діяльності [34]. Відповідно до таких даних можна припустити, що вищий рівень довільної уваги, виявлений під час фоностимуляції в групі з високою ІАЧ, корелює з дифузним характером  $\gamma$ -активності. В осіб із низькою ІАЧ збільшення потужності  $\gamma$ -ритму мало більш локальний характер у лобовій і скроневій ділянках. Джерелами виникнення локального  $\gamma$ -ритму, за даними F. Pulvermuller et al. [294], є нейрони-детектори слухової кори. Такий  $\gamma$ -ритм у складі сенсорної відповіді, ймовірно, є критерієм підвищення ефективності синаптичних контактів в нейронних детекторних мережах, що кодують сенсорну інформацію [34]. Можливо, що підвищення активності нейронів-детекторів слухової кори є компенсаторним механізмом, потрібним для успішної обробки сенсорної інформації, на фоні екстенсивного типу кіркового реагування на сенсорні стимули та меншого рівня вибірковості уваги в осіб із низькою ІАЧ.

За даними M. I. Posner et al. [292], отриманими під час дослідження зорової уваги, локальна десинхронізація в лобовій області кори відображає полегшення її впливів на інші коркові ділянки під час їх безпосередньої активності. На основі таких даних, встановлених нами в групах обстежуваних, явища локальної десинхронізації можуть бути відображенням зменшення впливів лобово-скроневої ділянки, передусім лівої півкулі, на інші коркові ділянки. Це може додатково посилювати функціональні взаємодії в задніх відділах, особливо правої півкулі, що забезпечує швидшу і простішу реалізацію завдання із застосуванням елементів холістичного аналізу. Така закономірність

у чоловіків є більш вагомою та простежується в ширшому частотному спектрі ЕЕГ, у жінок – переважно в діапазоні  $\theta$ - і  $\alpha 1$ -активності. Переважання явищ просторової синхронізації в смузі  $\beta$ - і  $\gamma$ -частот у жінок, особливо з низькою ІАЧ, може вказувати на більший вплив ретикулярної формації на коркову активність і, як наслідок, на вищий неспецифічний тонус кори, порівняно із чоловіками.

Отже, в обстежуваних із високою ІАЧ, передусім у чоловіків, виявлено вищий рівень довільної уваги. Це забезпечує полегшення обробки інформації в кортикальних проекціях сенсорного сигналу. У чоловіків селекція інформації відбувалася за більшою участю таламофронтальних петель зворотного зв'язку, в жінок – лімбіко-кортикальних впливів, що додатково зумовлювали більшу дифузність активаційних явищ у корі. В обстежуваних із низькою ІАЧ електрична активність кори більшою мірою модулювалася стовбуровими неспецифічними структурами мозку. Це зумовлювало екстенсивний тип коркового реагування (генералізовані процеси збудження) та менший рівень вибіркової уваги. Сенсорний аналіз при цьому компенсаторно потребував більшої активності нейронів-детекторів слухової кори. У жінок, особливо з низькою ІАЧ, за цих умов виявляється більший вплив ретикулярної формації на коркову активність порівняно з чоловіками.

**Особливості організації мозкової активності під час стискання і розтискання пальців без зусилля у відповідь на сенсорні сигнали в обстежуваних із різною ІАЧ.** Почергове стискання і розтискання пальців кисті за типом хапальних рухів, використане в нашому дослідженні як моторне навантаження, є найбільш уживаною мануальною навичкою людини й відіграє вагомую роль в її повсякденному житті, навчанні, операторській і виробничій діяльності. Реалізація таких рухів у відповідь на дію акустичних сигналів створює передумови для процесу сенсомоторного координування. Його успішна реалізація набуває все більшого значення в умовах ускладнення та урізноманітнення інформаційного середовища сучасної людини, поширення практики упровадження дистанційного мануального керування електронними технічними пристроями.

Дослідження, проведені на сьогодні, вказують, що звична рухова активність людини є досить стабільною індивідуальною ознакою. Це дає об'єктивну основу для більш докладнішого вивчення цього феномену й типологічної оцінки його індивідуальних характеристик. У свою чергу, рівень звичної рухової активності корелює з поведінко-

вими реакціями і є, на нашу думку, одним із основних факторів, що визначають різні прояви адаптивної поведінки і стійкості до різних факторів навколишнього середовища.

Важливим складником мозкових процесів обробки інформації за цих умов у чоловіків обох груп є депресія електричної активності кори. За даними літератури, односпрямоване зниження потужності в широкому частотному спектрі ЕЕГ є відображенням процесів активної обробки інформації та зростання рівня уваги [176]. У чоловіків із високою ІАЧ у низьких частотах спектра ( $\theta$ -,  $\alpha_1$ - і  $\alpha_2$ -) депресія ЕЕГ сигналу є локальнішою та реєструється в задніх скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори лівої півкулі. У високочастотних смугах ( $\alpha_3$ -,  $\beta_1$ - і  $\gamma$ -) такі процеси є більш дифузними, що пов'язано з характером впливів стовбурових структур, які є модуляторами електричної активності кори на таких частотах. Попри це, переважає активність лівої півкулі, яка є контрлатеральною відносно працюючої кінцівки. Чоловіків із низькою ІАЧ характеризують більше поширення у корі процесів збудження (зниження потужності)  $\alpha$ - і  $\beta_1$ -хвиль ЕЕГ, локальніше – на частоті  $\theta$ -активності. Такі зміни в усіх чоловіків можуть свідчити, передусім, про обробку сенсорних стимулів, сенсорно-просторову увагу щодо положень пальців кисті в кожний момент часу, запуск моторної програми, аніж про її створення. Відповідно до даних О. В. Казенникова та співавт. [65], моторна кора може здійснювати і управління індивідуальною активністю окремих м'язів, і активувати існуючі нервові автоматизми для виконання руху. У зв'язку із цим ми припускаємо, що функція моторної кори може полягати в актуалізації зі слідів довгострокової пам'яті й запуску як моторної програми нервових автоматизмів, що забезпечують активність дистальних м'язів під час виконання звичних рухів стискання і розтискання пальців кисті.

Поряд із процесами зниження потужності в чоловіків із високою ІАЧ фіксується її збільшення в лобовій ділянці в  $\theta$ -,  $\alpha_1$ - і  $\beta_2$ -піддіапазонах, із низькою ІАЧ – у  $\theta$ - і  $\beta_2$ -смугах ЕЕГ. Таке зростання потужності в  $\theta$ -,  $\alpha_1$ -частотах може свідчити про збільшення селективної уваги, що гальмує нерелеванту інформацію, про актуалізацію слідів довгострокової та оперативної пам'яті [141, 203, 253],  $\beta_2$ -активності – про посилення взаємодій широко розподілених нейронних сіток, які беруть участь у сенсомоторній інтеграції [245, 287, 323]. Реалізація оперативної пам'яті за цих умов дає змогу утримувати у фокусі уваги поточну сенсорну та моторну інформацію та маніпулювати нею.



Наше твердження ґрунтується на даних N. Cowan [197], D. S. Ruchkin et al. [301] про актуалізацію оперативної пам'яті за допомогою механізмів активації кори.

На фоні таких змін потужності фіксується зростання когерентності  $\alpha 2$ -активності в лобово-центральної і правій передній скроневій ділянках,  $\beta 2$ -ритму – в лобових відведеннях кори обох півкуль. Означені закономірності в чоловіків із низькою ІАЧ є більш поширеними в корі та доповнюються просторовою синхронізацією  $\beta 1$ -хвиль у задній фронтальній ділянці. При цьому в усіх чоловіків встановлюється просторова десинхронізація  $\theta$ - і  $\alpha 1$ -коливань ЕЕГ, передусім у лобових, центральних, тім'яних і лівій скроневій ділянках кори,  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль – у лівій скронево-тім'яній ділянці порівняно з фоном. Зменшення рівня просторової синхронізації в такому частотному спектрі загалом є відображенням зниження функціональної активності кори як загальної тенденції [96]. За даними А. В. Клімаша та співавт. [96], така динаміка зумовлена зменшенням неспецифічних активуючих впливів ретикулярної формації і на кору, і на септум, який генерує низькочастотні ЕЕГ коливання. На фоні такого зниження неспецифічного тону кори реципрокно збільшується роль таламо-кортикальних взаємодій, які забезпечують необхідний рівень уваги та відбір релевантної сенсорної інформації. Про таке свідчать явища просторової синхронізації в  $\alpha 2$ -смузі та експресія  $\theta$ - і  $\alpha 1$ - активності в лобовій зоні. Такі закономірності більшою мірою властиві чоловікам із високою  $\alpha$ -частотою. Локальна синхронізація (збільшення потужності)  $\alpha 1$ -коливань у лобовій зоні вказує на порівняно вищий ступінь вибірковості уваги в цій групі. У чоловіків із низькою ІАЧ більша дифузність процесів активації та просторової синхронізації ЕЕГ, фронтальна синхронізація  $\beta 1$ -коливань можуть бути ознакою відносного переважання ретикуло-коркових впливів.

У жінок із високою ІАЧ стискання і розтискання пальців правої руки (без зусилля) у відповідь на сенсорні стимули супроводжується блокуванням  $\alpha 2$ -,  $\alpha 3$ -,  $\beta 1$ - і  $\gamma$ -активності в скроневих, центральних і тім'яних ділянках, передусім лівої, контрлатеральної відносно правої руки, півкулі, порівняно з фоном. У  $\beta 1$ - і  $\gamma$ -піддіапазонах відповідні процеси поширюються і в лобових ділянках. Такі зміни пов'язані зі збільшенням Ког  $\theta$ - і  $\alpha 3$ -коливань ЕЕГ у центральній,  $\alpha 1$ -хвиль – у правій лобовій,  $\beta 2$ -активності – у лівій задньоскронево-тім'яній зонах кори. В  $\alpha 2$ -смузі фіксується вагоме посилення когерентних взаємодій у лобово-скронево-центральної і лівій тім'яній ділянках.

Установлені явища депресії електричної активності та особливості їх локалізації в корі відображають активну участь кори не лише в обробці сенсорних стимулів, у забезпеченні сенсорно-просторової уваги, а й у процесі вилучення зі слідів пам'яті та запуску як моторної програми нервових автоматизмів, що активують дистальні м'язи при здійсненні відповідних рухів. Такі процеси в жінок із високою ІАЧ потребують збільшення активності центральних ділянок та їх функціональних взаємодій із лобовими структурами порівняно із чоловіками. Виявлене посилення когерентності ЕЕГ-сигналу в широкому частотному спектрі може бути відображенням підвищення функціонального стану кори та інтеграції активних зон у процесі обробки інформації.

Такі закономірності доповнюються зростанням потужності  $\theta$ -коливань загалом у корі. За даними низки авторів генералізовану експресію  $\theta$ -активності можна розглядати як корелят посилення впливів із боку структур лімбічної системи, гіпоталамусу, що відображає активаційні зміни в корі, пов'язані з процесами пам'яті, емоцій, а також уваги, довільної селекції інформації [208, 225]. Установлено збільшення потужності  $\alpha 1$ - та  $\beta 2$ -хвиль у лобовій зоні, а також процеси десинхронізації  $\theta$ - і  $\alpha 1$ -коливань у тім'яно-потиличній ділянці,  $\alpha 3$ - і  $\beta 1$ -активності – у лобових відведеннях. Така динаміка, на нашу думку та відповідно до даних літератури [292], може бути механізмом посилення вибіркової уваги та полегшення функціонування активних коркових структур – скроневих, тім'яних і центральних. Зменшення потужності та значень Коґ у  $\beta 1$ - і  $\gamma$ -діапазонах ЕЕГ у лобових, центральних, тім'яних і потиличних ділянках кори може відображати послаблення ретикулярних впливів. При цьому виявляється компенсаторне зростання ролі діенцефально-коркових взаємодій.

У жінок із низькою ІАЧ виконання такого моторного завдання відзначається зниженням потужності  $\alpha 2$ -піддіпазону в задній лобовій, задній скроневої і тім'яній зонах,  $\alpha 3$ -смуги – по всьому неокортексу. При цьому відзначається збільшення значень Коґ коливань ЕЕГ у лобових, передніх скроневих і центральних ділянках кори, особливо лівої півкулі. Значущість та генералізованість таких змін є більшою в  $\alpha 2$ -,  $\alpha 3$ - і  $\beta 2$ -частотах. Відповідні зміни потужності та когерентності електричної активності кори можуть бути свідченням актуалізації процесів збудження під час обробки сенсорних стимулів та моторного програмування. Явища просторової синхронізації мають більші значущість та поширення в корі, ніж у жінок із

високою ІАЧ. Це може вказувати на вищий неспецифічний тонус кори в жінок із низькою ІАЧ. Привертає увагу збільшення Коґ ЕЕґ коливань у лобових відведеннях кори як вищої ланки системи регулювання, контролю, довільної уваги [86]. Фіксується експресія  $\alpha$ 1-хвиль у лобовій ділянці,  $\theta$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності – більш дифузно в корі. Як у жінок із високою ІАЧ такі зміни можуть віддзеркалювати актуалізацію мнестичних механізмів, посилення довільної уваги та її фокусування, емоційної напруженості, інтеграції сенсорної та моторної інформації [24, 45, 108]. Такі процеси модулюються посиленням впливів із боку неспецифічних активаційних структур – лімбічної системи й, особливо, ретикулярної формації.

Отже, у всіх чоловіків коркові активаційні зміни під час стискання і розтискання пальців кисті без зусилля пов'язані передовсім з аналізом сенсорних стимулів, посиленням сенсорно-просторової уваги щодо положень пальців кисті в кожний момент часу, із запуском моторної програми, аніж із її створенням. Як складові елементи моторної програми найшвидше використовуються вилучені з довгострокової пам'яті нервові автоматизми, які забезпечують такі рухи. Поряд із цим простежується актуалізація процесів оперативної пам'яті, що дає змогу утримувати у фокусі уваги сенсорну й моторну інформацію та маніпулювати нею. Коркова активність у чоловіків модулюється зменшенням активності неспецифічних активаційних впливів та збільшенням ролі таламо-кортикальних взаємодій, що зумовлює значну селекцію сенсорної інформації. Така закономірність вагомійше простежується в чоловіків із високою ІАЧ. Корекція таких рухів у чоловіків, відповідно даним М. О. Бернштейна [17], О. В. Казенникова та співавт. [65, 107] більшою мірою може здійснюватись за рахунок внутрішнього (пропріоцептивного, вестибулярного) тонічного контролю за допомогою локальних зворотних зв'язків.

У жінок під час запуску моторної програми та вибору м'язів, які візьмуть участь у русі, збільшується активність центральних ділянок та їх когерентність із фронтальною корою. Остання, за даними літератури [86], за таких умов може створювати певний мотиваційний фон та посилювати довільний контроль. Усі жінки характеризуються порівняно вищим функціональним станом кори, що значною мірою визначається мозковими системами неспецифічної активації. Загалом особливості організації мозкових процесів у жінок, на нашу думку, можуть бути свідченням більшої напруженості мозкових процесів та їх надлишковості, що зумовлено посиленням неспецифічних тонічних

впливів лімбічної системи та ретикулярної формації порівняно з чоловіками. У жінок із низькою ІАЧ за цих умов порівняно більше значення мають ретикуло-коркові впливи та контролювальна роль лобових ділянок. Ми припускаємо, що такі закономірності в жінок, особливо з низькою ІАЧ, можуть засвідчувати посилення ролі зовнішнього рецепторного контролю в ході коректування звичних рухів, ніж у чоловіків.

Обстежувані з високою ІАЧ, передусім чоловіки, відзначаються більшою локальністю й асиметричністю процесів збудження в корі при домінуванні ролі лівої півкулі, яка є контрлатеральною відносно працюючої руки. В осіб із низькою ІАЧ активаційні зміни мають більш дифузний характер. Міжгрупові відмінності під час сприйняття сенсорних стимулів за умови фоностимуляції та виконання рухів стискання і розтискання пальців правої руки без зусилля загалом віддзеркалюють характерні риси організації мозкових процесів, що виявлені в обстежуваних у стані спокою.

**Особливості організації мозкових процесів у групах обстежуваних із різною ІАЧ під час почергових рухів пальців у відповідь на сенсорні сигнали.** При реагуванні обстежуваними на кожний стимул пальцями по одному в послідовності, визначеній безпосередньо перед тестуванням, створюється ефект зниження стереотипності (автоматизації) завдання. Чоловіки й жінки здійснювали рухи пальців кисті відповідно до заданого сенсорними стимулами темпу. Таке завдання висувало підвищені вимоги до можливостей обстежуваних раціонально розподіляти увагу між сенсорним сприйняттям і моторним реагуванням, перебудовувати моторну програму внаслідок черговості включення в роботу рухових одиниць м'язів різних пальців.

Важливим аспектом мозкових процесів під час виконання почергових рухів пальців у чоловіків із високою ІАЧ є явища зниження Коґ в  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\alpha 3$ -смугах ЕЕґ загалом у корі, в  $\beta$ - і  $\gamma$ -частотах – у задньоскроневій і потиличній ділянках порівняно зі станом спокою. Як і при виконанні рухів стискання і розтискання пальців без зусилля такі зміни можуть бути відображенням певного зниження функціонального стану кори, зумовленого зменшенням неспецифічних активуючих впливів на кору [96]. Водночас, на достатньо високому рівні підтримується активність тих утворень, які безпосередньо забезпечують реалізацію діяльності. Про це свідчить збільшення Коґ  $\alpha 2$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль ЕЕґ у лобових і центральних ділянках, депресія електричної

активності кори в діапазоні  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta_1$ -коливань, не лише порівняно зі спокоем, а й з одночасними рухами пальців. На нашу думку та відповідно до даних літератури [128, 187], такі явища можуть відображати відносне посилення активності та взаємодії коркових областей, які беруть участь у сенсорному сприйнятті, сенсорно-просторовій увазі, моторному програмуванні та інтеграції сенсорної і моторної інформації. Такі процеси можуть бути наслідком подолання певної вихідної неналагодженості моторної команди. Привертає увагу явище одночасної біпівкульової просторової синхронізації  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності в лобових і центральних ділянках із одночасною десинхронізацією, насамперед у задніх скроневих і потиличних ділянках кори. Варто відзначити, що під час виконання деяких когнітивних завдань також спостерігаються ефекти одночасної альфа-синхронізації в передніх і десинхронізації в задніх коркових зонах [289]. При цьому виявлені в нашому дослідженні процеси просторової синхронізації  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності можуть указувати на посилення ролі інтегративних процесів у корі, психічної напруженості чоловіків. Водночас асиметрична десинхронізація в задніх скроневих і потиличних ділянках, очевидно, відображає реципрокне переключення фокусу уваги від обробки сенсорних стимулів до процесів програмування рухів у лобових і центральних зонах. Фронтальна експресія  $\theta$ -,  $\alpha_1$ -хвиль, імовірно, є показником посилення довільної вибіркової уваги, актуалізації слідів оперативної пам'яті, що забезпечуються зворотними фронто-таламічними впливами та дають змогу утримувати у фокусі уваги сенсорну й моторну інформацію та маніпулювати нею в ході послідовного включення в мануальне реагування різних пальців. [254]. Дифузне збільшення потужності і Ког  $\beta_2$ - і  $\gamma$ -коливань у корі може відображати посилення взаємодії активних нейронних структур [294, 323] під час діяльності, психічної напруженості чоловіків цієї групи на фоні збільшення ролі ретикуло-коркових впливів порівняно зі спокоем та одночасними рухами пальців.

Установлені в чоловіків із високою ІАЧ зміни потужності та когерентності ЕЕГ загалом простежуються й у чоловіків із низькою ІАЧ. Водночас, явища просторової синхронізації в  $\alpha_2$ -,  $\alpha_3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -піддіапазонах мають більшу значущість, що, очевидно, є механізмом полегшення поширення збудження в корі [268] за цих умов. Це може бути ознакою більшої напруги мозкових процесів, що модулюється неспецифічними впливами ретикулярної формації [69], що регулює коркову активність саме на високих частотах. Одночасна

десинхронізація в задніх скроневиx і потиличних ділянках простежується в  $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -смугах ЕЕГ, здебільшого в правій півкулі. Такі процеси, ймовірно, забезпечують менший вплив таких ділянок на обробку інформації в лобових, скроневиx і центральних ділянках кори, особливо лівої півкулі, та, як і в чоловіків із високою ІАЧ, можуть бути ознакою переключення уваги від обробки сенсорної інформації на моторне програмування. Виявлене збільшення потужності  $\alpha 3$ -хвиль у лобовій зоні, порівняно зі спокоєм, може відображати додаткове гальмування механізмів сенсорного входу й активність таламокортикальних нейронних петель зворотного зв'язку [256]. Відповідні зміни є вагомішими при порівнянні з одночасними рухами пальців. Простежується відносне збільшення потужності  $\alpha 2$ -хвиль у лобовій зоні,  $\alpha 3$ -коливань – у лобовій, передній скроневій і центральній ділянках. За даними Іоффе [60], у процесі виконання незвичних рухів у моторній корі формується програма, що включає два компоненти: схему нової координації та схему спеціалізованих низхідних впливів. За цих умов виявлена нами локальне збільшення потужності  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -активності може бути ЕЕГ корелятом процесу зіставлення аферентних інформаційних потоків про нові параметри роботи м'язів із низхідними імпульсами з боку фронтальної кори про попередню моторну установку. Такі низхідні гальмівні впливи, згідно з даними Іоффе [61], у процесі виконання незвичних рухів заважають реалізації нових координацій та, на думку Костандова [74], указують на меншу пластичність установки. Така специфіка коркових динамічних процесів під час реалізації діяльності очевидно вказує на більшу суб'єктивну складність завдання для чоловіків цієї групи, більшу інертність їх нервових процесів та потребу залучення додаткових механізмів обробки інформації для його реалізації. Отримані нами результати корелюють із даними Н. К. Корсакової, М. І. Московічуте [73] про те, що зниження ролі таламічних проєкцій на кору призводить до зменшення її специфічної активації та, відповідно, пластичності й вибірковості нервових процесів.

У жінок із високою ІАЧ перебирання пальцями відзначається вагомим посиленням значень Коґ в усьому частотному спектрі, що може бути свідченням збільшення функціональної активності ділянок кори [159, 294], полегшення їх взаємодій під час обробки інформації [128, 187], ніж у спокої та одночасних рухах пальців. Водночас, на фоні зростання просторової синхронізації як загальної тенденції в корі фіксується локальне зниження Коґ в  $\alpha 1$ -піддіпазоні в задньоло-

бово-центральної ділянці, в  $\alpha 3$ -смузі – у лобовій ділянці. Очевидно, такі закономірності, як і в чоловіків із низькою ІАЧ, можуть бути складником процесу певного розузгодження аферентних інформаційних потоків про сенсорну стимуляцію, нові параметри роботи м'язів із низхідними (гальмівними) імпульсами про попередню рухову установку, що заважає реалізації моторики. Спираючися на дані Іоффе [61] і Костандова [74], ми припускаємо, що це є відображенням більшої інертності коркових процесів у жінок цієї групи, ніж у чоловіків, під час почергової активності м'язів різних пальців та потреби постійно перемикати увагу із сенсорного сприйняття на моторне реагування й навпаки. Поряд із такими змінами Ког, виявляється порівняна депресія  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta 1$ -коливань ЕЕГ у задніх відділах кори. В  $\alpha 2$ -,  $\alpha 3$ - і  $\beta 1$ -піддіапазонах така динаміка є більш дифузною. Зниження потужності  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -активності реєструється в центральних, задніх скроневих, тім'яних і потиличних ділянках кори,  $\beta 1$ -хвиль – у задніх лобових, центральних і тім'яних струтурах. Така топографія змін може засвідчувати посилення явищ збудження в корі [176], пов'язаних із увагою до сенсорних стимулів та їх аналізом, із сенсорно-просторовим опосередкуванням здійснюваних рухів, із активністю моторної кори під час програмування почергових рухів пальців та вибору м'язів, які візьмуть участь у них. Водночас, реєструється зростання потужності  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta$ -хвиль ЕЕГ у лобовій ділянці, що є більш генералізованим у низьких ( $\theta$ ) і високих частотах спектра ЕЕГ ( $\beta 2$ ). Значна експресія  $\gamma$ -активності фіксується загалом у корі. Це може вказувати на вагоме посилення і фронтального контролю, що гальмує нерелевантну сенсорну інформацію, і процесів оперативної пам'яті під час утримання у фокусі уваги потрібної сенсорної та моторної інформації [197, 301]. Установлена експресія високочастотних  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -хвиль, як і в чоловіків, може бути критерієм посилення взаємодії нейронних структур при забезпеченні процесів сенсомоторного координування [245, 287, 323]. Загалом установлені зміни можуть бути зумовлені збільшенням неспецифічних впливів із боку діенцефальних і стовбурових активаційних систем, які посилюють мотиваційно-емоційний фон та інтегративні процеси обробки інформації, напруженість коркових процесів. Ми припускаємо, що, з одного боку, це може бути виявом загальних біологічних особливостей жіночого організму [32, 110], пов'язаних із глобальним впливом на формування просторово-часової структури ЕЕГ жінок лімбіко-гіпоталамічних відділів мозку й ретикулярної формації. З іншого

боку, вищі неспецифічна активація та напруженість коркових процесів на фоні їх меншої пластичності можуть бути до певної міри компенсаторним фактором під час досягнення необхідного результату в жінок цієї групи.

У жінок із низькою ІАЧ під час почергових рухів пальців, як і в жінок із високою  $\alpha$ -частотою, виявляється просторова синхронізація електричної активності в усьому частотному спектрі, передусім у лобових, передніх скроневих, центральних і тім'яних ділянках порівняно зі спокоєм та одночасними рухами пільців. Це, очевидно, може бути показником вагомого зростання функціональної активності кори й полегшення взаємодій між частками, котрі беруть участь у процесах обробки інформації. При цьому значущість і поширеність такої закономірності є більшою в лівій півкулі, що додатково посилюється локальною десинхронізацією в задньоскронево-тім'яній і потиличній ділянках правої півкулі. Така локальна десинхронізація, як і в чоловіків, може бути також ознакою переключення уваги від обробки сенсорних стимулів на процеси моторного програмування. Привертає увагу і зниження значень Коґ  $\alpha 1$ -активності ЕЕґ у задньолобово-центральної ділянці, що може вказувати на певне зменшення функціональних взаємодій між цими ділянками під час утримання у фокусі уваги сенсорної інформації та здійснюваної моторики. Переважання явищ просторової синхронізації в лівій півкулі, за даними Г. М. Болдиревої та співавт. [23, 24], може бути показником посилення активуючих впливів стовбурових відділів мозку. Про таке свідчить і більша дифузність явищ депресії  $\alpha$ -хвиль ЕЕґ, що поширюється загалом в корі, у тому числі в лобових ділянках в  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -піддіапазонах. Це вказує на збільшення активності фронтальних ділянок, як вищих центрів контролю [84]. Водночас, виявляється збільшення потужності низько- ( $\theta$ ,  $\alpha 1$ ) і високочастотної ( $\beta$ ,  $\gamma$ ) активності, особливо в лобових ділянках. У діапазоні  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -частот експресія електричної активності кори більш значуща і генералізована. Як і в інших групах обстежуваних, такі зміни можуть бути виявом посилення вибіркової уваги, процесів оперативної пам'яті, інтеграції сенсорної й моторної інформації під час координування почергових рухів пальців. Загалом такі процеси вказують і на збільшення функціональної інтеграції активних коркових зон, ролі неспецифічних систем мозкової активації, і на посилення активності фронтальних ділянок, як вищих центрів контролю.



Отже, реалізація почергових рухів пальців кисті в підгрупах чоловіків супроводжується певним зниженням функціонального стану кори як генеральної тенденції, що може бути зумовлена зменшенням неспецифічних впливів ретикулярної формації. Водночас, на достатньо високому рівні підтримується активність коркових ділянок, які беруть безпосередню участь у процесах сенсорного сприйняття, сенсорно-просторової уваги, моторного програмування і сенсомоторної інтеграції. Фронтальна експресія низькочастотних коливань ЕЕГ, що забезпечуються зворотними фронто-таламічними впливами, ймовірно, посилює селективність довільної уваги, актуалізацію слідів оперативної пам'яті. Виявлена просторова синхронізація високочастотних коливань ЕЕГ у лобових і центральних ділянках кори та їх одночасна десинхронізація в задніх відділах може бути механізмом реципрокного переключення фокусу уваги від обробки сенсорних стимулів до процесів програмування і запуску моторних команд. У чоловіків із низькою ІАЧ виявляється вищий рівень Ког та експресії високочастотних коливань ЕЕГ, що значною мірою може модулюватися відносно більшими впливами ретикулярної формації. Характерним є локальне збільшення потужності  $\alpha 3$ -коливань у лобовій зоні, що, ймовірно, засвідчує додаткове гальмування сенсорної інформації, зокрема про нові моторні координації, з боку старої моторної установки. Така закономірність, відповідно до даних літератури, є свідченням меншої пластичності нервових процесів у чоловіків цієї групи, потреби залучення додаткових механізмів, досягнення вищого рівня неспецифічного тону кори за цих умов порівняно з особами з високою ІАЧ. Під час корекції таких рухів у чоловіків, відповідно до даних М. О. Бернштейна [17], О. В. Казенникова та співавт. [65, 107], поряд із процесами внутрішнього (пропріоцептивного, вестибулярного) тонічного контролю зростає роль довільного зовнішнього рецепторного контролю.

У жінок за цих умов посилюються процеси і висхідної аферентації, пов'язаної із сенсорним сприйняттям та моторним програмуванням, і низхідних фронтальних впливів. Останні, з одного боку, полегшують процеси обробки інформації в активних коркових структурах, з іншого – збільшують вибірковість уваги, посилюють процеси оперативної пам'яті. У жінок із високою ІАЧ виявляється фронтальна експресія  $\alpha 3$ -активності, з низькою ІАЧ – десинхронізація у правій задньоскронево-потиличній ділянці в широкому частотному спектрі. Ми припускаємо, що, як і в чоловіків із низькою ІАЧ, такі

закономірності загалом можуть бути ознакою більш інертних нервових процесів, пов'язаних із переключенням уваги від діючої старої моторної установки на нові параметри роботи м'язів. Як і під час одночасних рухів пальців без зусилля особливості організації мозкових процесів у жінок, на нашу думку, можуть бути свідченням їх більшої напруженості та надлишковості, що має певний компенсаторний характер і моделюється впливами лімбіко-ретикулярного комплексу. У жінок із низькою ІАЧ за цих умов порівняно більше значення мають ретикуло-коркові впливи та контролювальна роль лобових ділянок. Ми припускаємо, що такі закономірності в жінок, особливо з низькою ІАЧ, можуть засвідчувати більшу роль довільного контролю в ході коректування таких рухів, ніж у чоловіків.

**Особливості організації мозкової активності під час стискання і розтискання пальців із силовим навантаженням у відповідь на сенсорні сигнали в обстежуваних із різною ІАЧ.** На етапі затосування силового навантаження тестовані під час рухів додатково утримували напівзігнутими пальцями гантель вагою 1 кг. Це вимагало більшого зосередження уваги під час утримання і фіксації пальцями кисті вантажу, подолання його ваги.

У чоловіків із високою ІАЧ виявляється депресія  $\alpha$ -коливань ЕЕГ, що локалізується в лівій тім'яно-потиличній зоні в  $\alpha 1$ -смузі, поширюється по всьому скальпу – в  $\alpha 2$ - і  $\alpha 3$ -піддіапазонах ЕЕГ порівняно зі спокоєм та рухами без зусилля. У  $\theta$ -діапазоні виявляється відносне зростання показників, передусім у лобових ділянках, у  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -смузі – загалом у корі. При цьому явища депресії електричної активності, особливо в задніх структурах кори, та її експресії в лобових відведеннях є меншими, ніж під час почергових рухів пальців. Такі особливості вказують на вищий рівень активаційних процесів і селективної уваги, ніж при мануальній моториці без зусилля, і нижчий рівень порівняно з почерговими рухами пальців. Характерним є порівняне збільшення значень Ког низькочастотних  $\alpha 1$ - і  $\alpha 2$ -коливань у передній скроневій, центральній і тім'яній ділянках лівої півкулі, ніж під час рухів без зусилля. Це може відображати збільшення просторової уваги, актуалізацію елементів оперативної пам'яті у зв'язку з потребою чіткої фіксації положення пальців кисті в умовах утримання вантажу й подолання його ваги. Багато авторів також відзначало більш виражений зв'язок низькочастотного альфа-ритму з мотиваційними й інформаційними функціями [136. 256]. Такі закономірності та виявлена десинхронізація  $\theta$ - і високих ( $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -) частот

ЕЕГ можуть бути зумовлені зменшенням неспецифічного тону кори як генеральної тенденції та реципрокним збільшенням ролі таламо-кортикальних взаємодій, що забезпечують аналіз релевантної інформації та моторне програмування.

У чоловіків із низькою ІАЧ почергові рухи пальців та їх одночасні рухи із силовим навантаженням відзначаються менш диференційованими змінами ЕЕГ-параметрів, ніж у чоловіків із високою ІАЧ. Водночас, на відміну від перебирання пальців, застосування силового навантаження в групі чоловіків із низькою ІАЧ відзначається меншою депресією  $\theta$ - і  $\alpha$ -активності ЕЕГ у скроневих, тім'яних й потиличних відділах кори обох півкуль,  $\theta$ -хвиль також у лобових ділянках. З іншого боку, встановлюється нижча потужність  $\theta$ - і  $\alpha$ 1-коливань у центральній зоні,  $\beta$ 2- і  $\gamma$ -частот – загалом у корі. Відповідні закономірності можуть бути свідченням зменшення ролі зовнішньої аферентації, пов'язаної із сенсорним сприйняттям, та збільшення спрямованості просторової уваги при фіксації пальців. Останні забезпечують більшу зосередженість обстежуваних. Такі зміни потужності ЕЕГ супроводжуються меншою тісністю когерентних взаємодій у широкому частотному спектрі ЕЕГ, передусім у лобових, скроневих і центральних ділянках кори порівняно з перебиранням пальцями. Це може вказувати на додаткове зниження неспецифічного тону кори та збільшення ролі таламо-кортикальних впливів при реалізації такої моторики.

У жінок із високою ІАЧ застосування силового навантаження супроводжується збільшенням потужності  $\theta$ -,  $\alpha$ 1- і  $\beta$ 1-активності в передніх відділах кори, порівняно з рухами без зусилля. Це може бути показником зростання селективної уваги, емоційної напруженості, ролі когнітивного аналізу в жінок. Експресія  $\gamma$ -хвиль зумовлює більшу потребу в інтеграції сенсорних, когнітивних та виконавчих процесів за цих умов [174]. Дифузне збільшення  $\alpha$ 2- і  $\alpha$ 3-коливань, очевидно, є показником розвитку гальмівних фронто-таламічних впливів в умовах збільшення м'язового зусилля й утруднення реалізації рухів [46]. Як і під час перебирання пальців, така закономірність, з одного боку, може вказувати на гальмування інформаційних потоків про нові параметри роботи м'язів з боку старої моторної установки [61], з іншого – про збільшення інертності мозкових процесів за цих умов [74]. Посилення уваги при обробці сенсорної і моторної інформації пов'язано також із депресією  $\theta$ -активності в центральній ділянці,  $\beta$ 2-хвиль – у лобовій і потиличній зонах кори,

порівняно з рухами без зусилля. Такі зміни супроводжуються просторовою синхронізацією електричної активності в широкому частотному спектрі в корі порівняно з фоном і рухами без зусилля. Це може бути показником збільшення напруженості мозкових процесів [69], посилення ролі неспецифічних активаційних впливів. На відміну від перебирання пальців, виявляються вищі значення Ког  $\theta$ - і  $\alpha$ - частот ЕЕГ у лобових і центральних відділах кори, депресія та просторова десинхронізація  $\beta$ 2- і  $\gamma$ -активності загалом у корі. У ситуації утруднення під час виконання рухів пальців із силовим навантаженням отримані закономірності можуть бути свідченням посилення емоційних і мотиваційно-енергетичних запитів, що модулюються, насамперед структурами лімбічної системи. При цьому відносно знижується роль впливів із боку ретикулярної формації.

У жінок із низькою ІАЧ рухи пальців із силовим навантаженням характеризуються зміщенням явищ збудження в низьких діапазонах ( $\theta$ -,  $\alpha$ 1- і  $\alpha$ 2-) у лобові, скроневі й центральні ділянки, особливо лівої півкулі та експресією високих частот ЕЕГ порівняно зі спокоєм та рухами без зусилля. При цьому виявляється посилення просторової синхронізації електричної активності в корі, передусім у лівих лобових, передніх скроневих і центральних ділянках. Такі особливості вказують на посилення неспецифічних активаційних впливів із боку лімбічних структур і ретикулярної формації на фоні нижчого рівня довільної селекції інформації за цих умов. Локалізація активаційних процесів у передніх коркових зонах може вказувати на залучення когнітивних елементів обробки інформації [].

Отже, застосування силового навантаження в усіх чоловіків і жінок загалом пов'язано з реалізацією найбільш характерних особливостей мозкових процесів, установлених під час стискання і розтискання пальців без зусилля. Водночас, виявляється подальше збільшення значущості зростання потужності в передній корковій ділянці в низьких ( $\theta$  -,  $\alpha$ 1-) і високих ( $\beta$ 2-) частотах спектра ЕЕГ. Збільшення показників потужності  $\gamma$ -активності фіксується по всьому неокортексу. Означені закономірності є свідченням підвищення рівня селективної уваги, фронтального контролю, мнестичної активності, інтегративних процесів. Такі процеси супроводжує посилення явищ депресії коливань ЕЕГ у центральній, тім'яно-потиличній і задній скроневій ділянках, що вказує на зростання висхідних аферентних впливів під час обробки сенсорної інформації, сенсорно-просторової уваги, моторного програмування. За цих умов у чоловіків уста-

новлюється збільшення дифузності та біпівкульовості зменшення Ког низькочастотної електричної активності загалом у корі, високочастотної – у задніх коркових зонах. У діапазоні  $\alpha$ 2-ритму зафіксовано зростання значень Ког ЕЕГ-хвиль. У смузі високих частот у чоловіків, особливо з низькою ІАЧ, фіксується посилення явищ просторової синхронізації в передніх і центральних структурах. Така закономірність може відображати відносно збільшення активаційного тону кори порівняно з рухами без зусилля. На противагу, в жінок застосування силового навантаження під час мануальних рухів пов'язано зі збільшенням генералізації процесів просторової синхронізації коливань ЕЕГ в усьому частотному спектрі ЕЕГ, передусім у корі лівої півкулі.

Отже, виконання мануальної моторики підвищеної складності у відповідь на сенсорні подразники в усіх обстежуваних забезпечується збільшенням і селективних процесів, і явищ збудження в корі. При цьому посилюється роль просторової уваги та уявного опосередкування рухів, ускладнюються механізми програмування діяльності. Характерним є підвищення ролі неспецифічних активаційних впливів із боку структур лімбіко-ретикулярного комплексу, що також зумовлює вищі показники ЕЕГ-реактивності в скроневих ділянках кори за цих умов. Різний характер моторних завдань підвищеної складності в чоловіків із високою ІАЧ супроводжується більш диференційованими реакціями. Вони загалом пов'язані зі збільшенням рівня селективної та просторової уваги при реалізації рухів пальців за готовими нервовими автоматизмами, які вилучаються з пам'яті та запускаються як моторні програми. У чоловіків із низькою ІАЧ та в усіх жінок установлені зміни є менш специфічними й відображають активнішу роль кори та її зв'язків із регуляторними мозковими структурами під час сенсорного реагування, створення і запуску моторної команди, корекції результатів дії. При цьому обстежувані з високою ІАЧ відзначаються більшою локальністю й асиметричністю реагування, з низькою  $\alpha$ -частотою – дифузністю явищ блокування електричної активності кори в широкому частотному діапазоні. Корекція рухів, відповідно до концепції М. О. Бернштейна [17], може здійснюватися за рахунок і тонічного перцептивного, і свідомого (за відсутності зорового стеження) контролю. В осіб із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у жінок збільшується роль свідомого контролю, що вимагає підвищення рівня довільної уваги [17, 180, 322].

В усіх обстежуваних перебирання пальцями пов'язано зі збільшенням психічної напруженості, фокусуванням уваги на зовнішній аферентації та ролі механізмів інтеграції сенсорної і моторної інформації. Такі зміни зумовлені посиленням неспецифічного тону кори. На противагу, виконання рухів із силовим навантаженням супроводжує більша актуалізація механізмів оперативної пам'яті, концентрація уваги на внутрішніх процесах, зростання зосередженості, що неминуче зменшує ретикулярні впливи. З іншого боку, посилюються емоційні та мотиваційно-енергетичні запити, напруга нервових процесів, пов'язаних зі збільшенням ролі лімбічної системи.

Виконання моторних завдань лівою рукою в усіх обстежуваних призводить до поглиблення депресії  $\theta$ - і  $\alpha$ -активності в задніх коркових структурах та експресії високочастотних  $\beta$ - і  $\gamma$ -коливань ЕЕГ порівняно з правою рукою. При цьому виявляється зростання просторової синхронізації в корі в усьому частотному спектрі ЕЕГ, що вказує на збільшення її активаційного тону. За цих умов реєструється збільшення потужності та десинхронізація показників у передніх коркових відділах. Такі зміни можуть засвідчувати збільшення ролі активаційних змін, процесів селекції інформації при забезпеченні механізмів сенсорного сприйняття, програмування і корекції рухів за цих умов. Значущість та генералізованість відповідних явищ збільшуються за умови ускладнення завдань. Низхідні коркові впливи та процеси активації мають вищий рівень в осіб із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у жінок.

**Міжгрупові відмінності організації мозкових процесів під час виконання моторних завдань.** Специфіка мозкових механізмів обробки інформації під час ускладнення моторних завдань та їх виконання лівою рукою визначаються переважанням у фоновій ЕЕГ обстежуваних високо- або низькочастотного  $\alpha$ -ритму, а також таким важливим біологічним фактором, як стать. Міжгрупові відмінності загалом реалізують характерні риси організації мозкових процесів, виявлені в стані спокою. Водночас, збільшення складності моторних завдань різного характеру висуває додаткові вимоги до процесів обробки інформації та супроводжується їх специфічними змінами. Чоловіки із низькою ІАЧ за цих умов відзначаються переважанням потужності та Ког високочастотних коливань ЕЕГ, особливо в лобових ділянках, ніж в осіб із високою ІАЧ. Очевидно, це є корелятом досягнення вищого рівня неспецифічного тону кори при

посиленні ролі стовбурових активаційних впливів на кору в чоловіків із низькою ІАЧ.

Як і в стані спокою, у жінок із низькою ІАЧ зареєстровано нижчу потужність та Коґ  $\beta$ 1- і  $\gamma$ -хвиль, ніж в осіб із високою ІАЧ. Це зумовлює слабші інтегративні можливості кори, пов'язані із взаємодією кортикальних проєкцій різних аналізаторних систем. На противагу, в жінок із високою ІАЧ виявлено порівняне зростання Коґ  $\theta$ -,  $\alpha$ 1- і  $\alpha$ 2-хвиль ЕЕґ у задніх скроневих і тім'яно-потиличних ділянках кори. Це засвідчує відносно вищий рівень просторової уваги, мотиваційно-енергетичних запитів, напруги нервових процесів у них, особливо за умови силового навантаження.

У групі обстежуваних із високою ІАЧ ускладнення моторних завдань та їх реалізація лівою рукою супроводжуються вищою потужністю  $\theta$ - і  $\alpha$ -хвиль ЕЕґ у передніх відділах,  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль – по всьому скальпу в жінок, ніж у чоловіків. Такі закономірності можуть засвідчувати більші активуючі впливи на кору із боку гіпоталамусу та ретикулярної формації в жінок. При цьому жінки, як і в стані спокою, характеризуються вищою Коґ  $\theta$ -,  $\alpha$ 1-коливаний ЕЕґ у задніх відділах кори, нижчою – у передніх структурах, ніж чоловіки. Відносно нижча Коґ  $\alpha$ 2-,  $\alpha$ 3- і  $\beta$ -активності в жінок фіксується загалом у корі. Такі закономірності можуть бути свідченням меншого рівня інтегративних процесів та вищої мимовільності уваги з одночасною оцінкою різних характеристик сенсорної і моторної інформації, ніж у чоловіків.

У групі з низькою  $\alpha$ -частотою збільшення складності рухових завдань у жінок супроводжується нижчою потужністю  $\theta$ - і  $\alpha$ 1-коливаний, передусім у задніх ділянках кори,  $\alpha$ 2- і  $\alpha$ 3-хвиль більш генералізовано в корі порівняно із чоловіками. Це може вказувати на порівняне переважання активаційних явищ у жінок. При цьому жінки характеризуються відносно вищою Коґ електричної активності в корі в центральних і тім'яно-потиличних відділах, чоловіки – у лобових і скроневих ділянках кори. Як і в групі обстежуваних із високою ІАЧ, така закономірність може засвідчувати вищий рівень селективності уваги у чоловіків, ніж у жінок. За умови виконання рухових завдань підвищеної складності лівою рукою в жінок фіксується нижчий рівень просторової синхронізації коливаний ЕЕґ загалом у корі. За даними [114], це може вказувати на нижчий функціональний стан кори в жінок, ніж у чоловіків.

**Особливості функціонального стану поверхневих м'язів кисті під час реалізації моторних завдань в обстежуваних із різною ІАЧ.** Результатом такої організації коркової активності в групах обстежуваних є формування моторної команди, що низхідними шляхами доводиться до інтернейронного апарату спинного мозку та рухових одиниць працюючих м'язів. Надходження такої команди змінює і умови організації супраспинальних впливів на м'язи, і їх функціональний стан. Електрична активність РО працюючих м'язів при цьому виступає в ролі інтегрального критерію їх функціонального стану в процесі центрального програмування та низхідної спеціалізованої регуляції нервово-м'язової периферії.

В усіх обстежуваних зареєстровано збільшення значень ЛКП середньої амплітуди і ЛКС середньої частоти коливань ЕМГ м'язів згиначів та розгиначів під час виконання моторних завдань порівняно зі станом спокою. Збільшення складності рухів супроводжується посиленням такої закономірності. На нашу думку та згідно з даними літератури [5, 28, 30, 31, 42, 105], це вказує на активацію значної кількості РО працюючих м'язів та збільшення синхронізації їх розрядів (зниження частоти зубців ЕМГ) відповідно до активуючих низхідних впливів. Це приводить до зростання м'язового зусилля та узгодженості роботи рухових одиниць м'язів. У всіх обстежуваних робота м'язів згиначів пальців кисті, передусім лівої руки, характеризується меншою кількістю та більшою асинхронністю включення РО, порівнюючи з розгиначами. Це вказує на переважання напруги м'язів розгиначів. За умови роботи правою рукою така закономірність засвідчує реалізацію фіксованих у пам'яті еталонів взаєморозміщення пальців кисті на окремих етапах завченого руху. Домінуювальне значення в цьому процесі мають м'язи розгиначі, які забезпечують фіксацію цих просторових положень пальців кисті, обмежуючи амплітуду скорочення згиначів. Виконання всіх завдань лівою рукою, неведучою для обстежуваних із правим профілем латеральної асиметрії, супроводжує збільшення приросту тонусу м'язів розгиначів порівняно з правою рукою. Це може бути зумовлено посиленням за цих умов низхідних коркових впливів, які створюють гальмівний вплив на активність м'язів згиначів. Це реципрочно посилює роботу м'язів розгиначів, збільшує фіксованість, «напруженість» рухів та має важливе біологічне значення. Виконання незвичних рухів за цих умов відбувається при більшому використанні механізмів довільної селекції



інформації та корекції результатів дії, що вимагає підвищеної активності коркових структур.

У чоловіків із високою ІАЧ стискання і розтискання пальців без зусилля та із силовим навантаженням супроводжується більшим приростом тонузу розгиначів, особливо лівої руки, за умови перебирання пальців – відносно посилюється роль м'язів згиначів правої і лівої рук. Реалізація таких відмінностей під час рухів без зусилля визначається актуалізацією вилучених із пам'яті еталонів просторових взаємних розміщень пальців кисті на окремих етапах виконання рухової навички. За умови застосування силового навантаження збільшується і напруга згиначів, і фіксованість рухів, що зумовлено завданнями експерименту – утримання вантажу та подолання його ваги. Почергові рухи пальців забезпечує відносне посилення тонузу м'язів згиначів. Це може вказувати на збільшення надлишковості та незбалансованості механізмів такої моторної програми. За таких умов посилюються і коркові механізми селективної та просторової уваги, і активність моторної зони, яка спричинює збільшення функції згиначів. Збільшення фіксованості рухів лівою рукою реалізується завдяки посиленню тонузу м'язів розгиначів порівняно з правою рукою. При цьому ослаблення функції м'язів згиначів не фіксується. Виявляється вища синхронність роботи РО згиначів правої руки, що пов'язана з більшою раціональністю супраспинальних впливів на м'язи ведучої руки.

Відносне посилення тонузу м'язів згиначів у чоловіків із низькою ІАЧ, й особливо в усіх жінок, зареєстровано під час моторної діяльності правою та лівою руками в контрольному режимі, із силовим навантаженням. Це може відображати вищу активність моторної кори під час програмування таких рухів, залучення додаткових елементів обробки інформації порівняно із чоловіками із високою ІАЧ. Це передбачає надлишкове збільшення скорочувальної активності м'язів. Застосування силового навантаження при мануальному реагуванні на сенсорні стимули відзначається зростанням напруги і згиначів, і розгиначів. Водночас, тонуз розгиначів за цих умов залишається вищим, ніж згиначів. Під час перебирання пальців установлюється збільшення напруги розгиначів правої, і особливо лівої рук. Приріст тонузу м'язів згиначів лівої руки є нижчим, ніж правої руки. Така закономірність може бути показником значного ускладнення моторного програмування за цих умов. При цьому зростає роль низхідних впливів, які гальмують роботу згиначів та реципрокно посилюють

функцію розгиначів. Це призводить до додаткового підвищення напруженості таких рухів.

Жінки з низькою ІАЧ відзначаються меншою специфічністю процесів моторного програмування рухів різного характеру та складності. Виконання всіх моторних завдань, особливо підвищеної складності, правою рукою забезпечується вищими показниками м'язів згиначів порівняно з розгиначами. Під час роботи лівою рукою вагомо зменшується приріст тонузу згиначів і зростає напруга розгиначів. Тонус м'язів розгиначів під час ускладнення завдань є вищим, ніж такий згиначів.

Під час виконання рухів різного характеру в осіб із високою ІАЧ устанавлюється менше активних РО й вища синхронність їх розрядів до м'язів правої руки, ніж в обстежуваних із низькою ІАЧ. Такі закономірності можуть засвідчувати більшу економічність та раціональність роботи м'язів правої руки в обстежуваних із високою ІАЧ, особливо в чоловіків. Під час роботи лівою рукою синхронність роботи РО м'язів згиначів у чоловіків із високим рівнем ІАЧ також вища. У всіх чоловіків загалом фіксується більш раціональний режим роботи всіх м'язів правої руки в умовах вищої синхронності розрядів від мотонейронів та меншої кількості задіяних РО, ніж у жінок. Вищий тонус розгиначів лівої руки в чоловіків забезпечує більш економічну роботу згиначів за цих умов.

**Особливості обробки інформації під час виконання звичних рухів у відповідь на сенсорні сигнали в групах обстежуваних із різним рівнем ІАЧ.** Під час аналізу й обговорення результатів дослідження ми прагнули з'ясувати, як змінює функціонування мозку, м'язів виконання звичних мануальних рухів у відповідь на дію певних сигналів в обстежуваних із різною вихідною індивідуальною частотою  $\alpha$ -ритму ЕЕГ. Важливим для нас було врахування і статевого аспекту. Отримані результати загалом доводять існування характерних особливостей мозкових процесів під час забезпечення таких функціональних станів, як спокій, сприйняття сенсорних стимулів і мануальне реагування на них в обстежуваних із різним рівнем вихідної  $\alpha$ -частоти.

У чоловіків із високою ІАЧ вищий вихідний рівень активаційного тонузу кори корелює з кращими швидкісними можливостями нейромоторного апарату та більшою збалансованістю процесів збудження й гальмування. Фонові низхідні впливи на м'язи характеризуються більшою диференціацією та раціональністю, забезпечують більш

економічні вихідні умови функціонування та скоротливі можливості м'язів згиначів ведучої руки. За умови фоностимуляції встановлено, з одного боку, вищу реакцію засвоєння нав'язаного ритму в широкому частотному спектрі, з іншого, – посилення процесів селективної уваги, що забезпечує полегшення обробки інформації в кортикальних проекціях сенсорного сигналу. Чоловіки цієї групи під час реалізації звичних мануальних рухів використовують збережені в пам'яті шаблони їх моторних програм. Такі процеси супроводжують значна селекція сенсорної інформації та зниження рівня неспецифічної активації кори. За умови збільшення складності моторних завдань додатково посилюється селективна та просторова увага, активаційні явища в корі. Виконання рухів різного характеру відзначається більшою синхронністю роботи мотонейронного апарату на фоні меншої кількості активних у кожний момент часу рухових одиниць порівняно із жінками цієї групи й чоловіками з низькою ІАЧ.

У жінок із високою ІАЧ посилення неспецифічних впливів на коркову активність із боку лімбіко-ретикулярного комплексу в стані спокою пов'язано з меншим рівнем латеральної специфічності низхідних імпульсів, економічності та раціональності роботи тонких м'язів порівняно із чоловіками. Такі закономірності доповнюються меншими швидкісними можливостями нейромоторного апарату й підвищенням ролі гальмівних процесів у жінок цієї групи. Відносно нижчий рівень селективних механізмів обробки інформації під час сенсорного сприйняття і мануального реагування може зумовлювати компенсаторне збільшення і дифузності явищ активації, і функціональної активності центральних ділянок та їх просторової синхронізації з лобовими структурами. Унаслідок цього ускладнюються процеси центрального програмування рухів і посилюються скоротливі функції м'язів. Ускладнення моторних завдань, особливо почергові рухи пальців, супроводжуються збільшенням довільної уваги, що реалізується, з одного боку, через збільшення зони релевантного збудження, з іншого – завдяки функціонуванню механізму гальмування нерелевантного входу. При цьому знижується активність м'язів згиначів і зростає роль розгиначів, що призводить до більшої напруженості, фіксованості рухів. Досягнення потрібного результату відбувається більшою мірою завдяки збільшенню кількості функціонуючих рухових одиниць на фоні відносно нижчої синхронності мотонейронних впливів. Загалом жінки характеризуються вищим функціональним станом кори, ніж чоловіки. Значною мірою це може визначатися активуючими мозковими системами.

У чоловіків із низькою ІАЧ нижчий функціональний стан кори в стані спокою, ніж у чоловіків із високою ІАЧ, компенсується збільшенням напруги мозкових процесів під впливом лібмічної системи й ретикулярної формації. Це, у свою чергу, зумовлює порівняно менший рівень латеральних відмінностей низхідних впливів, економічності та раціональності низхідної іннервації. Така специфіка фонові активності модулює екстенсивний тип коркового реагування під час фоностимуляції. Чоловіки цієї групи під час стискання і розтискання пальців без зусилля більшою мірою використовують вилучені з пам'яті нервові автоматизми, які постійно коректуються зовнішньою сигналізацією. Ускладнення моторних завдань супроводжується посиленням активаційних явищ у корі, залученням додаткових елементів обробки інформації, що може бути зумовлено зростанням ролі стовбурових впливів на кору й досягненням вищого рівня неспецифічного тону кори, ніж у чоловіків із високою ІАЧ. Водночас, збільшуються гальмівні фронтальні впливи. Вони можуть бути корелятом процесу зіставлення аферентних інформаційних потоків про нові параметри роботи м'язів із низхідними імпульсами з боку фронтальної кори про попередню моторну установку. Певне пригнічення висхідних імпульсів при цьому, на думку авторів, зокрема М. Є. Іоффе [59], Є. А. Костандова [73], заважає реалізації нових координацій. При цьому знижується активність моторної кори і, як наслідок, скоротлива функція згиначів. За цих умов реципрокно збільшується напруга розгиначів, що спричинює збільшення фіксованості рухів. Виявлені зміни ЕЕГ загалом засвідчують більшу суб'єктивну складність для чоловіків цієї групи моторних завдань, меншу пластичність їх нервових процесів при переключенні уваги від обробки сенсорних стимулів до програмування моторики. Такі мозкові процеси пов'язані з меншою рухливістю і точністю нервових процесів у чоловіків цієї групи, порівняно з обстежуваними з високою ІАЧ.

У жінок із низькою ІАЧ зростання ролі неспецифічних впливів, передусім ретикулярної формації, при забезпеченні функціонального стану кори в стані спокою пов'язано з підвищеним вихідним тонусом спокою м'язів та меншою латеральною специфічністю низхідних впливів до них. Отримані результати вказують на переважання впливів ретикулярної формації на коркову активність не лише в стані спокою, а й під час фоностимуляції, мануальної моторики. Зафіксовано меншу специфічність механізмів моторного програмування при

реалізації рухів різного характеру і на корковому, і на супраспинальному рівнях. Формування моторної команди, особливо за умови виконання складніших завдань, супроводжується підвищеною активністю лобових ділянок, застосуванням когнітивних стратегій, більшою генералізованістю мозкових процесів. Такі закономірності вказують на певну надлишковість механізмів обробки інформації, що, очевидно, має компенсаторний характер в умовах відносно нижчого рівня селекції інформації. При цьому виявлено нижчі показники швидкості й збалансованості нервової системи.

**Узагальнення.** Простежені особливості електричної активності кори головного мозку та працюючих м'язів у групах обстежуваних загалом вказують на функціональну єдність і взаємопов'язаність центральної нервової системи та моторного апарату. Процес організації довільного руху є функцією вищих відділів центральної нервової системи. Відповідно до неї формується супраспинальна рухова команда, що визначає кількість включених у діяльність РО і частоту їх розрядів. Різний характер моторних завдань у чоловіків із високою  $\alpha$ -частотою супроводжується більш диференційованими реакціями. Вони загалом пов'язані зі збільшенням рівня селективної та просторової уваги при реалізації звичних мануальних рухів за нервовими автоматизмами, закріпленими в пам'яті. Це забезпечує більш раціональні супраспинальні впливи на працюючі м'язи. Така організація коркової і м'язової активності зумовлює вищу швидкість і точність сенсомоторного реагування.

У чоловіків із низькою ІАЧ, й особливо в усіх жінок, установлені зміни є менш специфічні й відображають активну роль кори та її зв'язків із діенцефальними і стовбуровими регуляторними мозковими структурами під час сенсорного реагування, створення і запуску моторної команди, корекції результатів дії. Це корелює, з одного боку, з менш раціональними умовами м'язового скорочення й розвитку напруги, з іншого – з меншою рухливістю і збалансованістю нервових процесів.

Такі закономірності мають важливе значення не лише для повнішого розкриття фундаментальних питань нейрофізіологічного забезпечення цілеспрямованих рухів руки людини, а і з погляду практичного застосування. Адже сучасна людина і в повсякденному житті, і у своїй трудовій діяльності все більше здійснює саме таких рухів. Їх успішна реалізація набуває все більшого значення в умовах ускладнення та урізноманітнення інформаційного середовища су-

часної людини, поширення практики впровадження дистанційного мануального керування електронними технічними пристроями. Отже, особливо важливим є простеження регуляторних механізмів мануальної моторики саме під час її реалізації в осіб із різним вихідним рівнем індивідуальної  $\alpha$ -частоти.

Наші результати показують, що рівень індивідуальної  $\alpha$ -частоти людини, визначений у стані спокою, може бути використаний як прогностичний критерій кращих вихідних можливостей людини в досягненні вищих показників швидкості й точності її сенсомоторного реагування. Ці показники загалом можуть визначати рівень успішності такої діяльності. Таке твердження корелює з даними сучасної літератури [10, 11, 67, 96, 133] про значення вихідної індивідуальної  $\alpha$ -частоти людини як предиктора успішності когнітивної та психомоторної діяльності.

Отже, проведення комплексного дослідження функціонування мозку та м'язів кисті дало можливість визначити єдині концептуальні позиції щодо індивідуальних особливостей ЕЕГ і ЕМГ параметрів людини в стані спокою та їх змін під час сприйняття сенсорних стимулів і мануального реагування. При цьому важливим є їх зіставлення з якістю кінцевого результату діяльності – психодинамічними властивостями нервових процесів під час сенсомоторного реагування.

## ВИСНОВКИ

1. Обстежувані з високою ІАЧ, у статевому аспекті – чоловіки характеризуються вищими швидкісними можливостями нервових процесів і точнішим оцінюванням хвилинних часових інтервалів. Жінки, передусім із високою ІАЧ, відзначаються відносно більшим переоцінюванням часу.

2. У стані спокою обстежуваних із високою ІАЧ відзначають нижча потужність  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\alpha 2$ - і  $\beta 1$ -активності й вища – у діапазоні  $\alpha 3$ -,  $\beta 2$ - і  $\gamma$ -частот, менші значення когерентності коливань ЕЕГ у лобових, скроневих і центральних ділянках кори порівняно з особами з низькою ІАЧ. У жінок із високою ІАЧ виявлено відносно вищу когерентність у високих частотах ( $\alpha 3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -) спектра.

3. У жінок із високою ІАЧ у стані спокою встановлено нижчу потужність  $\theta$ -,  $\alpha$ - і вищу  $\beta$ -,  $\gamma$ -активності кори, вищі значення когерентності коливань ЕЕГ порівняно із чоловіками. Жінок із низькою ІАЧ характеризує нижча потужність  $\alpha 2$ -,  $\alpha 3$ - і вища  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -ритмів, менші значення когерентності електричної активності в корі, ніж у чоловіків.

4. Тонус спокою дистальних м'язів рук у всіх обстежуваних забезпечує вища напруга м'язів розгиначів. Тонус спокою лівої руки характеризує певне збільшення напруги згиначів порівняно з правою. Обстежувані із високою ІАЧ, у статевому аспекті – у чоловіків відзначаються вищими латеральними й реципрокними відмінностями параметрів ЕМГ.

5. Фоностимуляцію в обстежуваних із високою ІАЧ, передусім у чоловіків, супроводжують локальне зростання потужності  $\theta$ - і  $\alpha 1$ -хвиль ЕЕГ у лобових ділянках,  $\beta 1$ -,  $\beta 2$ -коливань – у передній відділах кори,  $\gamma$ -активності – по всьому скальпу та її зниження в задніх скроневих, тім'яних і потиличних відведеннях кори, передусім у  $\alpha$ - і  $\beta$ -частотному спектрі. В осіб із низькою ІАЧ, особливо в жінок, депресія  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta$ -активності кори фіксується генералізовано, експресія  $\gamma$ -хвиль є більш локальною. В усіх обстежуваних встановлено загальне збільшення когерентності коливань ЕЕГ з правопівкульовим переважанням у задніх структурах кори, її локальне зменшення в лобових і передніх скроневих ділянках лівої півкулі.

6. У чоловіків під час стискання і розтискання пальців без зусилля виявлено зменшення значень когерентності  $\theta$ -,  $\alpha 1$ -,  $\alpha 3$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -активності в корі та їх зростання в  $\alpha 2$ -піддіапазоні – у лобових, передніх скроневих і центральних відділах, на частоті  $\beta$ -коливань – у

лобових відведеннях кори. Зміни когерентності супроводжуються зниженням потужності електричної активності в задніх скроневих, центральних і тім'яних ділянках кори, її локальним збільшенням у  $\theta$ -,  $\alpha_1$ -,  $\beta_2$ -частотах у лобових відведеннях. У жінок такі зміни потужності більш генералізовані, значення когерентності в корі збільшуються в усьому частотному діапазоні, посилюються лобово-центральні взаємодії.

7. Стискання і розтискання пальців у почерговому порядку, із силовим навантаженням у відповідь на сенсорні стимули в групах обстежуваних супроводжує збільшення значущості і поширеності в корі змін, виявлених під час мануальних рухів без зусилля. Почергові рухи пальцями пов'язані з вищим рівнем потужності й когерентності  $\beta_2$ - і  $\gamma$ -коливань ЕЕГ у лобових і центральних ділянках, рухи із силовим навантаженням – нижчою когерентністю в корі в діапазоні низьких ( $\theta$ -,  $\alpha_1$ -) і високих ( $\alpha_3$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -) частот спектра ЕЕГ, генералізованою депресією  $\alpha$ - і  $\beta_1$ -активності. В чоловіків із низькою ІАЧ і в жінок із високою ІАЧ за цих умов виявлено зростання потужності  $\alpha_3$ -коливань у лобових ділянках.

8. Виконання моторних завдань лівою рукою в групах обстежуваних відзначає збільшення рівня когерентності коливань ЕЕГ у корі та зниження потужності  $\theta$ -,  $\alpha$ - і  $\beta_1$ -активності кори, передусім у задніх коркових структурах, її генералізоване збільшення у  $\beta_2$ - і  $\gamma$ -піддіапазонах. Такі зміни мають більшу значущість в обстежуваних із низькою ІАЧ, у статевому аспекті – у жінок.

9. В обстежуваних із високою ІАЧ виконання моторних завдань, особливо підвищеної складності, пов'язано з нижчою потужністю і когерентністю коливань ЕЕГ, вищою потужністю  $\alpha_1$ -,  $\beta$ - і  $\gamma$ -активності лобових ділянках, ніж у групі з низькою ІАЧ. Виконання рухів лівою рукою супроводжує відносно вищі значення когерентності  $\alpha_3$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -коливань ЕЕГ загалом у корі в осіб із високою ІАЧ.

10. Жінки під час мануальних рухів, передусім підвищеної складності, відзначаються вищою потужністю  $\theta$ -,  $\alpha_1$ -активності в передніх коркових відділах,  $\beta$ - і  $\gamma$ -хвиль по всьому скальпу, нижчою – у  $\alpha_2$ - і  $\alpha_3$ -піддіапазонах ЕЕГ у корі порівняно з чоловіками. У жінок за цих умов встановлено відносно вищі значення когерентності в центральних і тім'яно-потиличних відділах кори, нижчі – у лобових і скроневих ділянках.

11. Реалізація мануальних рухів в усіх обстежуваних супроводжується приростом середньої амплітуди та спаданням середньої



частоти коливань ЕМГ дистальних м'язів руки, передусім розгиначів. В осіб із високою ІАЧ, у статевому аспекті – у чоловіків відзначено порівняно нижчі показники амплітуди й частоти коливань ЕМГ дистальних м'язів руки.

12. Виконання мануальних рухів без зусилля та із силовим навантаженням у чоловіків із високою ІАЧ супроводжується більшим приростом тону м'язів розгиначів, особливо лівої руки, за умови почергових рухів пальцями посилюється напруга згиначів правої і лівої рук. У чоловіків із низькою ІАЧ і в жінок виконання мануальних рухів правою та лівою руками без зусилля та із силовим навантаженням відзначається більшим приростом тону м'язів згиначів, почергових рухів пальцями – розгиначів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аганянц Е. К. Электрофизиологические корреляты центральных программ при решении простых моторных задач у лиц с различным профилем асимметрии / Е. К. Аганянц, А. Б. Трембач, А. С. Гронская // Теория и практика физической культуры. – 1999. – № 3. – С. 43–46.
2. Айдаркин Е. К. Исследование нейрофизиологических механизмов влияния одорантов на эффективность зрительного распознавания / Е. К. Айдаркин, О. Л. Кондупьян // Валеология. – 2006. – № 3. – С. 66–71.
3. Александров Ю. И. Управление движениями / Юрий Иосифович Александров // Психофизиология. – СПб. : Питер, 2001. – С. 94–111.
4. Анохин П. К. Очерки по физиологии функциональных систем / Пётр Константинович Анохин. – М. : Медицина, 1975. – 495 с.
5. Антонен Е. Г. Влияние общего согревания организма на электромиографические параметры мышечного утомления у больных паркинсонизмом / Е. Г. Антонен // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 5. – С. 63–68.
6. Асимметрия полушарий, зрительное обучение и инвариантное опознание образов / В. Д. Глезер, А. А. Невская, Н. Д. Чернова [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 5. – С. 37–43.
7. Афтанас Л. И. Эмоциональное пространство человека: психофизиологический анализ / Любомир Иванович Афтанас. – Новосибирск : СО РАНМ, 2000. – 126 с.
8. Ашмарин Б. А. Двигательные умения и навыки. Теория и методика физического воспитания : [учеб. пособие] / Борис Андреевич Ашмарин. – М., 1979. – С. 65–75.
9. Базанова О. М. Биоуправление в оптимизации психомоторной реактивности. Сообщ. 1. Сравнительный анализ биоуправления и обычной исполнительской практики / О. М. Базанова, М. Б. Штарк // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 1–9.
10. Базанова О. М. Индивидуальные показатели альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность / О. М. Базанова, Л. И. Афтанас // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2007. – Т. 93, № 1. – С. 14–26.
11. Базанова О. М. Современная интерпретация альфа-активности электроэнцефалограммы / О. М. Базанова // Успехи физиол. наук. – 2009. – Т. 40, № 3. – С. 32–53.
12. Бархатова В. П. Спастичность: патогенез и современные подходы к лечению / В. П. Бархатова, И. А. Завалишин, А. В. Пере-

седова // Рус. мед. журнал. – 2005. – Т. 13, № 22 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.rmj.ru/articles\\_3956.htm](http://www.rmj.ru/articles_3956.htm)

13. Батуев А. С. Модульная организация коры головного мозга / А. С. Батуев, В. П. Бабминдра // Биофизика. – 1993. – Т. 38, вып. 2. – С. 351–355.

14. Батуев А. С. Мозг и организация движений / А. С. Батуев, О. П. Таиров. – Л. : Наука, 1978. – 139 с.

15. Белов Д. Р. Проявление межполушарной асимметрии и психотипа в динамике «бегущей волны» ЭЭГ / Д. Р. Белов, С. Ф. Колодзяжный, Н. Ю. Смит // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 1. – С. 5–19.

16. Беритов И. С. О происхождении произвольных движений у высших позвоночных животных / И. С. Беритов // III науч. совещ. по эволюционной физиологии, посвящ. памяти академика Л. А. Орбели. – Л., 1961. – С. 24–25.

17. Бернштейн Н. А. Биомеханика и физиология движений : избр. психол. тр. / Николай Александрович Бернштейн ; под ред. В. П. Зинченко. – 3-е изд. — М. : Изд-во Моск. психол.-соц. ин-та ; Воронеж : Изд-во НПО «МОДЭК», 2008. – 688 с.

18. Бетелева Т. Г. Связанные с событием потенциалы на разных этапах реализации зрительной рабочей памяти / Т. Г. Бетелева, С. В. Синицын // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 3. – С. 5.

19. Биопотенциалы мозга человека (математический анализ) / [В. С. Русинов, О. М. Гриндель, Г. Н. Болдырева, Е. М. Вакар]. – М. : Медицина, 1987. – 254 с.

20. Біомеханіка спорту: [навч. посібник ; за заг. ред. А. М. Лапутіна]. – К. : Олімп. л-ра, 2001. – 319 с.

21. Біофізика / [П. Г. Костюк, В. Л. Зима, І. С. Магура та ін.]. – К. : Обереги, 2001. – 544 с.

22. Боброва Е. В. Современные представления о корковых механизмах и межполушарной асимметрии контроля позы (обзор литературы по проблеме). / Е. В. Боброва // Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова. – 2008. – Т. 58, № 1. – С. 12–27.

23. Боголепова И. Н. Основные принципы структурной асимметрии корковых формаций мозга человека / И. Н. Боголепова, Л. И. Малофеева // Успехи физиол. наук. – 2004. – Т. 35, № 3. – С. 3–19.

24. Болдырева Г. Н. Роль регуляторных структур мозга в формировании ЭЭГ человека / Г. Н. Болдырева, Е. В. Шарова, И. С. Добронравова // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 5. – С. 19–34.

25. Болдырева Г. Н. фМРТ-ЭЭГ-исследование реакций мозга здорового человека на функциональные нагрузки / Г. Н. Болдырева, Л. А. Жаворонкова, Е. В. Шарова [и др.] // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 3. – С. 20–30.

26. Бондарь А. Т. Исследование тонкой структуры спектра альфа-диапазона ЭЭГ при сенсомоторном поведении / А. Т. Бондарь // Физиология человека. – 1988. – Т. 14, № 2. – С. 179–185.

27. Ван Баал Г. К. М. Генетическая перспектива развивающегося мозга у близнецов в детском и юношеском возрасте / Г. К. М. Ван Баал, К. Е. М. Ван Бейстервельдт, Е. Дж. К. Де Геус // Иностр. психология. – 2001. – № 14. – С. 35–48.

28. Верещака І. В. Суперпозиція моторних команд у перебігу створення «двосуглобових» статичних зусиль м'язами руки людини / І. В. Верещака, А. В. Горковенко // Фізіол. журн. – 2012. – Т. 58, № 1. – С. 43–50.

29. Взаимосвязь эффективности деятельности человека с ЭЭГ-характеристиками его исходного состояния покоя / С. А. Крижановский, И. Г. Зима, С. В. Тукаев, А. А. Чернинский // Уч. зап. Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. – 2009. – Т. 22, № 1. – С. 50–58. – (Сер. Биология, химия).

30. Влияние общего охлаждения на электромиографические характеристики мышечного утомления, вызванного динамометрической нагрузкой / А. Ю. Мейгал, А. Ю. Ивуков, Л. И. Герасимова [и др.] // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 2. – С. 80.

31. Возрастные особенности турн-амплитудных характеристик электромиограммы при дозированном изометрическом сокращении / Л. И. Герасимова, Т. В. Варламова, Е. Г. Антонен [и др.] // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 3. – С. 119–125.

32. Волков Л. В. Теория и методика детского и юношеского спорта / Леонид Викторович Волков. – Киев : Олимп. лит., 2002. – 296 с.

33. Вольф Н. В. Половой диморфизм функциональной организации мозга при обработке речевой информации / Н. В. Вольф, О. М. Разумникова // Функциональная межполушарная асимметрия. – М. : Науч. мир, 2004. – С. 386.

34. Вызванный и индуцированный гамма-ритм в сенсорном кодировании / М. М. Данилова, Н. Б. Бикова, Н. В. Анисимов [и др.] // Медицинская физика : сб. науч. тр. под ред. В. И. Трухина, Ю. А. Пирогова, П. К. Кашкарова, Н. Н. Сысоева. – М. : МГУ им. М. И. Ломоносова, 2002. – С. 97–106.

35. Гендерні особливості змін параметрів ЕЕГ при когнітивному навантаженні після короткотривалого стану спокою / І. Зима, Н. Піс-корська, С. Тукаєв, С. Крижановський // Вісн. Київ. нац. ун-та ім. Т. Шевченка: Проблеми регуляції фізіологічних функцій. – 2011 – Вип. 14 – С. 28–30.
36. Гиттик Л. С. К проблеме центральной регуляции движения в норме и патологии / Л. С. Гиттик // Актуальні питання неврології. – Чернівці : [б. в.], 2002. – С. 29–31.
37. Гнездицкий В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / Виктор Васильевич Гнездицкий. – М. : МЕДпресс-информ, 2003. – 246 с.
38. Горковенко А. В. Вплив тонічного зусилля кисті руки на функціональні зв'язки між ділянками кори головного мозку людини / А. В. Горковенко // Фізіол. журн. – 2006. – Т. 52, № 2. – С. 30–31.
39. Гранит Р. Основы регуляции движений / Рагнар Гранит : [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1973. – 367 с.
40. Григорян В. Г. Особенности межполушарных взаимоотношений при отсутствии и наличии навыка / В. Г. Григорян, А. Р. Агабабян, А. Ю. Степанян // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 4. – С. 134–137.
41. Гриндель О. М. Исследование структуры альфа-ритма здорового человека в состоянии покоя методом ЭЭГ-картирования / О. М. Гриндель, О. Б. Сазонова, С. Б. Жиров // Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова. – 1992. – Т. 42, № 3. – С. 491–499.
42. Гурфинкель В. С. Концепция схемы тела и моторный контроль / В. С. Гурфинкель, Ю. С. Левик // Интеллектуальные процессы и их моделирование. Организация движений. – М. : Наука, 1991. – С. 59–105.
43. Гусельников В. И. Ритмическая активность в сенсорных системах / В. И. Гусельников, А. Ф. Изнак. – М. : Изд-во МГУ, 1983. – 214 с.
44. Гуссерль Э. Логические исследования. – Т. 2 / Эдмунд Гуссерль. – М. : ДИК, 2001. – С. 384–385.
45. Данилова Н. Н. Функциональные состояния: механизмы и диагностика / Нина Николаевна Данилова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 287 с.
46. Десинхронизация и синхронизация ЭЭГ подростков, вызванные стимулами, запускающими и запрещающими сенсомоторную реакцию. Сообщение II. Особенности при синдроме дефицита

внимания и гиперактивности / В. А. Пономарев, О. В. Кропотова, Ю. И. Поляков [и др.] // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 3. – С. 261–268.

47. Добронравова И. С. Особенности изменения ряда электрофизиологических показателей при нарушении ритмической системы двигательных условных реакций у человека / И. С. Добронравова // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 1970. – Т. 20, № 3. – С. 647–649.

48. Дубровинская Н. В. Психофизиология ребенка / Н. В. Дубровинская, Д. А. Фарбер, М. М. Безруких. – М. : Владос, 2000. – 114 с.

49. Думенко В. Н. Высокочастотные компоненты ЭЭГ и инструментальное обучение / В. Н. Думенко. – М. : Наука, 2006. – 152 с.

50. Думенко В. Н. Функциональное значение высокочастотных компонентов электрической активности головного мозга в процессах формирования внутренних образов / В. Н. Думенко // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2002. – Т. 52, № 5. – С. 539–550.

51. Ермолаев-Томин О. Ю. Математические методы в психологии : [учебник для вузов] / Олег Юрьевич Ермолаев-Томин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЮРАЙТ, 2013. – 512 с.

52. Жаворонкова Л. А. Правши-левши. Межполушарная асимметрия биоэлектрических потенциалов мозга человека / Людмила Алексеевна Жаворонкова. – М. : Экоинвест, 2009. – 240 с.

53. Жирмунская Е. А. О преодолении традиций, сложившихся в электроэнцефалографии / Е. А. Жирмунская // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 2. – С. 147–152.

54. Зв'язок стану психофізіологічних функцій людини та її здатності до орієнтації в просторі та часі за різних умов відповідальності за результати діяльності / М. Ю. Макаручук, Л. В. Чікіна, П. І. Янчук [та ін.] // Фізика живого. – 2009. – Т. 17, № 1. – С. 185–192.

55. Зв'язок фонових та реактивних значень спектральної потужності ЕЕГ людини при виконанні діяльності з різним ступенем інформаційної насиченості / А. О. Чернінський, С. А. Крижановський, Н. Г. Піскорська, І. Г. Зима, М. Ю. Макаручук [та ін.] // Фізика живого. – 2010. – Т. 18, № 2. – С. 85–91.

56. Зенков Л. Р. Функциональная диагностика нервных болезней: [рук-во для врачей] / Л. Р. Зенков, М. А. Ронкин. – [4-е изд.]. – М. : Медпресс-информ, 2004. – 578 с.

57. Изменение мощности ЕЕГ-активности в  $\alpha$ -диапазоне под влиянием тонического болевого воздействия на область дистального

сустава мизинца руки / В. В. Гаркавенко, А. В. Горковенко, Е. П. Маньковская [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 2. – С. 77–84.

58. Ильин Е. П. Дифференциальная психофизиология / Евгений Павлович Ильин. – СПб. : Питер, 2001. – 464 с. – (Сер. Учебник нового века).

59. Ильин Е. П. Психомоторная организация человека : [учебник для вузов] / Евгений Павлович Ильин. – СПб. : Питер, 2003. – 384 с. – (Сер. Учебник нового века).

60. Иоффе М. Е. Двигательное обучение с помощью зрительной обратной связи: нервные механизмы и роль в реабилитации больных с поражениями структур мозга / М. Е. Иоффе, Л. А. Черникова // Вестн. РГНФ. – 2006. – № 4. – С. 148–159.

61. Иоффе М. Е. Мозговые механизмы формирования новых движений при обучении: эволюция классических представлений / М. Е. Иоффе // Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова. – 2003. – Т. 53, № 1. – С. 5–21.

62. Исайчев С. А. Дипольные модели генераторов альфа-ритма / С. А. Исайчев, Д. С. Осипова, Ю. М. Коптелов // Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова. – 2003. – Т. 53, № 5. – С. 577–586.

63. Исследование уровня внутрикоркового взаимодействия в  $\beta$ 2-диапазоне при экзаменационном стрессе / В. Б. Стрелец, Ж. В. Голикова, В. Ю. Новотоцкий-Власов [и др.] // Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова. – 2002. – Т. 52, № 4. – С. 417–427.

64. Іванюк О. А. Особливості просторового розподілу когерентних зв'язків у тета-діапазоні ЕЕГ у корі головного мозку спортсменів під час вербальної діяльності / О. А. Іванюк, А. Г. Моренко, І. Я. Кощан // Наук. вісн. Волин. нац. ун-та ім. Лесі Українки. Біол. науки. – 2008. – № 15. – С. 90–93.

65. Казенников О. В. Кортико-спинальные влияния на дистальные мышцы рук при инерционной нагрузке / О. В. Казенников // Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова. – 2009. – Т. 59, № 3. – С. 288–295.

66. Каменская В. Г. Время в процессе отражения и как фактор организации целенаправленных акустико-моторных реакций человека: автореф. дис. ... д-ра психол. наук : 19.00.02 / Валентина Георгиевна Каменская. – М. : МГУ, 1995. – 44 с.

67. Каплан А. Я. Динамика сегментных характеристик альфа-активности ЭЭГ человека в покое и при когнитивных нагрузках /

А. Я. Каплан, С. В. Борисов // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2003. – Т. 53, № 1. – С. 22–32.

68. Кирой В. Н. Механизмы формирования и роль осцилляторной активности нейронных популяций в системной деятельности мозга / В. Н. Кирой, Е. И. Белова // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2000. – Т. 50, № 2. – С. 179–191.

69. Книпст И. Н. Динамика топограмм потенциалов и функциональное состояние коры больших полушарий / И. Н. Книпст, Н. С. Курова, А. В. Кориневский. – М. : Наука, 1982. – 166 с.

70. Ковязина М. С. Пространственные представления и межполушарное взаимодействие у младших школьников / М. С. Ковязина, Е. Ю. Балашова // Вопр. психологии. – 2009. – № 5. – С. 40–53.

71. Команцев В. Н. Методические основы клинической электромиографии / Владимир Николаевич Команцев. – СПб. : [б. и.], 2006. – 356 с.

72. Коробейникова И. И. Параметры сенсомоторных реакций, психофизиологические характеристики, успеваемость и показатели ЭЭГ человека / И. И. Коробейникова // Психол. журнал. – 2000. – Т. 21, № 3. – С. 132–136.

73. Корсакова Н. К. Подкорковые структуры мозга и психические процессы / Н. К. Корсакова, Л. И. Московичюте. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 119 с.

74. Костандов Э. А. Влияние контекста на пластичность когнитивной деятельности / Э. А. Костандов // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 5. – С. 19–28.

75. Костандов Э. А. Значение контекста когнитивной деятельности в формировании неосознаваемых зрительных установок / Э. А. Костандов // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2006. – Т. 92, № 2. – С. 164.

76. Костюк П. Г. Структура и функция нисходящих систем спинного мозга / Платон Григорьевич Костюк. – Л. : Наука, 1973. – 280 с.

77. Костюков А. И. Управление экстензорами локтя человека при осуществлении медленных целенаправленных разгибательных движений предплечья / А. И. Костюков, А. Н. Тальнов, С. Г. Сиренко // Нейрофизиология. – 2001. – Т. 33, № 1. – С. 60–69.

78. Коцан І. Я. Особливості сприйняття коротких проміжків часу старшими школярами залежно від типу моторної асиметрії / І. Я. Коцан, Т. В. Качинська, Ю. В. Збирун // Наук. вісн. ВНУ ім. Лесі Українки. Біол. науки. – 2012. – № 2(227). – С. 65–70.



79. Кроткова О. А. Взаимодействие полушарий мозга при запоминании ритма движений / О. А. Кроткова, О. А. Максакова, Н. В. Дьякова // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 1. – С. 12–17.
80. Куликов Г. А. Принцип доминанты и кортикальные механизмы слуходвигательной координации / Г. А. Куликов // Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 2000. – Т. 86, № 8. – С. 961–967.
81. Курганский А. В. Направленные кортико-кортикальные функциональные взаимодействия на ранних стадиях серийного научения у взрослых и детей 7-8 лет / А. В. Курганский, П. П. Григал // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 4. – С. 44–56.
82. Лакин Г.Ф. Биометрия: [учеб. пособие для биол. спец. вузов] / Георгий Филиппович Лакин. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с., ил.
83. Левитов Н. Д. Детская и педагогическая психология / Николай Дмитриевич Левитов. – М., 1958.
84. Ливанов М. Н. Пространственно-временная организация потенциалов и системная деятельность головного мозга / Михаил Николаевич Ливанов. – М. : Наука, 1989. – 400 с.
85. Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини : автореф. дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.03 / Володимир Сергійович Лизогуб. – К., 2001. – 33 с.
86. Лурия А. Р. Высшие корковые функции человека и их нарушения при локальных поражениях мозга / Александр Романович Лурия. – [3-е изд.] – М. : Академ. проект, 2000. – 512 с.
87. Ляховецкий В. А. Воспроизведение запомненной последовательности движений правой и левой руки: позиционное и векторное кодирование / В. А. Ляховецкий, Е. В. Боброва // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2009. – Том 59, №1. – С.45–54.
88. Макаренко М. В. Індивідуально-типологічні властивості вищої нервової діяльності та характер сенсомоторного реагування у студентів з різним рівнем спортивної кваліфікації / М. В. Макаренко, С. К. Голяка // Фізіол. журн. – 2005. – Т. 51, № 4. – С.70–74.
89. Макаренко Н. В. Реакции вегетативной нервной системы студентов с различными свойствами высшей нервной деятельности в ситуации экзаменационного стресса / Н. В. Макаренко, В. С. Лизогуб, Л. И. Юхименко // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 3. – С. 136–138.
90. Марютина Т. М. Введение в психофизиологию : [учеб. Пособие] / Т. М. Марютина, О. Ю. Ермолаев. – М. : Моск. психол.-социал. ин-т : Флинта, 2007. – 400 с.

91. Мачинская Р. И. Нейрофизиологические механизмы произвольного внимания (аналитический обзор) / Р. И. Мачинская // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2003. – Т. 53, № 2. – С. 133–150.

92. Медведев В. И. Функциональные состояния головного мозга человека / В. И. Медведев // Механизмы деятельности мозга человека. – Л. : Наука, 1988. – С. 300–357.

93. Мельничук А. П. Воспроизведение отслеживающих движений и целевое позиционирование предплечья человека в отсутствие зрительного контроля / А. П. Мельничук, Н. В. Булгакова, Д. А. Василенко // Нейрофизиология. – 2004. – Т. 36, № 5–6. – С. 393–405.

94. Моренко А. Г. Динаміка просторової синхронізації й десинхронізації біопотенціалів ЕЕГ при змінах темпу виконання слухомоторних координацій людиною / А. Г. Моренко, О. С. Павлович // Фізика живого. – 2010. – Т. 18, № 2. – С. 153–161.

95. Нарушения обучения произвольному контролю позы при корковых поражениях различной локализации: к вопросу о корковых механизмах регуляции позы / К. И. Устинова, Л. А. Черникова, М. Е. Иоффе [и др.] // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2000. – Т. 5, № 3. – С. 421–433.

96. Нарушения пространственной организации биоэлектрической активности мозга у больных с тяжелой черепно-мозговой травмой при различной выраженности угнетения сознания / А. В. Климаш, М. Н. Цицерошин, А. Н. Шеповальников [и др.] // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 5. – С. 49–65.

97. Овчинников Н. Д. Исследование изменений межполушарной функцио-нальной асимметрии мозга и показатели профессиональной надежности операторов в процессе труда высокой профессиональной напряженности / Н. Д. Овчинников // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 2. – С. 74.

98. Окнина Л. Б. Временные особенности включения дипольных источников Р 300 акустического вызванного потенциала при решении задач разной степени сложности / Л. Б. Окнина, О. А. Кузнецова, Е. В. Ениколопова // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 5. – С. 5–12.

99. Основы физиологии человека / [Н. А. Агаджанян, И. Г. Власова, Н. В. Ермакова, В. И. Трошин]. – М. : Изд-во РУДН, 2003. – 410 с.

100. Особливості електричної активності мозку школярів із різним рівнем сили нервових процесів / Н. О. Желамська, А. І. Пору-

чинський, Т. Ф. Поручинська, М. В. Гарбарук // Наук. вісн. ВНУ ім. Лесі Українки. Біологічні науки. – 2011. – № 9. – С. 91–96.

101. Острова Т. В. Діагностичний алгоритм оцінки електричної активності мозку людини у нормі і при деяких формах розладів свідомості : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.03.03 / Тетяна Володимирівна Острова. – Донецьк, 2002. – 20 с.

102. Панюшева Т. Д. Музыкальный мозг: обзор отечественных и зарубежных исследований / Т. Д. Панюшева. – Ассиметрия, 2008. – Т. 2, № 2. – С. 41–54 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://j-asymmetry.com/2011/12/pantysheva\\_2\\_2008/](http://j-asymmetry.com/2011/12/pantysheva_2_2008/)

103. Панюшева Т.Д. Межполушарная организация слуховых и двигательных функций у музыкантов : автореф. дис. ... д-ра психол. наук : 19.00.04 / Татьяна Дмитриевна Панюшева. – М., 2010. – 35 с.

104. Пашков И. Н. Роль сенсорных систем при развитии координационных способностей / И. Н. Пашков // Физическое воспитание студентов творческих специальностей : [сб. науч. тр. под ред. С. С. Ермакова]. – Харьков : ХГАДИ (ХХПИ), 2008. – № 1. – С. 38–43.

105. Персон Р. С. Спинальные механизмы управления мышечным сокращением / Раиса Самуиловна Персон. – М. : Наука, 1985. – 184 с.

106. Портнова Г. В. Психофизиологическое исследование влияния звуковой ритмической стимуляции на субъективный отсчет времени и скорость выполнения когнитивных заданий / Г. В. Портнов, О. В. Сысоев, А. М. Иваницкий // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2010. – Т. 60, № 4. – С. 419–429.

107. Преднастройка перед бимануальной реакцией разгрузки: роль моторной коры в двигательном обучении / О. В. Казенников, И. А. Солопова, В. Л. Талис [и др.] // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2004. – Т. 54, № 5. – С. 603–610.

108. Психофизиология : учебник [для вузов. 2-е изд., доп. и перераб. / под ред. Ю. И. Александрова]. – СПб. : Питер, 2003. – 496 с.

109. Психофізіологія : [навч. посіб.] / М. Ю. Макаруч, Т. В. Куценко, В. І. Кравченко, С. А. Данилов. – Київ : ООО «Інтерсервіс», 2011. – С. 292–290.

110. Равич-Щербо И. В. Психогенетика / И. В. Равич-Щербо, Т. М. Марютина, Е. Л. Григоренко. – М. : Аспект, 2006. – 447 с.

111. Разумникова О. М. Особенности активации коры у лиц с высокой и низкой вербальной креативностью: анализ альфа 1, 2-ритмов / О. М. Разумникова, И. В. Тарасова, Н. В. Вольф // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2009. – Т. 59, № 5. – С. 581–586.

112. Разумникова О. М. Частотно-пространственная организация электрической активности мозга при креативном вербальном мышлении : роль фактора пола / О. М. Разумникова, А. О. Брызгалов // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2005. – Т. 55, № 4. – С. 487–495.

113. Русалов В. М. Опросник формально-динамических свойств индивидуальности: методическое пособие / Владимир Михайлович Русалов. – М. : Выстрел, 1997. – С. 50.

114. Русалов В. М. Электрофизиологическое исследование мотивации выбора у человека / В. М. Русалов, М. Н. Русалова, Е. В. Стрельникова // Успехи физиол. наук. – 2002 – Т. 33, № 2. – С. 68–82.

115. Русалова М. Н. Функциональная асимметрия мозга: эмоции и активация / М. Н. Русалова // Успехи физиол. наук. – 2003. – Т. 34, № 5. – С. 93–112.

116. Русинова Е. В. Структура корково-подкорковых отношений электрических процессов мозга при двигательной поляризованной доминанте / Е. В. Русинова // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 1998. – Т. 48, № 4. – С. 591–598.

117. Свицерская Н. Е. Формы функциональной асимметрии пространственной организации фоновых ЭЭГ у человека / Н. Е. Свицерская // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2009. – Том 59, № 1. – С. 66–74.

118. Симонов П. В. Естественно-научные основы индивидуальности / П. В. Симонов // Журнал высшей нервной деятельности. – 1981. – Т. 31, № 1. – С. 12–25.

119. Систематичні помилки позиціонування та електроміографічна активність м'язів у односуглобових рухах людини / Н. В. Булгакова, А. М. Тальнов, О. П. Мельничук, О. І. Костюков // Фізіол. журнал. – 2008. – Т. 54, № 1. – С. 17–26.

120. Системна організація інтегративних процесів когнітивної діяльності: монографія / [Коцан І. Я. Швайко С. Є., Козачук Н. О. та ін.] ; за. ред. І. Я. Коцана – Луцьк : РВВ «Вежа» ВДУ ім. Лесі Українки, 2008. – 296 с.

121. Славущая М. В. Влияние направленного внимания на потенциалы головного мозга человека при вероятностном предъявлении зрительных стимулов / М. В. Славущая, В. В. Шульговский, Т. К. Семина // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2005. – Т. 55, № 6. – С. 788–797.

122. Сливко Э. И. Модуляция Н-рефлекса камбаловидной мышцы человека при произвольных баллистических движениях верхних ко-

нечностей / Э. И. Сливко, Г. А. Богуцкая // *Нейрофизиология*. – 2008. – Т. 40, № 2 – С. 147–154.

123. Сологуб Е. Б. Корковая регуляция движений человека / Елена Борисовна Сологуб. – М. : Медицина, 1981. – 183 с.

124. Солодков А. С. Физиология человека. Общая. Спортивная. Возрастная : учебник [для высш. учеб. завед. физ. культуры] / А. С. Солодков, Е. Б. Сологуб. – М. : Олимпия, 2001. – 520 с.

125. Сорокина Н. Д. Нейробиологические исследования биоэлектрической активности мозга в диапазоне гамма-ритма у человека / Н. Д. Сорокина, Г. В. Селицкий, Н. С. Косицын // *Успехи физиол. наук*. – 2006. – Т. 37, № 3. – С. 3–10.

126. Спортивная электронейромиография / О. А. Прянишникова, Р. М. Городничев, Л. Р. Городничева [и др.] // *Теория и практика физ. культуры*. – 2005. – № 9. – С. 6–11.

127. Сравнение ответов мышц ног на транскраниальную магнитную стимуляцию при стоянии на устойчивой и неустойчивой опоре / И. А. Солопова, О. В. Казенников, Н. В. Денискина [и др.] // *Физиология человека*. – 2002. – Т. 28, № 6. – С. 73.

128. Тебенова К. С. Изучение биоэлектрической активности мозга операторов телефонных станций / К. С. Тебенова // *Современные проблемы науки и образования*. – 2009. – № 4. – С. 138–141.

129. Теплов Б. М. Связь между чувствительностью и силой нервной системы / Б. М. Теплов, В. Д. Небылицин // *Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова*. – 1971. – С. 234–243.

130. Ткаченко П. В. Внутрисенсорные и сенсорно-эффекторные корреляты амплитуд компонентов акустических стволовых вызванных потенциалов с характеристиками координации движений рук / П. В. Ткаченко, И. И. Бобынцев // *Курск. науч.-практ. вестн. «Человек и его здоровье»*. – 2010. – № 2. – С. 21–28.

131. Тлеулин С. Ж. О связи некоторых показателей высшей нервной деятельности и тонуса мышц с характером электрической активности головного мозга / С. Ж. Тлеулин, М. Т. Бердыходжин // *Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова*. – 1970. – Том 20, № 3. – С. 26–38.

132. Траектории смещения по мозгу человека дипольного источника фонофой альфа-активности / Е. Д. Барк, И. А. Шевелев, М. А. Куликов [и др.] // *Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова*. – 2005. – Т. 55, № 3. – С. 336–346.

133. Умрюхин Е. А. Успешность выполнения тестовых заданий студентами с различными спектральными характеристиками  $\alpha$ -ритма

фоновой электро-энцефалограммы / Е. А. Умрюхин, И. И. Коробейникова, Н. А. Каратыгин // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 5. – С. 33–39.

134. Уолтер Г. (Walter W. G.) Роль лобных долей в регуляции активности / Г. Уолтер // Лобные доли и регуляция психических процессов. – М. : [б. и.], 1966. – С. 182–196.

135. Ухтомский А. А. Доминанта / Алексей Алексеевич Ухтомский. – СПб. : Питер, 2002. – 448с.

136. Фарбер Д. А. Функциональная организация коры больших полушарий при выполнении произвольных движений. Возрастной аспект / Д. А. Фарбер, И. О. Анисимова // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 5. – С. 35–45.

137. Фарбер Д. А. Функциональная организация мозга в процессе реализации рабочей памяти / Д. А. Фарбер, Т. Г. Бетелева, И. С. Игнатьева // Физиология человека. – 2004. – Т. 30, № 2. – С. 5.

138. Фарфель В. С. Управление движениями в спорте / Владимир Соломонович Фарфель. – М. : Физ. культура и спорт, 1975. – 205 с.

139. Фейгенберг И. М. Быстрота моторной реакции и вероятностное прогнозирование / И. М. Фейгенберг // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 5. – С. 51–62.

140. Фельдман А. Г. Центральные и рефлекторные механизмы управления движениями / А. Г. Фельдман. – М. : Наука, 1979. – 184 с.

141. Фингелькурц А. А. Некоторые закономерности динамики спектральных паттернов ЭЭГ человека в процессе мнестической деятельности : дис. ... канд. биол. наук / Александр Александрович Фингелькурц. – М. : МГУ, 1998. – 258 с.

142. Фукин А. И. Психофизиологические факторы успешности деятельности слесарей-сборщиков конвейерного производства / А. И. Фукин // Физиология человека. – 1999. – Т. 25, № 2. – С. 71–80.

143. Хомская Е. Д. Об асимметрии блоков мозга / Евгения Давыдовна Хомская // Нейропсихология сегодня : [под ред. Е. Д. Хомской]. – М. : МГУ, 1995. – С. 14–27.

144. Хризман Т. П. Эмоции, речь и активность мозга ребенка / Т. П. Хризман, В. П. Еремеева, Т. Д. Лоскутова. – М. : Педагогика, 1991. – 232 с.

145. Цветовский С. Б. Полушарные различия среднелатентных акустических вызванных потенциалов у мужчин и женщин / С. Б. Цветовский // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 1. – С. 131–134.

146. Цікава фізіологія в дослідах / [Козлов А. Г., Плиська О. І., Лазори-шинець В. В., Книшов Г. В.]. – К. : Парламент. вид-во, 2003. – 60 с.
147. Черкасский В. Л. Эффекты последействия предшествовавшего движения на импульсацию афферентов мышечных веретен кошки / В. Л. Черкасский, А. И. Костюков // *Нейрофизиология*. – 1990. – 22, № 6. – С. 843–846.
148. Чернінський А. О. Олфактична дія рослинних ефірних олій на функціональну активність головного мозку людини : автореферат дис. ... канд. біол. наук : 03.00.13 «Фізіологія людини і тварин» / Андрій Олександрович Чернінський. – КНУ ім. Т. Шевченка, 2005. – 13 с.
149. Чернінський А. О. Участь зорової кори у реалізації електроенцефа-лографічної реакції засвоєння ритму при світловій стимуляції людини / А. О. Чернінський // *Вісн. Київ. нац. ун-та ім. Т. Шевченка: Проблеми регуляції фізіологічних функцій*. – 2011. – Вип. 14 – С. 35–37.
150. Шаповалов А. И. Нейроны и синапсы супраспинальных моторных систем / Александр Иванович Шаповалов. – Л. : Наука, 1975. – 228 с.
151. Шаповалова К. Б. Мускариновые рецепторы неостриатума – участие в регуляции инструментального поведения у собак / К. Б. Шаповалова // *Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова*. – 2000. – Т. 86, № 11. – С. 1404 – 1417.
152. Шевелев И. А. Альфа-сканирование зрительной коры: данные ЭЭГ и магнитно-резонансной томографии / И. А. Шевелев, Е. Д. Барк, В. М. Верхлютов // *Рос. физиол. журн. им. И. М. Сеченова*. – 2001. – Т. 87, № 8. – С. 1050.
153. Шеин А. П. Проявление морфофункциональной специфичности мышц в спектральных оценках суммарной электромиограммы / А. П. Шеин, Г. А. Криворучко, М. С. Сайфутдинов // *Физиология человека*. – 2005. – Т. 31, № 1. – С. 66–76.
154. Шеповальников А. Н. Анализ пространственно-временной организации ЭЭГ – путь к познанию нейрофизиологических механизмов интегративной деятельности мозга / А. Н. Шеповальников, М. Н. Цицерошин // *Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова*. – 2007. – Т. 57, № 6. – С. 663–672.
155. Шторм Ван Левен Р. В. О взаимоотношении между электрической активностью мозга и психической деятельностью человека / Р. В. Шторм Ван Левен, А. Камп [и др.] // *Нейрофизиологические механизмы психической деятельности*. – Л. : Наука, 1974. – С. 137.

156. Электрографические корреляты реальных и мысленных движений: спектральный анализ / В. Н. Кирой, Б. М. Владимирский, Е. В. Асланян [и др.] // Журн. высш. нервн. деятел. им. И. П. Павлова. – 2010. – Т. 60, № 5. – С. 525–533.

157. Элькин Д. Г. Восприятие времени / Давид Генрихович Элькин. – М. : Изд-во Акад. пед. наук РСФСР, 1962. – 311 с.

158. ЭЭГ прогноз успешности выполнения психомоторного теста при снижении уровня бодрствования: анализ результатов исследования / Т. Н. Щукин, В. Б. Дорохов, А. Н. Лебедев, Е. В. Луценко // Науч. журн. КубГАУ.– Краснодар : КубГАУ, 2004. – Т. 6, № 4. – 5 с [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2004/04/22/p22.asp>

159. Яковенко И. А. Анализ вызванной электрической активности коры головного мозга с помощью вейвлет-преобразования на разных стадиях установки на эмоциональное выражение лица / И. А. Яковенко, Е. А. Черемушкин, М. К. Козлов // Журн. высш. нервн. деятельности им. И. П. Павлова. – 2010. – Том 60, № 4. – С. 409–418.

160. Allen G. I. Cerebrocerebellar communication system / G. I. Allen, N. Tsukahara // *Physiological Reviews*. – 1974. – V. 54, № 4. – P. 957–1006.

161. Allison T. Brain stem auditory, pattern-reversal visual and short-latency somatosensory evoked potentials: latencies in relation to age, sex and brain and body size / T. Allison, C. C. Wood, W. R. Goff // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1983. – Vol. 55. – P. 619–636.

162. Amiez C. Selective involvement of the mid-dorsolateral prefrontal cortex in the coding of the serial order of visual stimuli in working memory / C. Amiez, M. Petrides // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2007. – Vol. 104, № 34. – P. 13786.

163. Aminoff E. The cortical underpinnings of context-based memory distortion / E. Aminoff, D. L. Schacter, M. Bar // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 2008. – Vol. 20, № 12. – P. 2226.

164. Andersen P. Physiological basis of the alpha rhythm / P. Andersen, S. A. Andersson. – New York : Appleton-Century-Crofts, 1968. – 384 p.

165. Angelakis E. Peak alpha frequency: an electroencephalographic measure of cognitive preparedness / E. Angelakis, J. F. Lubar, S. Stathopoulou [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. – 2004. – № 115. – P. 887–897.



166. Anokhin A. P. Genetic influences on dynamic complexity of brain oscillations / A. P. Anokhin, V. Muller, U. Lindenberger [et al.] // *Neuroscience Letters*. – 2006. – Vol. 397, № 1–2. – P. 93–98.

167. Armand J. The structure and function of the developing corticospinal tract: some key issues / J. Armand, E. Olivier, S. A. Edgley, R. N. Lemon. In: Wing A. M., Haggard P., Flanagan J. R., editors. *Hand and brain: the neurophysiology and psychology of hand movements*. – San Diego: Academic Press, 1996. – P. 125–43.

168. Aruin A. S. The effect of changes in the body configuration on anticipatory postural adjustments / A. S. Aruin // *Motor Control*. – 2003. – Vol. 7, № 3. – P. 264–277.

169. Asanuma H. Neurobiological basis of motor learning in mammals / H. Asanuma, C. Pavlides // *NeuroReport*. – 1997. – V. 8, № 4.

170. Averbeck B. B. Parallel processing of serial movements in prefrontal cortex / B. B. Averbeck, M. V. Chafee, D. A. Crowe, A. P. Georgopoulos // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2002. – Vol. 99, № 20. – P. 13172.

171. Averbeck B. B. Prefrontal neural correlates of memory for sequences / B. B. Averbeck, D. Lee // *Journal of Neuroscience*. – 2007. – Vol. 28, № 9. – P. 2204.

172. Baddeley A. D. *The Psychology of Memory*. / Alan D. Baddeley / In book: *The Essential Handbook of Memory Disorders for Clinicians* // Edited by A. D. Baddeley, M. D. Kopelman, B. A. Wilson. – New York : John Wiley & Sons, Ltd., 2004.

173. Bar M. The proactive brain: memory for predictions / M. Bar // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. – 2009. – Vol. 364. – P. 1235.

174. Basar E. Alfa rhythms in the brain: functional correlates / E. Bazar, M. Schurmann // *News in Physiological Science*. – 1996. – Vol. 11. – P. 90.

175. Basar E. Amplitude differences of evoked alpha and gamma oscillations in two different age groups / E. Basar, C. Basar-Eroglu, D. Y. Gramon // *International Journal of Psychophysiology*. – 2002 – Vol. 45. – P. 245–251.

176. Bastiaansen M. C. M. Theta responses are involved in lexical-semantic retrieval during language processing / M. C. M. Bastiaansen, M. van der Linden, M. ter Keurs, T. Dijkstra, P. Hag // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 2005. – Vol. 17. – P. 530–541.

177. Bazanova O. M. Age related alpha activity change differs for males and females and for low and high alpha frequency EEG patterns / O. M. Bazanova // *Revista Española de Neuropsicología*. – 2008. – Vol. 10, № 1. – P. 82–83.
178. Bédard P. On a basal ganglia role in learning and rehearsing visual-motor associations / P. Bédard, J. N. Sanes // *NeuroImage*. – 2009. – Vol. 47. – P. 1701–1710.
179. Begleiter H. Genetics of human brain oscillations / H. Begleiter, B. Porjesz // *International Journal of Psychophysiology*. – 2006. – V. 60, № 2. – P. 162–171.
180. Beilock S. L. From attentional control to attentional spillover: a skill-level investigation of attention, movement, and performance outcomes / S. L. Beilock, R. Gray // *Human Movement Science*. – 2012. – V. 31, № 6. – P. 1473–1499.
181. Bellone C. Rapid bidirectional switching of synaptic NMDA receptors / C. Bellone, R. A. Nicoll // *Neuron*. – 2007. – Vol. 55, № 5. – P. 779–788.
182. Berridge M. J. Elementary and global aspects of calcium signalling / M. J. Berridge // *Journal of Physiology*. – 1997. – Vol. 499, № 2. – P. 291–306.
183. Bland B. H. Mechanisms of neural synchrony in the septohippocampal pathways underlying hippocampal theta generation / B. H. Bland, S. D. Oddie, L. V. Colom // *Journal of Neuroscience*. – 2001. – Vol. 19. – P. 3223–3237.
184. Bradshaw J. L. Asymmetries in preparation for action / J. L. Bradshaw // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2001. – Vol. 5. – P. 184–185.
185. Bunge S. A. Prefrontal regions involved in keeping information in and out of mind / S. A. Bunge, K. M. Ochsner, J. E. Desmond [et al.] // *Brain*. – 2001. – Vol. 124, № 10. – P. 2074.
186. Buzsáki G. Neuronal oscillations in cortical networks / G. Buzsáki, A. Draguhn // *Science*. – 2004. – Vol. 304, № 679. – P. 1926–1929.
187. Buzsáki G. *Rhythms of the brain*/ Gyorgy Buzsáki. – New York : Oxford University Press, 2006. – 448 p.
188. Carpenter P. A. Working memory and executive function: evidence from neuroimaging / P. A. Carpenter, M. A. Just, E. D. Reichle // *Current Opinion in Neurobiology*. – 2000. – Vol. 10, № 2. – P. 195.
189. Champod A. S. Dissociation within the frontoparietal network in verbal working memory: a parametric functional magnetic resonance

imaging study. / A. S. Champod, M. Petride // *Journal of Neuroscience*. – 2010. – Vol. 30, № 10. – P. 3849–3856.

190. Cherry B. J. Aging and individual variation in interhemispheric interaction and hemispheric asymmetry / B. J. Cherry, M. Adamson, A. Duclos, J. B. Hellige // *Aging Neuropsychology and Cognition*. – 2005. – Vol. 12. – P. 316–339.

191. Christian J. C. Genetic analysis of the resting electroencephalographic power spectrum in humans twins / J. C. Christian, S. Morzorati, J. A. Norton [et al.] // *Journal of Psychophysiology*. – 1996. – Vol. 33. – P. 584–591.

192. Civardi C. Hemispheric asymmetries of cortico-cortical connections in human hand motor areas / C. Civardi, A. Cavalli, P. Nardi [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. – 2000. – Vol. 111. – P. 624.

193. Clark R. C. Spontaneous alpha peak frequency predicts working memory performance across the age span / R. C. Clark, D. Veltmeyer, R. J. Hamilton [et al.] // *International Journal of Psychophysiology*. – 2004. – Vol. 53. – P. 1–9.

194. Collette F. Regional brain activity during tasks devoted to the central executive of working memory / F. Collette, E. Salmon, M. Van der Linden [et al.] // *Cognitive Brain Research*. – 1999. – Vol. 7. – P. 411.

195. Conn P. J. Pharmacology and functions of metabotropic glutamate receptors / P. J. Conn, J. P. Pin // *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*. – 1997. – Vol. 37. – P. 205–237.

196. Coull J. T. Attentional effects of noradrenaline vary with arousal level: selective activation of thalamic pulvinar in humans / J. T. Coull, M. E. P. Jones, T. D. Egan [et al.] // *NeuroImage*. – 2004. – Vol. 22. – P. 315–322.

197. Cowan N. The focus of attention as observed in visual working memory tasks: Making sense of competing claims (Citations: 5) / Nelson Cowan // *Neuropsychologia*. – 2011. – Vol. 49, № 6. – P. 1401–1406.

198. Curtis C. E. Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory / C. E. Curtis, M. D'Esposito // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2003. – Vol. 7, № 9. – P. 415.

199. Curtis C. E. Persistent activity in the prefrontal cortex during working memory / C. E. Curtis, M. D'Esposito // *Trends in Cognitive Sciences*. – 2003. – Vol. 7. – P. 415.

200. D'Esposito M. From cognitive to neural models of working memory // *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. – 2007. – Vol. 362, № 1481. – P. 761.

201. De Courten–Myers G. M. The human cerebral cortex: gender differences in structure and function / G. M. de Courten-Myers // *Journal of Neuropathology and Experimental Neurology*. – 1999. – Vol. 58, № 3. – P. 217.
202. de Zubicaray G. I. Brain activity during the encoding, retention, and retrieval of stimulus representations / G.I. de Zubicaray, K. McMahon, S. J. Wilson, S. Muthiah // *Learning & memory* (Cold Spring Harbor, N. Y.). – 2001. – Vol. 8, № 5. – P. 243.
203. Deco G. A neuro-cognitive visual system for object recognition based on testing of interactive attentional top-down hypotheses / G. Deco, B. A. Schürmann // *Perceptin*. – 2000. – Vol. 29. – P. 1249.
204. Destexhe A. Interactions between membrane conductances underlying thalamocortical slow-wave oscillations / A. Destexhe, T. J. Sejnowski // *Physiological Reviews*. – 2003. – Vol. 83, № 4. – P. 1401–1453.
205. Devos D. Subthalamic nucleus stimulation modulates motor cortex oscillatory activity in Parkinson's disease / D. Devos, E. Labyt, P. Derambure [et al.] // *Brain*. – 2004. – Vol. 127. – P. 408 – 419.
206. Doppelmayr M. Intelligence related upper alpha desynchronization in a semantic memory task / M. Doppelmayr, W. Klimesch, K. Hodlmoser [et al.] // *Brain Research Bulletin*. – 2005. – Vol. 66. – P. 171–177.
207. Doppelmayr M. Modulation of ion-channel function by G-protein-coupled receptors / M. Doppelmayr, B. Hille // *Trends in Cognitive Sciences*. – 1994. – Vol. 12. – P. 531–535.
208. Doppelmayr M. Theta synchronization in the human EEG and episodic retrieval / M. Doppelmayr, W. Klimesch, J. Schwaiger [et al.] // *Neuroscience Letters*. – 1998. – Vol. 257, № 1. – P. 41.
209. Duffy F. H. The pattern of age-related differences in electrophysiological activity of healthy males and females / F. H. Duffy, G. B. McAnulty, M. S. Albert // *Neurobiology Aging*. – 1993. – Vol. 14, № 1. – P. 73–84.
210. Eliassen J. C. Experience-dependent activation patterns in human brain during visual-motor associative learning / J. C. Eliassen, T. Souza, J. N. Sanes // *Journal of Neuroscience*. – 2003. – Vol. 23, № 33. – P. 10540 –10547.
211. Eversheim U. Evidence for processing stages in skill acquisition: a dual-task study / U. Eversheim, O. Bock // *Learning & Memory*. – 2001. – Vol. 8. – P. 183.

212. Fernandez T. Specific EEG frequencies at specific brain areas and performance / T. Fernandez, T. Harmony, J. Silva-Pereyra // *Neuroreport*. – 2000. – Vol. 11, № 12. – P. 2663–2668.

213. Ferris C. D. IP3 receptors. Ligand-activated calcium channels in multiple forms / C. D. Ferris, S. H. Snyder // *Advances in Second Messenger and Phosphoprotein Research*. – 1992. – Vol. 26. – P. 95–107.

214. Fink A. Brain correlates underlying creative thinking: EEG alpha activity in professional vs. novice dancers / A. Fink, B. Graif, A. C. Neubauer // *NeuroImage*. – 2009. – Vol. 46, № 3. – P. 854.

215. Fink A. Eysenck meets Martindale: The relationship between extraversion and originality from the neuroscientific perspective / A. Fink, A. C. Neubauer // *Personality and Individual Differences*. – 2008. – Vol. 44, № 1. – P. 299–310.

216. Fumoto M. Appearance of high-frequency alpha band with disappearance of low-frequency alpha band in EEG is produced during voluntary abdominal breathing in eyes-closed condition / M. Fumoto, I. Sato-Suzuki, Y. Mohri, A. Hideho // *Neuroscience Research*. – 2004. – Vol. 50, № 3. – P. 307.

217. Geffen G. M. Interhemispheric control of manual motor activity / G. M. Geffen, D. L. Jones, L. B. Geffen // *Behavioural Brain Research*. – 1994. – Vol. 64, № 1. – P. 131–140.

218. Ghuman A. S. The effects of priming on frontal-temporal communication / A. S. Ghuman, M. Bar, I. G. Dobbins, D. M. Schnyer // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2008. – Vol. 105, № 24. – P. 8405.

219. Gobet F. Individual data analysis and unified theories of cognition: A methodological proposal / F. Gobet, F. E. Ritter // *Proceedings of the 3rd International Conference on Cognitive Modelling*. – Veenendaal, Netherlands : University Press, 2000. – 150–157 p.

220. Goldman R. I. Simultaneous EEG and fMRI of the alpha rhythm / R. I. Goldman, J. M. Stern, J. Jr. Engel, M. S. Cohen // *Neuroreport*. – 2002. – V. 13, № 18. – P. 2487.

221. Goldman-Rakic P. S. Cellular basis of working memory / P. S. Goldman-Rakic // *Neuron*. – 1995. – Vol. 14. – P. 447–485.

222. Goldstein J. M. Hormonal cycle modulates arousal circuitry in women using functional magnetic resonance imaging / J. M. Goldstein, M. Jerram, R. Poldrack et al. // *Journal of Neuroscience*. – 2005. – Vol. 25, № 40. – P. 9309–9316.

223. Grafton S. T. Evidence for a distributed hierarchy of action representation in the brain / S. T. Grafton, A. F. De C. Hamilton // *Human Movement Science*. – 2007. – Vol. 26, № 4. – P. 590–616.

224. Greicius M. D. Functional connectivity in the resting brain: a network analysis of the default mode hypothesis / M. D. Greicius, B. Krasnow, A. L. Reiss, V. Moenon // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2003. – Vol. 100, № 1. – P. 253–258.

225. Grunwald M. Power of theta waves in the EEG of human subjects increases during recall of haptic information / M. Grunwald, T. Weiss, W. Krause [et al.] // *Neuroscience Letters*. – 1999. – Vol. 260, № 3. – P. 189.

226. Haaland K. Y. Hemispheric asymmetries for kinematic and positional aspects of reaching / K. Y. Haaland, J. L. Prestopnik, R. T. Knight, R. R. Lee // *Brain*. – 2004. – Vol. 127. – P. 1145–1158.

227. Haier R. J. The neuroanatomy of gener intelligence: Sex matters / R. J. Haier, R. E. Jung, R. A. Yeo [et al.] // *NeuroImage*. – 2005. – Vol. 25, № 1. – P. 320–327.

228. Hatfield B. D. Electroencephalographic studies of skilled psychomotor performance / B. D. Hatfield, A. J. Haufler, T. M. Hung, T. W. Spalding // *Journal of Clinical Neurophysiology*. – 2004. – Vol. 21, Iss. 3. – P. 144.

229. Hazeltine E. Bimanual cross-talk during reaching movements is primarily related to response selection, not the specification of motor parameters / E. Hazeltine, J. Diedrichsen, S. W. Kennerley, R. B. Ivry // *Journal of Psychology Research*. – 2003. – Vol. 67. – P. 56–70.

230. Heekeren H. R. Involvement of human left dorsolateral prefrontal cortex in perceptual decision making is independent of response modality / H. R. Heekeren, S. Marrett, D. A. Ruff [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2006. – Vol. 103. – P. 1023–1028.

231. Hikosaka O. Central mechanisms of motor skill learning / O. Hikosaka, K. Nakamura, K. Sakai, H. Nakahara // *Current Opinion in Neurobiology*. – 2002. – Vol. 12, № 2. – P. 217–222.

232. Hille B. Modulation of ion-channel function by G-protein-coupled receptors / B. Hille // *Trends in Neurosciences*. – 1994. – Vol. 12. – P. 531–535.

233. Hochstein S. View from the top: hierarchies and reverse hierarchies in the visual system / S. Hochstein, M. Ahissar // *Neuron*. – 2002. – Vol. 36, № 5. – P.791.

234. Hooper G. S. Comparison of the distributions of classical and adaptively aligned EEG power spectra / G. S. Hooper // *International Journal of Psychophysiology*. – 2005. – Vol. 55, № 2. – P. 179–189.

235. Huang Y. Raloxifene acutely reduces glutamate-induced intracellular calcium increase in cultured rat cortical neurons via inhibition of high-voltage-activated calcium current / Y. Huang, Y. L. Huang, B. Lai [et al.] // *Journal of Neuroscience*. – 2007. – Vol. 147, № 2. – P. 334–341.

236. Hummel F. To act or not to act: neural correlates of executive control of learned motor behavior / F. Hummel, R. Saur, S. Lasogga [et al.] // *NeuroImage*. – 2004. – Vol. 23. – P. 1391–1401.

237. Hyde J. S. The gender similarities hypothesis / J. S. Hyde // *American Psychologist*. – 2005. – Vol. 60, № 6. – P. 581.

238. Ingvar D. H. A top-down model for language perception and production / D. H. Ingvar // *Downward Processes in the Perception Representation Mechanisms* / Eds. Taddei-Ferretti C., Musio C. – Singapore : World Science, 1998. – P. 108–116.

239. Inuggi A. Cortical control of unilateral simple movement in healthy aging / A. Inuggi, N. Amato, G. Magnani, J. J. González-Rosa [et al.] // *Neurobiology of Aging*. – 2009. – Vol. 32, № 3. – P. 524–538.

240. Ioshii N. Electrographic activity of the mesencephalic reticular formation during conditioning in the cat / N. Ioshii, H. Pruvot, H. Gastaut // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1957. – Vol. 9. – P. 595–608.

241. Isoda M. Role for subthalamic nucleus neurons in switching from automatic to controlled eye movement / M. Isoda, O. Hikosaka // *Journal of Neuroscience*. – 2008. – Vol. 28. – P. 7209–7218.

242. Jager G. On the hemispheric specialization for categorical and coordinate spatial relations: a review of the current evidence / G. Jager, A. Postma // *Neuropsychologia*. – 2003. – Vol. 41. – P. 504–515.

243. Jahnsen H. Electrophysiological properties of guinea-pig thalamic neurones: an in vitro study / H. Jahnsen, R. Llinas // *Journal of Physiology*. – 1984. – Vol. 349. – P. 205–226.

244. Johnston W. A. Selective attention / W. A. Johnston, V. J. Dark // *Annual Review of Psychology*. – 1986. – Vol. 37. – P. 43.

245. Kahana M. J. The cognitive correlates of human brain oscillations / M. J. Kahana // *Journal of Neuroscience*. – 2006. – Vol. 26, № 6. – P. 1669.

246. Kaiser D. A. Basic principles of quantitative EEG / D. A. Kaiser // *Journal of Adult Development*. – 2005. – Vol. 12, № 2/3. – P. 99–104.

247. Kalezic I. Fatigue-related depression of the feline monosynaptic gastrocnemius-soleus reflex / I. Kalezic, L. A. Bugaychenko, A. I. Kostyukov [et al.] // *Journal of Physiology London*. – 2004. – Vol. 556. – P. 283–296.
248. Kamijo K. Changes in arousal level by differential exercise intensity / K. Kamijo, Y. Nishihira, A. Hatta [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. – 2004. – Vol. 115, Iss. 12. – P. 2693.
249. Keele S. W. The cognitive and neural architecture of sequence representation / S. W. Keele, R. Ivry, U. Mayr, H. Heuer // *Psychological Reviews*. – 2003. – Vol. 110, № 2. – P. 316–339.
250. Kerick S. E. Cerebral cortical adaptations associated with visuomotor practice / S. E. Kerick, L. W. Douglass, B. D. Hatfield // *Medicine and Science in Sports and Exercise*. – 2004. – Vol. 36, № 1. – P. 118.
251. Kita H. Role of ionotropic glutamatergic and GABAergic inputs on the firing activity of neurons in the external pallidum in awake monkeys / H. Kita, A. Nambu, K. Kaneda [et al.] // *Journal of Neurophysiology*. – 2004. – Vol. 92. – P. 3069–3084.
252. Klimesch W. Alpha and beta band power changes in normal and dyslexic children / W. Klimesch, M. Doppelmayr, H. Wimmer et al. // *Clinical Neurophysiology*. – 2001. – Vol. 112, № 7. – P. 1186–1195.
253. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // *Brain Research Reviews*. – 1999. – Vol. 29, № 2–3. – P. 169.
254. Klimesch W. EEG alpha oscillations: the inhibition–timing hypothesis / W. Klimesch, P. Sauseng, S. Hanslmayr // *Brain Research Reviews*. – 2007. – Vol. 53. – P. 63–88.
255. Klimesch W. Memory processes, brain oscillations and EEG synchronization / W. Klimesch // *International Journal of Psychophysiology*. – 1996. – Vol. 24. – P. 61–100.
256. Konishi S. Common inhibitory mechanism in human inferior prefrontal cortex revealed by event-related functional MRI / S. Konishi, K. Nakajima, S. Uchida et al. // *Brain*. – 1999. – Vol. 122, Pt. 5. – P. 981–991.
257. Kornhuber H. H. *Wille und Gehirn*. / Hans Helmut Kornhuber, Lüder Deecke. – Auflage : Sirius, 2009. – 157 p.
258. Kostyukov A. I. Effects in feline gastrocnemius-soleus motoneurons induced by muscle fatigue / A. I. Kostyukov, L. A. Bugaychenko, I. Kalezic [et al.] // *Experimental Brain Research* – 2005. – Vol. 163. – P. 284–294.
259. Koulen P. Progesterone potentiates IP(3)-mediated calcium signaling through Akt/PKB / P. Koulen, C. Madry, R. S. Duncan [et al.] //



Cellular Physiology and Biochemistry. – 2008. – Vol. 21, № 1–3. – P. 161–172.

260. Kristeva R. Electroencephalographic spectral power in writer's cramp patients: evidence for motor cortex malfunctioning during the cramp / R. Kristeva, V. Chakarov, F. Losch [et al.] // *NeuroImage*. – 2005. – Vol. 27, № 3. – P. 706–714.

261. Kveraga K. Top-down predictions in the cognitive brain / K. Kveraga, A. S. Ghuman, M. Bar // *Brain and Cognition*. – 2007. – Vol. 65, № 2. – P. 145.

262. LaBerge D. Networks of attention / David LaBerge // *The New Cognitive Neurosciences. A Bradford Book* / ed. Gazzaniga M. S. – Cambridge, Massachusetts, London : The Mit Press, 2000. – P. 711–724.

263. Le Pera D. Long-lasting effect evoked by tonic muscle pain on parietal EEG activity in humans / D. Le Pera, P. Svensson, M. Valeriani et al. // *Clinical Neurophysiology*. – 2000. – Vol. 111, Iss. 12. – P. 2130.

264. Lehmann O. Combined lesions of cholinergic and serotonergic neurons in the rat brain using 192 IgG-saporin and 5.7-dihydroxytryptamine: neurochemical and behavioural characterization / O. Lehmann, H. Jeltsch, O. Lehnardt [et al.] // *European Journal of Neuroscience*. – 2000. – Vol. 12, № 1. – P. 67–79.

265. Leocani L. Event-related desynchronization in reaction time paradigms: a comparison with event-related potentials and corticospinal excitability / L. Leocani, B. Colombo, G. Magnani [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. – 2001. – Vol. 112, № 5. – P. 923–930.

266. Liang H. Top-down anticipatory control in prefrontal cortex / H. Liang, H. Wang // *Theory in Biosciences*. – 2003. – Vol. 122, № 1. – P. 70.

267. Luders E. Gender effects on callosal thickness in scaled and unscaled space / E. Luders, K. L. Narr, E. Zaidel [et al.] // *Neuroreport*. – 2006. – Vol. 17, № 11. – P. 1103.

268. Lukatch H. S. Anesthetic-induced burst suppression EEG activity requires glutamate-mediated excitatory synaptic transmission / H. S. Lukatch, C. E. Kiddoo, M. B. Macive // *Cerebral Cortex*. – 2005. – Vol. 15. – P. 1322–1331.

269. Mantini D. Electrophysiological signatures of resting state network in the human brain / D. Mantini, M. G. Perrucci, C. Del Gratta [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2007. – Vol. 104, № 32. – P. 13170–13175.

270. Matsumoto M. Two types of dopamine neuron distinctly convey positive and negative motivational signals / M. Matsumoto, O. Hikosaka // *Nature*. – 2009. – Vol. 459. – P. 837–841.
271. McGivern R. F. Men and women exhibit a differential bias for processing movement versus objects / R. F. McGivern, B. Adams, R. J. Handa, J. A. Pineda // *PLoS One*. – 2012. – Vol. 7, № 3. – P. 32238.
272. Mochizuki T. Thalamic  $\text{Ca}_v3.1$  T-type  $\text{Ca}^{2+}$  channel plays a crucial role in stabilizing sleep / T. Mochizuki, J. Xie, W. Fischler [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2005. – Vol. 102, № 5. – P. 1743–1748.
273. Neisser U. *Cognitive psychology* / Ulric Neisser – New Jersey : Appleton – Century – Crofts, 1967. – P. 324.
274. Neubauer A. C. Sensitivity of alpha band ERD to individual differences in cognition / A. C. Neubauer, A. Fink, R. H. Grabner // *Progress in Brain Research*. – 2006. – Vol. 159. – P. 167–178.
275. Ng S. C. EEG peak alpha frequency as an indicator for physical fatigue / S. C. Ng, P. Raveendran // *Medicon*. – 2007. – Vol. 16. – P. 517–520.
276. Nicoll R. A. My close encounter with GABA(B) receptors / R. A. Nicoll // *Biochemical Pharmacology*. – 2004. – Vol. 68, № 8. – P. 1667–1674.
277. Niswender C. M. New therapeutic frontiers for metabotropic glutamate receptors / C. M. Niswender, C. K. Jones, P. J. Conn // *Current Topics in Medicinal Chemistry*. – 2005. – Vol. 5, № 9. – P. 847–857.
278. Northoff G. The trans-species concept of self and the subcortical-cortical midline system / G Northoff, J. Panksepp // *Trends Cognition Science*. – 2008. – Vol. 12, № 7. – P. 259–64.
279. Nunez P. L. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of local networks / P. L. Nunez, B. M. Wingeier, R. B. Silberstein // *Human Brain Mapping*. – 2001. – Iss. 13. – P. 125–164.
280. Nunez P. L. Toward a quantitative of large-scale neocortical dynamic function and EEG / P. L. Nunez // *Journal of Behavioral and Brain Science*. – 2000. – Vol. 23. – P. 371.
281. Nuwer M. Clinical use of QEEG / M. Nuwer // *Clinical Neurophysiology*. – 2003. – V. 114, № 12. – P. 2225.
282. Owen A. M. The role of the lateral frontal cortex in mnemonic processing: the contribution of functional neuroimaging / A. M. Owen // *Experimental brain research*. – 2000. – Vol. 133, № 1. – P. 334.

283. Page A. J. Inhibition of mechanosensitivity in visceral primary afferents by GABA(B) receptors involves calcium and potassium channels / A. J. Page, T. A. O'Donnell, L. A. Blackshaw // *Neuroscience*. – 2006. – Vol. 137, № 2. – P. 627–636.

284. Parent A. Functional anatomy of the basal ganglia. I. The cortico-basal ganglia-thalamo-cortical loop / A. Parent, L. H. Hazrati // *Brain Research Reviews*. – 1995. – Vol. 20. – P. 91–127.

285. Pavlovych O. S. Cortical arousal strategies in left-handers during the aural perception and manual playback of mono and polyphonic rhythmical patterns / O.S. Pavlovych, A. G. Morenko // *Journal of Life Sciences*. – 2012. – Vol. 6. – P. 1408–1413.

286. Pedroarena C. Dendritic calcium conductances generate highfrequency oscillation in thalamocortical neurons / C. Pedroarena, R. Llmas // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1997. – Vol. 94, № 2. – P. 724 –728.

287. Petsche H. Approaches to verbal, visual and musical creativity by EEG coherence analysis / H. Petsche // *International Journal of Psychophysiology*. – 1996. – Vol. 24. – P. 145.

288. Petsche H. The possible meaning of the upper and lower alpha frequency ranges for cognitive and creative tasks / H. Petsche, S. Kaplan, A. von Stein, O. Filz // *International Journal of Psychophysiology*. – 1997. – Vol. 26, № 1–3. – P. 77–97.

289. Pfurtscheller G. Event-related EEG/MEG synchronization and desynchronization: basic principles / G. Pfurtscheller, T. H. Lopes da Silva // *Clinical Neurophysiology*. – 1999. – Vol. 110. – P. 1842–1857.

290. Pfurtscheller G. Inter- and intrahemispheric differences in the peak frequency of rhythmic activity within the alpha band / G. Pfurtscheller, H. Maresch, S. Schuy // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1977. – Vol. 42, № 1. – P. 77–83.

291. Podell K. Lateralization of frontal lobe functions: in “the frontal lobes and neuropsychiatric illnesses” / K. Podell, M. Lovell, E. Goldberg // Eds. S. Salloway, P. Malloy, J. Duffy. – Washington, DC: American Psychiatric Press. – 2001 – P. 83–100.

292. Posner M. I. Analyzing and shaping human attentional networks / M. I. Pozner, B. E. Sheese, Y. Oldudas, Y. Tang // *Neural Networks*. – 2006. – Vol. 19. – P. 1422.

293. Praamstra P. Frontoparietal control of spatial attention and motor intention in human EEG / P. Praamstra, L. Boutsen, G. W. Humphreys // *Journal of Neurophysiology*. – 2005. – Vol. 94. – P. 764.

294. Pulvermuller F. High-frequency brain activity: its possible role in attention, perception and language processing / F. Pulvermuller, N. Birbaumer, W. Lutzenberger, B. Mohr // *Progress in Neurobiology*. – 1997. – Vol. 52, № 5. – P. 427–445.
295. Razumnikova O. M. Creativity related cortex activity in the remote associates task / O. M. Razumnikova // *Brain Research Bulletin*. – 2007. – Vol. 73, № 1–3. – P. 96–102.
296. Revest P. A. Transendothelial electrical potential across pial vessels in anaesthetised rats: a study of ion permeability and transport at the blood-brain barrier / P. A. Revest, H. C. Jones, N. J. Abbott // *Brain Research*. – 1994. – Vol. 652, № 1. – P. 76–84.
297. Rhodes B. Learning and production of movement sequences: behavioral, neurophysiological and modeling perspectives / B. Rhodes, J. Bullock, W. B. Verwey et al. / *Human Movement Science*. – 2004. – Vol. 23. – P. 699.
298. Riegel A. C. CRF facilitates calcium release from intracellular stores in midbrain dopamine neurons / A. C. Riegel, J. T. Williams // *Neuron*. – 2008. – Vol. 57, № 4. – P. 559–570.
299. Roelfsema P. R. The role of neuronal synchronization in response selection: a biologically plausible theory of structured representation in the visual cortex / P. R. Roelfsema, A. K. Engel, P. König, W. Singer // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 1996. – Vol. 8, № 6. – P. 603–625.
300. Rosenbaum D. A. Acquisition of intellectual and perceptual-motor skills / D. A. Rosenbaum, R. A. Carlson, R. O. Gilmore // *Annual Review of Psychology*. – 2001. – Vol. 52. – P. 453–470.
301. Ruchkin D. S. Working memory retention systems: a state of activated long-term memory / D. S. Ruchkin, J. Grafman, K. Cameron [et al.] // *Behavioural Brain Science*. – 2003. – Vol. 26, № 6. – P. 709.
302. Sanger T. D. Interaction between two different inhibitory systems in the human motor cortex / T. D. Sanger, R. R. Carg, R. Chen // *Journal of Physiology*. – 2001. – Vol. 530, № 2. – P. 307.
303. Sarlegna F. Online control of the direction of rapid reaching movements / F. Sarlegna, J. Blouin, J. L. Vercher, J. P. Bresciani [et al.] // *Experimental Brain Research*. – 2004. – Vol. 157, № 4. – P. 468–471.
304. Sherman S. M. Exploring the thalamus and its role in cortical function / S. M. Sherman, R. W. Guillery. – Cambridge, MA : MIT Press, 2006. – 497 c.

305. Sheth B. R. How the lack of visuomotor feedback affects even the early stages of goal-directed pointing movements / B. R. Sheth, S. Shimojo // *Experimental Brain Research*. – 2002. – Vol. 143, № 2. – P. 181–190.
306. Smit C. M. Genetic variation of individual alpha frequency (IAF) and alpha power in a large adolescent twin sample / C. M. Smit, M. J. Wright, N. K. Hansell et al. // *International Journal of Psychophysiology*. – 2006. – Vol. 61, № 2. – P. 235–243.
307. Sowell E. R. Sex differences in cortical thickness mapped in 176 healthy individuals between 7 and 87 years of age / E. R. Sowell, B. S. Peterson, E. Kan et al. // *Cerebral Cortex*. – 2007. – Vol. 17, № 7. – P. 1550.
308. Spergel D. J. Calcium and small-conductance calcium-activated potassium channels in gonadotropin-releasing hormone neurons before, during, and after puberty / D. J. Spergel // *Journal of Endocrinology*. – 2007. – Vol. 148, № 5. – P. 2383–2390.
309. Stermann M. B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation / Maurice B. Stermann // *Biofeedback Self-Regulation*. – 1996. – Vol. 21, № 1. – P. 3–33.
310. Tanji J. Role of the lateral prefrontal cortex in executive behavioral control / J. Tanji, E. Hoshi // *Physiological Reviews*. – 2008. – Vol. 88, № 1, P. 37–57.
311. Tanji Jun Interval time coding by neurons in the presupplementary and supplementary motor areas / J. Tanji, A. Mita, H. Mushiake [et al.] // *Nature Neuroscience*. – 2009. – Vol. 12. – P. 502–507.
312. Tanji Jun Neural activity in the human brain signals logical rule identification / J. Tanji, K. Tachibana, K. Suzuki, E. Mori [et al.] // *Neurophysiol.* – 2009. – Vol. 102, № 3. – P. 1526–1537.
313. Thalamic  $\text{Ca}_v3.1$  T-type  $\text{Ca}^{2+}$  channel plays a crucial role in stabilizing sleep / M. P. Anderson, T. Mochizuki, J. Xie [et al.] // *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. – 2005. – Vol. 102, № 5. – P. 1743–1748.
314. Thatcher R. W. Intelligence and EEG phase reset: a two compartmental model of phase shift and lock / R. W. Thatcher, D. M. North, C. J. Biver // *NeuroImage*. – 2008. – Vol. 42, № 4. – P. 1639–1653.
315. Timofeev I. Mechanisms and biological role of thalamocortical oscillations / I. Timofeev, M. Bazhenov // *Trends in Chronobiology Resear.* – 2005. – P. 1–47.

316. Toga A. W. Mapping brain asymmetry / A. W. Toga, P. M. Thompson // *Nature Reviews Neuroscience*. – 2003. – Vol. 4. – P. 37–48.
317. Ullman S. Bottom-up and top-down processing in the visual cortex / S. Ullman // *Downward Processes in the Perception Representation Mechanisms* / Eds Taddei-Ferretti C., Musio C. – Singapore : World Science., 1998. – P. 145–170.
318. Van Beijsterveldt C. E. Twin and family studies of the human electroencephalogram: a review and a meta-analysis / C. E. van Beijsterveldt, G. C. van Baal // *Biological Psychology*. – 2002. – Vol. 61, № 1–2. – P. 111–138.
319. Van Mier H. Human learning / H. Van Mier. In: Toga A., Mazziotta J. C., eds. *Brain Mapping : The Systems*. San Diego : Academic Press, 2000. – P. 605–607.
320. Weerakkody N. S. Impairment of human proprioception by high-frequency cutaneous vibration / N. S. Weerakkody, D. A. Mahns, J. L. Taylor, S. C. Gandevia // *Journal of Physiology*. – 2007. – Vol. 581. – P. 971–980.
321. Welsh T. Gender differences in a dichotic listening and movement task: lateralization or strategy / T. Welsh, D. Elliott // *Neuropsychology*. – 2001. – Vol. 39. – P. 25–35.
322. Wise S .P. Motor skill learning / S. P. Wise // Squire L.R. (ed.) / S. P. Wise, D. T. Willingham // *Encyclopedia of Neuroscience*. – 2009. – Vol. 5. – P. 1057–1066.
323. Wrobel A. Beta activity: a carrier for visual attention / A. Wrobel // *Acta Neurobiol.* – 2000. – Vol. 60. – P. 247.
324. Yakovenko S. Control of locomotor cycle durations / S. Yakovenko, D. A. McCrea, K. Stecina, A. Prochazka // *Journal Neurophysiol.* – 2005. – Vol. 94. – P. 1057–1065.
325. Yoshida S. Anticipatory postural adjustments modify the movement-related potentials of upper extremity voluntary movement / S. Yoshida, K. Nakazawa, E. Shimizu, and I. Shimoyama // *Gait Posture*. – 2008. – Vol. 27, № 1. – P. 97–102.
326. Yue B. W. The role of H-current in regulating strength and frequency of thalamic network oscillations / B. W. Yue, J. R. Huguenard // *Thalamus and Related Systems*. – 2001. – Vol. 1, № 2. – P. 95–103.

**ДЛЯ ПОДАТОК**

Наукове видання

**Моренко** Алевтина Григорівна

**ОСОБЛИВОСТІ МОЗКОВИХ ПРОЦЕСІВ  
ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ МАНУАЛЬНИХ РУХІВ  
У ВІДПОВІДЬ НА СЕНСОРНІ СИГНАЛИ В ОСІБ  
ІЗ ВИСОКОЮ І НИЗЬКОЮ АЛЬФА-ЧАСТОТОЮ**

*Монографія*

Редактор і коректор *В. С. Голюк*  
Технічний редактор *Л. М. Козлюк*

Формат 60x84 1/16. 12,55 ум. друк. арк. 12,31. обл.-вид. арк.  
Наклад 300. пр. Зам. \_\_\_\_\_. Редагування, видавець і виготовлювач – Східноєвропейський  
національний університет імені Лесі Українки (43025, м. Луцьк, просп. Волі, 13).  
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України  
ДК № 4513 від 28.03.2013 р.