

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ**  
**ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет біології, географії і екології  
Кафедра біології людини та імунології

**Особливості електрогенезу ритмів ЕЕГ  
приглухуватих підлітків під час когнітивного  
навантаження**

Кваліфікаційна робота

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконала: студентка

Спеціальності: 091 Біологія  
Освітньо-професійної  
програми «Біологія»  
Пулінець Юлія

Керівник: доц. Шкуропат А.В.,  
Рецензент: доц. Загороднюк Н.В.

Херсон - 2019

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>		3
<b>РОЗДІЛ 1.</b>	<b>ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНІ КОРРЕЛЯТИ</b>	
	<b>МИСЛЕННЄВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ</b>	<b>7</b>
1.1	Електроенцефалографія як метод дослідження функціонального стану головного мозку	7
1.2	Становлення процесів мислення в онтогенезі	11
1.3	Дослідження особливостей електричної активності підлітків зі зниженим слухом	14
<b>РОЗДІЛ 2.</b>	<b>МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЕГ ПІДЛІТКІВ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ТА НОРМАЛЬНИМ СЛУХОМ ПІД ЧАС КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ</b>	<b>18</b>
2.1	Ресстрація електроенцефалограми підлітків зі зниженим та нормальним слухом	18
2.2	Організація дослідження	20
<b>РОЗДІЛ 3.</b>	<b>ЗМІНИ АМПЛІТУДИ РИТМІВ ЕЕГ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИГЛУХУВАТИМИ ТА НОРМАЛЬНОЧУЮЧИМИ ПІДЛІТКАМИ</b>	<b>26</b>
3.1	Результати власних досліджень	26
3.2	Обговорення отриманих результатів змін електричної активності підлітків з нормальним та зниженим слухом під час виконання тестів	39
	<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>43</b>
	<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	<b>45</b>

## ВСТУП

Численними дослідженнями вітчизняних та зарубіжних авторів показано, що сенсорна депривація призводить до зменшення кількості стимулюючих сенсорних стимулів та має негативний вплив на усі системи організму людини, особливо на нервову та викликає певні адаптивні процеси у організмі [7, 29, 34, 37, 42, 50-52].

Орган слуху відноситься до числа тих рецепторів, за допомогою яких здійснюється зв'язок та урівноваження організму людини з зовнішнім середовищем [29, 34]. Слухова сенсорна система для людини є однією з важливіших дистантних сенсорних систем, оскільки приймає участь у міжособистісному спілкуванні людини та встановлення соціальних контактів.

Психолого-педагогічні дослідження когнітивних процесів у приглухуватих дітей та підлітків виявили певні особливості мислення у таких категорії, а саме: різке відставання словесно-логічного мислення, зниження пізнавальної активності, несформованість процесів мислення, порушення з боку вербального мислення [24, 34].

На сьогоднішній день метод електроенцефалографії є одним з провідним методом клінічного дослідження функціонального стану головного мозку, оскільки метод ЕЕГ дозволяє записати корково-підкоркові взаємодії у динаміці. Під час реєстрації електроенцефалограми можна виявити певні особливості функціонування головного мозку. Аналізуючи криву ЕЕГ можна виявити складні нейродинамічні зв'язки між структурами великих півкуль та стовбуром мозку. Також різнобічні зміни реєструємої кривої можливі при різних зрушеннях у нормальному функціонуванні мозку [2, 3, 18, 20, 21, 31].

Функціональний стан головного мозку людини, тонкі кірково-підкіркові взаємовідносини можна вивчити за допомогою методу електроенцефалографії. Електроенцефалографія (ЕЕГ) є одним з ведучих

методів при вивчення функціонального стану головного мозку у нормі і патології, виявлення певних зрушень під час взаємодії між різними відділами головного мозку [34].

Когнітивні процеси людини опиняються під постійним фокусом вивчення багатьох як зарубіжних, так і вітчизняних вчених. Серед найвідоміших вчених, що займалися вивченням процесів мислення – Виготський Л.С., Гальперін П.Я., Леонтьєв О.М., Ломов Б.Ф., Рубінштейн С.Л. тощо [27].

Постійний розвиток суспільства на сучасному етапі вимагає від особистості високорозвинені мисленнєві процеси для постійного саморозвитку та самореалізації. У таких умовах пріоритетним напрямком розвитку науки є вивчення особливостей мисленнєвих процесів осіб з вадами розвитку слухового аналізатора та на основі вивчених особливостей стверення умов для стимулювання та адаптації їх мисленнєвих процесів під вимоги сучасного суспільства.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Кваліфікаційна робота виконана у рамках науково-дослідної теми кафедри фізіології біології людини та імунології «Дослідження фізіологічних показників функціональних систем людей з особливими потребами» (номер державної реєстрації 0105U007479).

Отже, **мета нашого дослідження** – вивчити особливості електричної активності головного мозку підлітків зі зниженим слухом в умовах когнітивного навантаження порівняно з підлітками з нормальним слухом.

**Об'єкт дослідження** – електрична активність головного мозку підлітків зі зниженим слухом.

**Предмет дослідження** – електрична активність головного мозку підлітків зі зниженим слухом в умовах когнітивного навантаження.

Виходячи з мети дослідження, об'єкту та предмету, нами було сформовані наступні **завдання**:

1. Проаналізувати літературні джерела стосовно особливостей електричної активності головного мозку в умовах когнітивного навантаження;
2. Проаналізувати літературні джерела стосовно особливостей електричної активності головного мозку підлітків;
3. Провести електрофізіологічне дослідження особливостей електричної активності головного мозку підлітків зі зниженим слухом в умовах когнітивного навантаження;
4. Провести електрофізіологічне дослідження особливостей електричної активності головного мозку підлітків з нормальним слухом в умовах когнітивного навантаження;
5. Порівняти електричну активність головного мозку підлітків зі зниженим та нормальним слухом в умовах когнітивного навантаження.

**Методи дослідження.** Для дослідження особливостей електричної активності головного мозку підлітків зі зниженим та нормальним слухом використовувалася комп'ютерна ЕЕГ з монополярним відведенням, системою накладання електродів «10-20», реєстрація ЕЕГ у стані функціонального спокою та під час виконання когнітивного навантаження (тест матриці Равена). Результати оброблялися з використанням загальноприйнятих методів математичної статистики.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Вперше проведене комплексне дослідження особливостей електричної активності головного мозку підлітків зі зниженим та нормальним слухом. Встановлено недостатню десинхронізацію альфа-ритму на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом порівняно з чуючими однолітками.

**Практичне значення одержаних результатів.** На основі отриманих результатів можливо використовувати для розробки методичних рекомендацій, корекційно-реабілітаційних програм призначені для осіб з вадами слуху. Отримані результати можна впроваджувати у наступні курси

«Фізіологія людини і тварин», «Вікова фізіологія та шкільна гігієна», «Сенсорна фізіологія» тощо.

**Апробація результатів дослідження.** За результатами дослідження зроблена публікація «Особливості електрогенезу ритмів ЕЕГ приглухуватих підлітків під час вирішення логічних задач / Пуленець Ю. // Магістерські студії ХДУ. – 2019 р.–

# РОЗДІЛ 1

## ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНІ КОРРЕЛЯТИ МИСЛЕННЄВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

### 1.1. Електроенцефалографія як метод дослідження функціонального стану головного мозку

Функціональний стан головного мозку людини, тонкі кірково-підкіркові взаємовідносини можна вивчити за допомогою методу електроенцефалографії. Електроенцефалографія (ЕЕГ) є одним з ведучих методів при вивченні функціонального стану головного мозку у нормі і патології, виявлення певних зрушень під час взаємодії між різними відділами головного мозку [34].

Електроенцефалографія представляє собою криву, що складається із накладених одна на одну хвилі різного діапазону. Серед найбільш значимих виділяють такі діапазони коливань:

- альфа-коливання, діапазон хвиль 8 – 13 Гц;
- бета-коливання, діапазон хвиль 14 – 35 Гц;
- тета- коливання, діапазон хвиль 4 – 7 Гц;
- дельта-коливання, діапазон хвиль 2 – 4 Гц.

Вперше побачив різницю потенціалів між двома точками на шкірі голови мавпи Ричард Кетон [51]. Але основоположником такого методу ЕЕГ, який використовується і понині, став Ганс Бергер у 1929 році (рис. 1.1, 1.2). Він заклав основи для класифікації основних ритмів ЕЕГ – виокремив та назвав альфа-ритм та бета-ритм. Ці назви та виявлені ним частоти і досі використовуються для характеристики нативної ЕЕГ.

Окрім того, Бергер надав функціональнк у характеристику альфа-ритму. Він писав, що останій виникає у стані спокою при заплющених очах. При

розплющуванні очей або сенсомоторному стимулюванні альфа-ритм зникає та з'являється бета-ритм. Таку реакцію досі використовують для тестування проби активації з відкриттям очей та одночасного реєстрування електричної активності головного мозку. Така проба використовується для дослідження активаційних процесів стовбуру головного мозку [8, 21, 44, 52].



Рис. 1.1 – Ганс Бергер, першовідкривач електричної активності головного мозку людини

Також, Бергером були описані зміни ЕЕГ під час сну, у стані глибокого наркозу, анестезії [44].

Подальший розвиток метод ЕЕГ набув в працях таких вчених як Уільям Грей Уолтер, Фішер, Ловенбек, Ерна та Фредерік Гіббси, Вільям Леннокс, Уальдер Грейвс Пенфільд, Герберт Генрі Джаспер, Дональд Бенджамін Ліндслі, Гораціо Мегун, Джузаппе Моруцци, Алан Ходжкін, Ендрю Хакслі та інші [52].



Так, Уолтер досліджував зміни електричної активності головного мозку у осіб з пухлинами мозку, під час сну та виявив повільні хвилі ЕЕГ – дельта- та тета-ритми. Також, дослідженнями Уолтера було показано, що альфа-ритм представлений неоднаково по всій голові, а має стійкий зональний розподіл. Встановив, що джерелом альфа-ритму є таламус. Намагався обґрунтувати значення альфа-ритму як скануючого механізму мозку, який перевіряє готовність до дії нервових центрів [44].

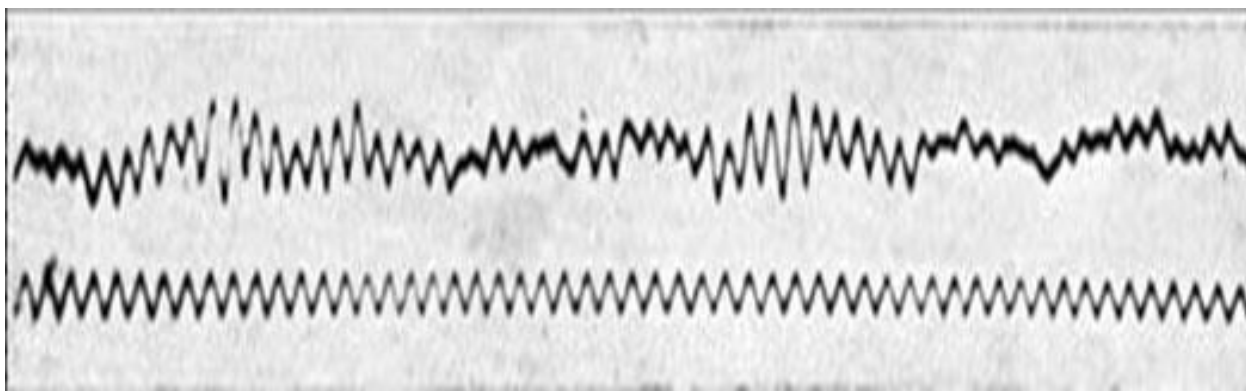


Рис. 1.2 – Перший запис електричної активності людини

Подружжя Гіббсів разом з Ленноксом досліджували зміни паттернів ЕЕГ під час епілепсії та інших патологій мозку та описали види патологічних хвиль. На основі цього був створений «Атлас електроенцефалографії», де авторами була описана та класифікована основна патологічна електрична активність головного мозку під час епілептичних нападів [21, 44].

Починаючи з 40-х рр. ХХ століття та посьогодення електроенцефалографія є єдиним надійним методом для встановлення епівогниць та активно використовується для діагностики епілепсії у клінічній діагностиці [21, 52].

Мегун та Моруцци досліджували стовбур головного мозку [21] та виявили, що подразнення певних ділянок викликає реакцію активації на ЕЕГ. Вони встановили, що ретикулярна формація має активуючий вплив на кору головного мозку та забезпечує її оптимальний тонус для виконання нервової діяльності. Також, ними було встановлено, що інтенсивність активуючих

впливів ретикулярної формації суттєво залежить від сенсорного притоку від зовнішніх та внутрішніх аналізаторів.

У 50-х рр. XX століття Натаніелем Клейтманом та Юджином Асеринським була детально охарактеризована ЕЕГ під час сну. На основі аналізу багатьох записів електричної активності головного мозку ними було створено класифікацію стадій сну [51].

До 1958 р. існувало багато альтернативних схем накладання електродів для запису електричної активності головного мозку. Інколи це робило неможливим співставлення записів електричної активності головного мозку, зроблених за різною методикою накладання електродів. У 1958 р. Герб Генрі Джаспер запропонував систему координат для розміщення електродів електроенцефалографа, яка стала міжнародною. Ця схема отримала назву «система 10-20» та призвела до уніфікації записів ЕЕГ [25].

Починаючи з 50-х рр. XX століття і по наш час електроенцефалографія залишається методом, що дозволяє досліджувати головний мозок у динаміці. Електрична активність головного мозку виявляє суттєву залежність від функціонального стану мозку (спання - неспання), наявності епілептичних розладів, психіатричних захворювань, органічних уражень нервової системи, наявності наркотичної залежності тощо [18-19].

Окремим аспектом вивчення ЕЕГ є віковий. Змінами електроенцефалографії в онтогенезі займалися багато вчених. Серед них О.Еег-Olofsson, Д.А.Фарбер, В.В.Алферова, Bennet, К.Sadowsky, R.Camman тощо [18, 25, 30, 45].

Дослідниками було відмічено поступове збільшення частоти основного ритму у стані спокійного неспання у процесі онтогенезу. Набуття основних ознак ЕЕГ дорослої людини відбувається приблизно у підлітковий період з 11 до 15 років. Також дослідниками відмічалось зменшення частки низькочастотних складників у спектральному складі ЕЕГ. Таке співвідношення між ритмічними складниками ЕЕГ вказує на незрілість

корково-підкоркових взаємодій, що притамання дітям. Така незрілість взаємодій між нервовими центрами кори півкуль головного мозку та його стовбура дітей підтверджується і іншими дослідженнями нервової системи та психологічних функцій [45].

## **1.2. Становлення процесів мислення в онтогенезі**

Когнітивні процеси людини опиняються під постійним фокусом вивчення багатьох як зарубіжних, так і вітчизняних вчених. Серед найвідоміших вчених, що займалися вивченням процесів мислення – Виготський Л.С., Гальперін П.Я., Леонтьєв О.М., Ломов Б.Ф., Рубінштейн С.Л. тощо [27].

Процеси мислення та мовлення є найбільш значими серед інших когнітивних процесів для формування людської психіки, мають взаємний вплив на формування одне одного та, на думку деяких вчених, є «вузловою проблемою всієї психології людини» [6, 14].

Інший вчений розвинув цю концепцію далі та виказав думку, що розумові дії людини формуються поетапно та є результатом поетапного перенесення зовнішніх дій у внутрішню структуру психічної активності. Тобто, при випадінні одного етапу формування інших стає неможливим [15].

Думка про мислення як процес активного психічного відображення знайшла своє відображення у працях такого відомого вченого як С.Д. Рубінштейна. Він вважав, що процес мислення характеризується постійною активністю, для нього не притаманна механічність та дзеркальність. Такий підхід надав автору можливість розглядати процеси мислення не як пасивний процес, а діяльнісний акт, тобто, окрім процесуальної сторони психічної активності людини, мислення стає особливим видом активної діяльності людини [39].

Ця думка набула переосмислення в работах Б.М.Теплова та Д.М.Узнадзе. Перший вчений вважав, що відмінними поведінковий та мисленнєвий аспекти

феномена людської психіки роблять їх різний зв'язок з практикою. Тобто, вирішення окремих конкретних завдань виконується поведінковою стороною процесу мислення, а виокремлення загальних закономірностей виконується мисленнєвим аспектом [39].

Д.М. Узнадзе бачив мислення як одну з форм особистісного утворення, тому основною умовою його формування вважав установку. За його визначенням, установка – це психічний стан людини як суб'єкта діяльності, що визначає готовність і конкретні особливості її поведінки у відповідь на дії зовнішнього середовища [43]. Загальнопсихологічне визначення терміну «установки» - «неусвідомлюваний особистістю стан готовності до певної поведінки чи діяльності» [43].

Установка застосовується як фізичний чи розумовий стан підготовленості до певної дії. Тобто, це особливий стан психіки, що з'являється перед появою окремих фактів свідомості. Установка є початковою реакцією впливу на ситуацію, у якій знаходиться індивід, та формується в психіці індивіда в результаті попередніх дослідів [43].

О.П.Саннікова три рівні компонентів в інтегральній ідентичності особистості:

- I рівень – формально-динамічний;
- II рівень – змістовно-особистісний;
- III рівень – соціально-імперативний [4, 40].

Окрім означених характеристик є характеристики якісного рівня особистості (когнітивні, емоційні, дійові, регуляторні). Ці характеристики містять інформацію про якісну сутність її властивостей.

Кожна людина від народження проходить такі етапи розвитку мислення:

- Наочно-дійове мислення;
- Наочно-образне мислення;
- Словесно-логічне мислення.

Перший рік життя дитини закінчується формуванням наочно-дієвого мислення. Наприкінці першого року життя дитина здатна до елементарного аналізу, виявленню ситуативно важливих зв'язків між предметами. Такі ознаки мислення формуються у процесі практичних дій з предметами. Для мислення на цьому етапі характерна відсутність суттєвих абстрагувань та узагальнень [42].

Початок активного володіння мовленням, удосконалення процесів сприймання призводить до збагачень у дитини уявлень. З'являється наочно-образне мислення, яке притаманне дітям у старшому дошкільному віці.

Подальший розвиток активного мовлення має суттєвий вплив на подальший розвиток та посилення процесів сприймання та уявлень. З'являється символічна пам'ять та мислення. Починаючи зі шкільного віку діти починають в процесі мислення використовувати поняття та символи. Таке мислення свідчить про перехід його на вищу ступінь – словесно-логічного мислення [7, 39, 42].

У процесі розвитку мислення усі етапи з'являються поступово один за одним, нашаровуючись один на одній. Окремі етапи не мають суттєвих меж між собою і при появі нового етапу попередній нікуди не зникає і не припиняють розвиватися. Всі набуті види мислення продовжують розвиватися протягом всього життя [14, 39, 40].

У процесі формування мова та мислення мають тісний зв'язок. Тому мислення можна розділити на допонятійне та понятійне. Для допонятійного мислення характерно обмеження власним сприйняттям, егоцентризм, невміння відмовитися від власних поглядів, випускання спільного при переході від часткового до часткового.

Понятійне мислення розвивається не відразу, а поступово. Відомий психолог Л.С.Виготський виокремив п'ять підготовчих етапів:

I етап – синкретизм, характерен для перших трьох років життя. При цьому дитина на прохання зібрати схожі предмети буде збирати всі предмети до однієї купи;

II етап – на прохання зібрати схожі предмети дитина зможе виокремити тільки одну ознаку схожості. Наприклад, вона візьме два схожих предмети, а третій добре або за ознакою схожості до першого, або до другого, а не відразу до двох предметів;

III етап – характерно для дітей 6-8 років. На цьому етапі дитина може згрупувати предмети за схожістю, проте незавжди може назвати ознаку, за якою вона їх розсортувала;

IV етап – характерно для дітей 9-12 років. На цьому етапі з'являється недосконале понятійне мислення, первинні поняття, які з'являються у дитини, з'являються на основі її власного життєвого досвіду;

V етап – виникнення досконалих понять. З'являється у 14-18 років. На цьому етапі науковий досвід дитини стає на допомогу їй вийти за межі свого власного чуттєвого досвіду [9, 43].

Оскільки формування мислення процес поетапний, без формування одного етапу неможливе формування наступного, то для адекватного процесу формування понятійного мислення, сприйняття, уяви потрібний оптимальний сенсорний приток. Внаслідок зниження сенсорного притоку через один з ведучих аналізаторів можливе утруднення та затримка формування певних етапів мислення.

### **1.3. Дослідження особливостей електричної активності підлітків зі зниженим слухом**

Численними дослідженнями [18, 25, 32] показано, що раннім етапам онтогенезу притаманні суттєві зміни у структурі кори головного мозку. Від

народження та до підліткового віку спостерігається дозрівання еволюційно давніших структур головного мозку. Першими дозрівають ті структури, що забезпечують життєвоважливі функції та елементарний контакт із оточуючим середовищем.

Протягом всього онтогенезу спостерігається утворення зв'язків між нервовими центрами, їх тонке налаштування, мієлінізація нервових волокон.

У підлітковому віці спостерігається [45, 47] ускладнення фіброархітектоніки кори, диференціація та тонке соналаштування пірамідних та зірчатих нейронів кори. Також спостерігається міжнейрональні перетворення та збільшення питомої ваги волокнистих структур. У всіх зонах кори головного мозку підлітків спостерігається збільшення зрілих нейронів та зменшується кількість перехідних форм. У підлітковому віці спостерігається ускладнення фіброархітектоніки кори головного мозку. І, хоча угруповання нейронів кори складаються у більш ранні строки онтогенезу, у підлітковому віці відбувається удосконалення ансамблевої структури кори, більш чітко окреслюється зональність кори та різниця морфологічного складу кори у різних її зонах [45].

Гормональна активність пубертатного періоду також має своє відображення на ЕЕГ підлітків. Зрушення гормональної секреції у гіпоталамо-гіпофізарній системі зачіпає одне з найважливіших утворень, що регулює кірково-підкоркові взаємодії – лімбічну систему. Гіпоталамус є однією з ланок лімбічної системи і збільшення його активності знаходить відображення у функціональній взаємодії між окремими нервовими центрами кори та підкорки головного мозку, що можливо спостерігати під час запису електричної активності головного мозку [5, 46].

За даними Фішмана, з настанням пубертатного періоду спостерігається дестабілізація електричної активності головного мозку, поява повільнохвильової активності, зростає амплітуда всіх ритмічних складників

ЕЕГ. Всі ці зміни, на його думку, є наслідком збільшення активності структур проміжного мозку, до якого входить і гіпоталамус [46-49].

Також відмічається збільшення синхронізації віддалених зон кори головного мозку, що виражається у збільшенні когерентних зв'язків у альфа-діапазоні. Вираженими стають повільні ритми ЕЕГ, їх амплітуда суттєво збільшується. У деяких підлітків спостерігається суттєве збільшення активності у бета-діапазоні [48].

Проте, хоча амплітуда ритмів збільшується, спектральна потужність усіх ритмічних складників ЕЕГ падає.

На ЕЕГ підлітків рядом авторів встановлено ознаки диенцеіальних структур, таких як коливання тета-ритму у тім'яних та центральних зонах кори головного мозку з високою амплітудою.

Дослідження електричної активності головного мозку у різні етапи онтогенезу відображує не одномоментне дозрівання відділів головного мозку.

Сенсорна депривація, що виникає через відключення (повного або часткового) зору і слуху стає причиною порушення функціональної організації головного мозку. Дуже важливим є час настання сенсорного дефекту. Якщо втрата слуху відбулася на ранніх етапах онтогенезу – у перші півтора-два роки життя – утруднюється формування нейронних ансамблів, послаблюються функціональні зв'язки між ансамблями нейронів, порушується формування нейрофізіологічних механізмів слухової функції, відбувається порушення інтегративної діяльності мозку [34, 47].

Л.А. Новікова (1965) зробила потужний внесок у дослідження дістантних рецепторів та їхнє значення у формуванні коркової ритміки. Її дослідну групу склали глухі підлітки віком 13 – 17 років. Нею було встановлено, що досліджувані у потиличній зоні реєстрували добре виражений альфа-ритм, у лобних зонах кількість випадків з чітким альфа-ритмом знижується. Новікова Л.А. відмічала, що амплітуда альфа-ритму різко падає від потиличних до лобових зон. Проте, високочастотні ритми (бета-



ритм) найбільш часто виражений у лобових та скроневих зонах кори. Реєстрація ЕЕГ з домінуючим повільним ритмом серед цього контингенту зустрічалася рідко, і той повільний ритм, щореєструвався у певних ділянках, не був схожим на патологічний повільний ритм. [34].

Таким чином, дослідження електричної активності головного мозку є актуальним методом для проведення нейрофізіологічних досліджень.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЕГ ПІДЛІТКІВ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ЪА НОРМАЛЬНИМ СЛУХОМ ПІД ЧАС КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

#### 2.1. Реєстрація електроенцефалограми підлітків зі зниженим та нормальним слухом

Електроенцефалографія є найпоширенішим методом дослідження потенціалів головного мозку. Крива, яку отримують під час електроенцефалографії називають електроенцефалограма. Електроенцефалограма (ЕЕГ) представляє собою складний коливальний процес електричних потенціалів, який можна реєструвати зі скальпа голови за допомогою спеціальних електродів [2, 4, 15, 18].

Електроенцефалограма, що реєструється у стані розслабленого неспання (із закритими очима) називається фоновою кривою. Під такою активністю (фоновою) розуміють загальну, неперервну електричну активність головного мозку, що реєструється без видимих зовнішніх подразників та не пов'язана з руховою діяльністю.

У кривій ЕЕГ, що реєструється зі скальпу голови людини, можна виокремити наступні частотні діапазони:

- альфа (8-13 Гц),
- бета (14-35 Гц),
- тета (4-7 Гц)
- дельта (0,5 – 3 Гц) [24, 36].

Окрім загальноприйнятих ритмів, деякими дослідниками виділяється мю-ритм (це ритм з частотою 8-13 Гц, який спостерігається над Роландовою борозною), каппа-ритм (це передньоскроневий ритм у альфа-діапазоні),

гамма-ритм (коливання з частотою від 30 до 120-170 Гц і амплітудою 2 мкВ, його можна спостерігати у перед центральній, фронтальній та скроневих ділянках кори головного мозку), лямбда-ритм (гострі коливання, які з'являються у потиличних відділах об'єкта у стані неспання під час зорового пошуку).

**Альфа-ритм.** Це ритм ЕЕГ з частотою 8-13 Гц та амплітудою – до 100 мкВ. Найвиразніший у потиличних відділах, амплітуда зменшується у напрямку від потиличних зон до скроневих. Ступінь синхронізації альфа-ритму суттєво залежить від активності зорового аналізатора. Найбільшу амплітуду ритм має при закритих очах у стані фізичного та психічного розслаблення [25, 33, 36, 53].

Практично у всіх осіб спостерігається асиметрія амплітуди альфа-ритму: у 75% людей амплітуда альфа-ритма більша в правій півкулі. Дослідники пояснюють асиметрію альфа-ритму з тим, що ліва півкуля має тісніші взаємозв'язки з активуючими мезенцефальними структурами мозку, а права – з синхронізуючими діенцефальними структурами мозку [Гриндель]. Дослідження електричної активності головного мозку при ураженні тім'яно-потиличних відділів показують, що джерела генерації не порушуються у відповідній ділянці, а залишаються у таламічних структурах. А от при ураженні кірково-таламічних структур відбувається значні зміни альфа-ритму, його амплітуди та локалізації, тобто змінюється структура самого генератора [25, 33, 36, 53].

**Бета-ритм.** Це ритм з частотою 13 – 40 Гц та амплітудою до 15 мкВ. Найбільша амплітуда бета-ритму реєструється у передніх центральних зонах кори головного мозку, але поширюється і на задні центральні та лобові звивини. Бета-ритм пов'язаний з соматичними, сенсорними та руховими корковими механізмами і дає реакцію на рухову активність та тактильну стимуляцію [25, 33, 36, 53]].

**Тета-ритм.** Це ритм з частотою 4 – 6 Гц, амплітуда знаходиться у межах 40 мкВ. Найбільша амплітуда знаходиться у передніх зонах кори головного мозку. У здорової дорослої людини у стані неспання на ЕЕГ реєструється невелика кількість тета-активності, але це не організований тета-ритм. Тета-ритм виявляється під час дрімоти та сну.

Тета-активність, по даним багаточислених досліджень, пов'язують з активністю лімбічних структур: гіпокамп, мигдалики, орбітальна кора, поясна звивина [25, 33, 36, 53]. При підвищених емоціональних станах на ЕЕГ спостерігається підвищення спектральної потужності тета-ритму.

**Дельта-ритм.** Це ритм з частотою 0,5 – 3 Гц, амплітуда сягає 40 мкВ. Дельта-ритм з'являється під час органічних ураженнях нервової системи, при реєстрації електричної активності від ділянок кори, які межують з пухлиною, на ЕЕГ людини, яка знаходиться під наркозом. Незначна кількість генералізованих низько амплітудних дельта-хвиль, іноді симетричних, може спостерігатися і у стані неспання [25, 33, 36, 53].

## **2.2. Організація дослідження**

В експерименті прийняли участь дві досліджувані групи:

I група – підлітки 12 – 15 років зі зниженим слухом. Групу сформували підлітки, що вчать у Херсонській школі-інтернату № 29 для дітей зі зниженим слухом. Всього групу склали 82 підлітка з сенсоневральною приглухуватістю II – III ступеня. Групу розділили на дві підгрупи – 40 хлопців та 42 дівчини.

II група – підлітки 12-15 років з нормальним слухом. Групу сформували підлітки-учні Херсонської ЗОШ № 30 у кількості 80 осіб. Досліджувану групу розділили на дві підгрупи – 40 хлопців та 40 дівчат.

Усі досліджувані були праворукими як за самооцінкою, так і за мануальними тестами. У анамнезі досліджувані підлітки не мали черепно-мозкових травм чи інших органічних уражень нервової системи.

Сенсоневральна приглухуватість – це зниження слуху, при якому важко сприймається мова оточуючих. Такий тип приглухуватості, коли спостерігається порушення перетворення механічних коливань у електричні імпульси називається сенсоневральною (кохлеарний неврит) [29, 37].

До виникнення сенсоневральної приглухуватості відносять наступні причини:

- інфікування такими хворобами, як оперізуючий лишай, епідеміологічного паратиту, грипу, сифілісу, краснухи, менінгіту може призвести до невриту слухового нерву;
- прийом ототоксичних препаратів (неоміцин, канаміцин, саліцилати, солі важких металів тощо);
- черепно-мозкова травма, механічна, баротравма;
- судинні розлади;
- патологія вагітності матері

При ступені сенсоневральної приглухуватості II ступеня має слуховий поріг 41-55 дБ. Мову при такому слуховому порозі чути лише з близької відстані [29, 37].

III ступінь сенсоневральної приглухуватості має поріг слухової чутливості 56-70 дБ. При такому ступені сенсоневрально приглухуватості чути тільки гучну розмовну мову з близької відстані [29, 37].

Перед реєстрацією ЕЕГ усім досліджуваним повідомляли про безпечність процедури, її тривалість. Досліджувані підлітки отримували інструктивну картку, у якій було детально викладено, що від них вимагається.

Електрична активність головного мозку здійснювалася за допомогою системи комп'ютерної електроенцефалографії «Braintest» (рис. 2.1).

Накладання електродів робилося по загальноприйнятій міжнародній системі «10-20», у восьми симетричних проєкціях:

- лобові зони кори головного мозку (Fs, Fd);
- потиличні зони кори головного мозку (Os, Od);
- тім'яні зони кори головного мозку (Ps, Pd);
- скроневі зони кори головного мозку (Ts, Td).



Рис. 2.1 Електроенцефалограф Braintest 16/24

Електроенцефалографію робили на базі відділення функціональної діагностики Дитячої обласної лікарні м. Херсона.

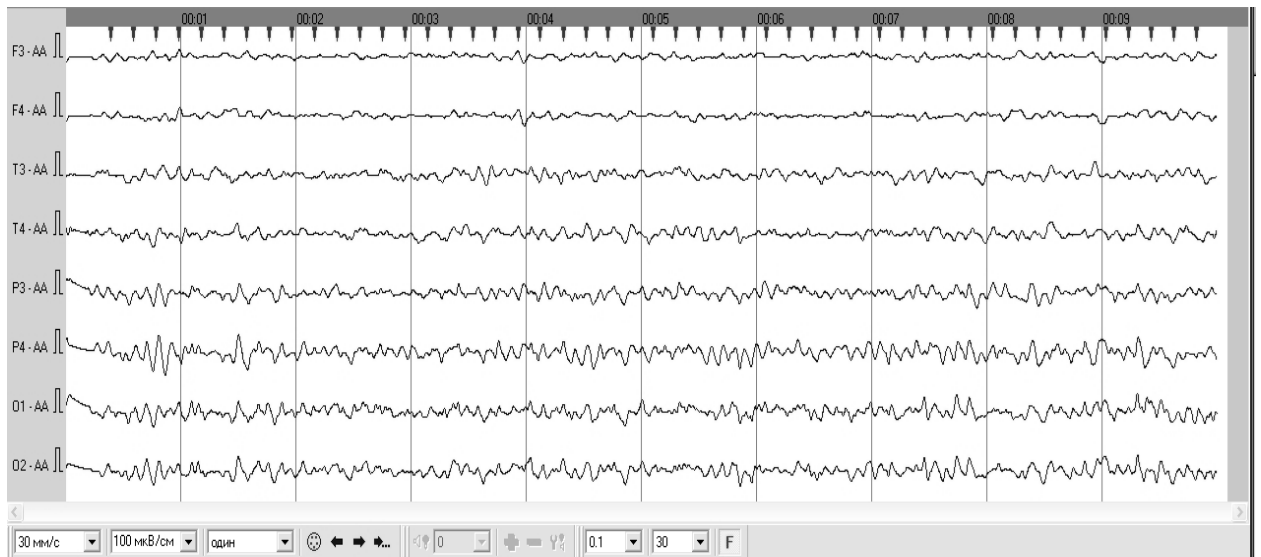
Система реєстрації ЕЕГ включала в себе:

1. 16-канальний ЕЕГ- посилювач;
2. ЕОМ MKS з тактовою частотою процесору 150 МГц;
3. Інтерфейсний модуль.

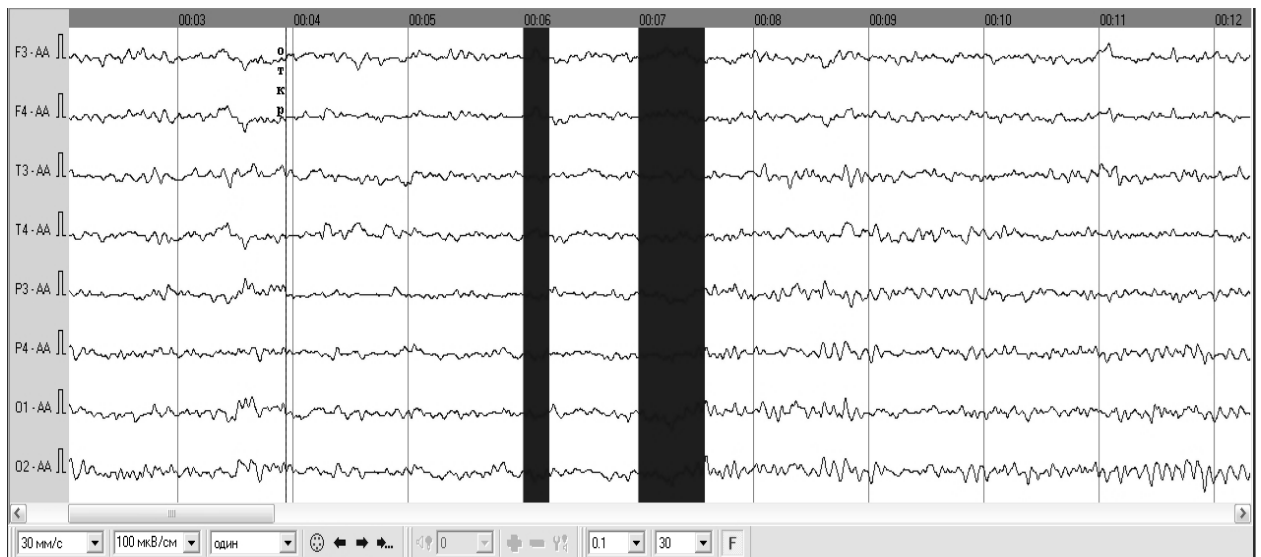
Частотна смуга обмежена діапазоном 1 – 30 Гц, стала часу складала 0,3 с, а частота дискредитації сигналу 50 в сек. Швидкість прокрутки смуги – 30 мм/с. Міжелектродний опір був меншим за 5 кОм. Епоха аналізу складала 2000

мс з 50% перекриттям. Під час запису електроенцефалографії досліджувані знаходилися у світло- та звукоізольованій камері.

Кожна з досліджуваних кривих піддавалася спочатку візуальній обробці (рис. 2.2), під час якої контролювалося правильність накладання електродів, наявність артефактів.



**А**



**Б**

**Рис. 2.2– нативна ЕЕГ досліджуваних підлітків зі зниженим слухом**

Примітки: підсилення 100 мкВ/см, швидкість прокрутки 30 мм/с. А – приклад ЕЕГ підлітка з вадами слуху без видалення артефактів; Б – приклад

ЕЕГ підлітка з вадами слуху, ділянки з артефактами, які видалені з подальшого аналізу.

Після візуальної обробки та видаленню артефактів записані криві підлягали комп'ютерній обробці за допомогою швидкого перетворення Фур'є. Для обчислення амплітуди основних частотних складників був використаний пакет комп'ютерних програм – топічне картування електрогенезу частот ЕЕГ.

За допомогою Фур'є перетворення ЕЕГ-кривих отримують потужність ритму, з якої є похідним значенням інтенсивність електрогенезу ритмів, тобто амплітуда. Показник вимірюється у мікрвольтах (мкВ).

Особливості роботи головного мозку підлітків зі зниженим слухом вивчався на основі аналізу вираженості амплітуди ритмів ЕЕГ у стані спокійного неспання та ЕЕГ, записаної під час виконання когнітивного завдання.

У якості когнітивного навантаження використовувався тесту Рейвена. Це невербальний тест, при якому задіюється наочне образне мислення. Тест скерований на встановлення логічних закономірностей у побудові впорядкованого ряду графічних об'єктів (компонентних геометричних фігур, що мають обмежену кількість ознак). Тест має декілька модифікацій із різними рівнями складності; нами був використаний варіант, адаптований для віку підлітків, що були залучені в досліді (12–15 років).

**Статистична обробка даних.** Для первинної статистичної обробки отриманих результатів застосовували:

- обчислення вибіркового середнього значення ( $M$ ),
- похибку середнього ( $m$ ).

Для з'ясування відмінностей між досліджуваними групами підлітків зі зниженим та нормальним слухом



*Двохвибірковий критерій Вілкоксона.* Даний критерій використовують для перевірки гіпотези про рівність двох незалежних вибірок у випадках розподілення відмінного від нормального [].

*Одновибірковий критерій Вілкоксона.* Використовується для зв'язаних (парних) вибірок у випадку закону розподілення, відмінного від нормального.

Різницю між двома середніми величинами вважали достовірною при значеннях  $p \leq 0,05$ .

Математичні операції проводилися у програмних пакетах Microsoft Excel 2019 та „Statistica 9.0”.

**РОЗДІЛ 3**

**ЗМІНИ АМПЛІТУДИ РИТМІВ ЕЕГ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ**

**КОГНІТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПРИГЛУХУВАТИМИ ТА**

**НОРМАЛЬНОЧУЮЧИМИ ПІДЛІТКАМИ**

**3.1. Результати власних досліджень**

Нами було проведено дослідження амплітуди спектральних складників ЕЕГ приглухуватих підлітків та нормальночуючих однолітків під час виконання ними когнітивних тестів.

*Таблиця 3.1*

**Амплітуда дельта-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом ( $M \pm m$ , ум. мкВ)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	41,5 ± 3,4	42,82 ± 3,86	26,36 ± 4,27 *	29,81 ± 5,92 *
Fd	42,8 ± 3,3	41,68 ± 4,04	25,98 ± 3,81 *	30,94 ± 4,94 *
Ts	41 ± 2,2	38,87 ± 2,98	31,27 ± 2,47 *	32,31 ± 2,57
Td	39,02 ± 2,9	38,98 ± 2,67	31,97 ± 2,41	34,78 ± 4,54
Ps	44,48 ± 3,2	46,08 ± 4,26	37,94 ± 3,92 *	32,21 ± 2,07 *
Pd	46,71 ± 3,21	45,43 ± 3,76	38,27 ± 3,90 *	34,57 ± 2,47 *
Os	45,6 ± 2,7	43,25 ± 2,52	40,77 ± 4,25	41,67 ± 3,01
Od	46,04 ± 2,84	48,91 ± 2,44	41,97 ± 4,28	38,29 ± 2,84 *

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспанья та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

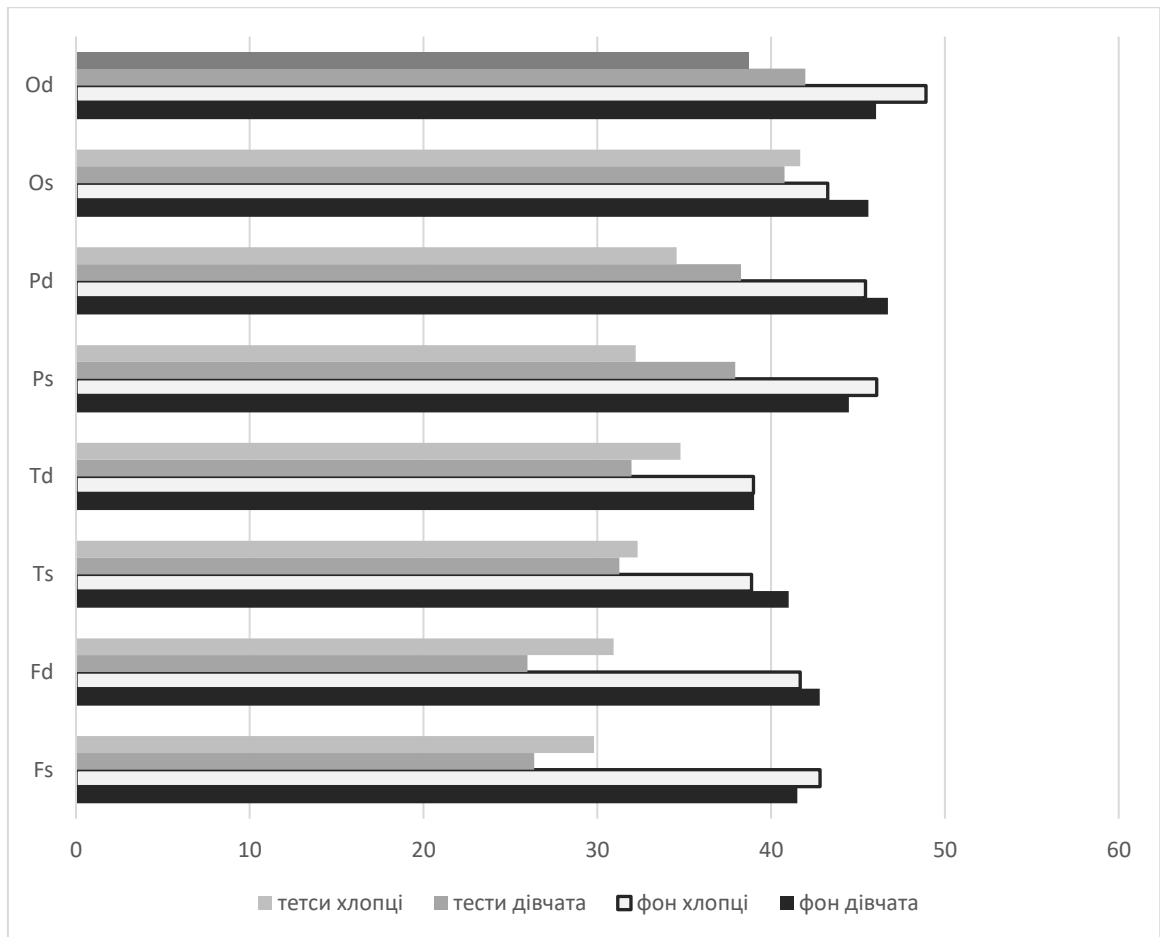


Рис 3.1 – Амплітуда дельта ритму на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом

**Дельта-ритм.** Амплітуда дельта-ритму на ЕЕГ приглухуватих хлопців та дівчат під час виконання тестів (табл. 3.1, рис. 3.1) стала меншою у лобових, тім'яних зонах кори головного мозку. У приглухуватих дівчат таке зменшення амплітуди дельта-ритму спостерігалось у лівій скроневій, а у приглухуватих хлопців – правій потиличній зонах кори головного мозку.

Таблиця 3.2

**Амплітуда дельта-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом (M±m,%)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	26,12 ± 2,52	31,87 ± 2,11	32,14 ± 5,31 *	39,41 ± 4,02 *
Fd	26,58 ± 2,16	31,04 ± 1,58	30,11 ± 2,72	36,84 ± 2,72 *

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Ts	32,67 ± 2,07	31,52 ± 2,78	38,24 ± 3,78	36,99 ± 1,50 *
Td	32,18 ± 1,87	30,98 ± 1,88 ●	42,64 ± 3,72 *	38,01 ± 3,11 *
Ps	39,87 ± 2,87	30,87 ± 1,99 ●	36,87 ± 2,40 *	31,14 ± 2,71
Pd	37,86 ± 2,46	35,98 ± 3,25	36,17 ± 2,44	35,17 ± 2,78
Os	45,67 ± 2,74	42,89 ± 4,17	47,47 ± 2,08	42,13 ± 2,46
Od	51,22 ± 3,78	46,35 ± 4,71	50,78 ± 3,14	45,74 ± 2,58 *

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспання та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

На ЕЕГ нормальнослухуючих підлітків амплітуда дельта-ритму під час виконання тестів змінилася не таким чином як на ЕЕГ приглухуватих підлітків (табл. 3.2, рис. 3.2): стала більшою у передніх відведеннях, проте у задніх майже не зазнала змін.

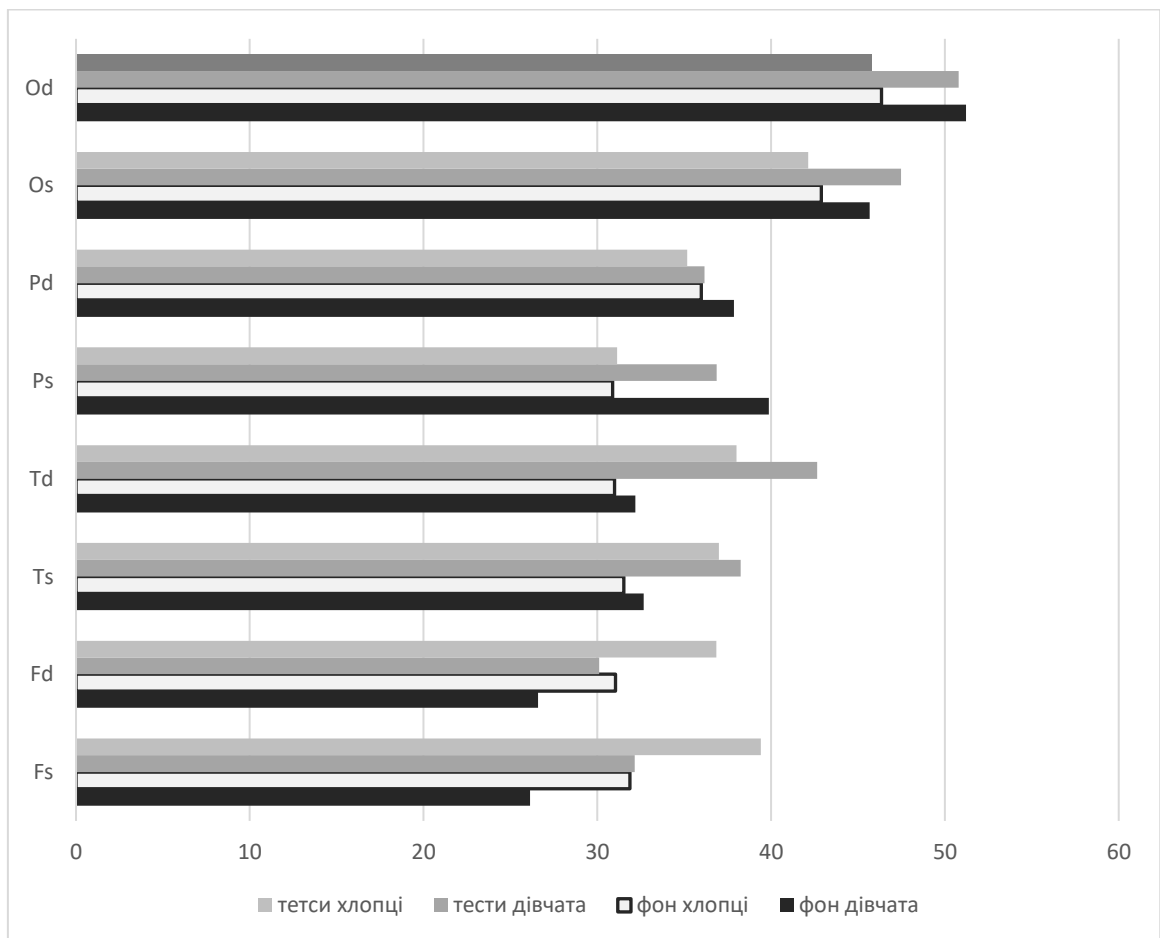


Рис 3.2 – Амплітуда дельта ритму на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом

**Тета-ритм.** Під час виконання тестів приглухуватими дівчатами амплітуда тета-ритму на ЕЕГ (табл. 3.3, рис. 3.3) зменшилася у симетричних лобових та скроневих зонах кори головного мозку. Приглухуваті хлопці під час виконання тестів продемонстрували інші зміни електричної активності головного мозку: зменшення амплітуди у симетричних лобових, лівій тім'яній зонах кори головного мозку та збільшення у лівій потиличній зонах кори головного мозку.

Таблиця 3.3

**Амплітуда тета-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом ( $M \pm m$ , ум. мкВ)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	36,46 ± 3,11	35,87 ± 3,45	22,74 ± 4,01 *	27,8 ± 3,36 *
Fd	35,87 ± 2,87	36,11 ± 2,16	22,45 ± 2,84 *	25,98 ± 2,07 *
Ts	35,75 ± 2,03	34,74 ± 1,59	27,85 ± 2,60 *	30,88 ± 1,37
Td	33,72 ± 1,64	35,26 ± 1,88	26,96 ± 2,46 *	29,47 ± 2,51
Ps	36,26 ± 1,62	35,78 ± 2,74	32,51 ± 2,46	29,54 ± 2,57 *
Pd	37,87 ± 2,54	37,18 ± 2,56	32,87 ± 4,29	31,10 ± 1,87
Os	35,01 ± 1,97	36,15 ± 1,87	34,88 ± 4,07	39,46 ± 3,05 *
Od	36,75 ± 1,54	37,07 ± 2,25	35,78 ± 5,41	37,57 ± 3,35

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспаня та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

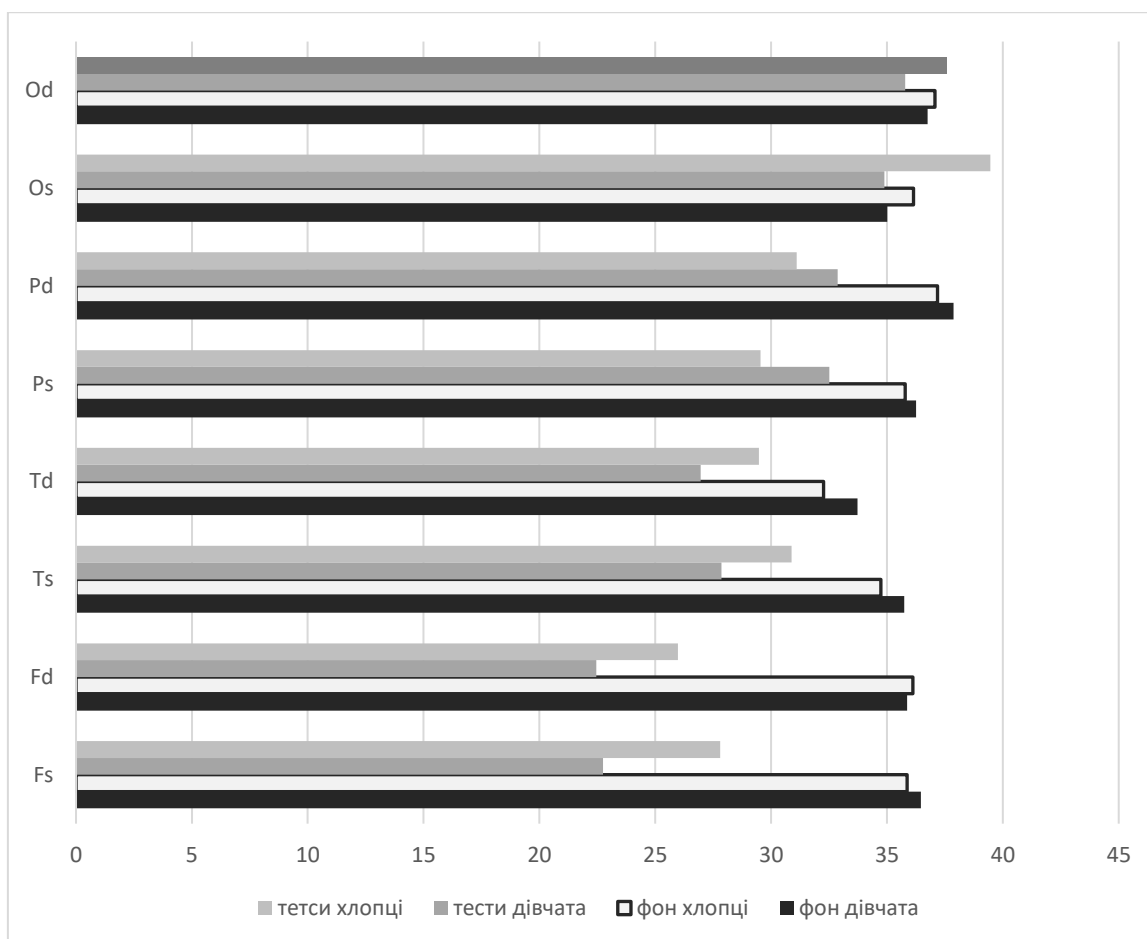


Рис 3.3 – Амплітуда тета ритму на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом

Нормальночуючі підлітки продемонстрували іншу перебудову електричної активності тета-діапазону у відповідь на когнітивне навантаження.

Таблиця 3.4

**Амплітуда тета-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом ( $M \pm m$ , ум. мкВ)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	25,13 ± 1,61	29,89 ± 2,64	23,47 ± 3,09	30,18 ± 2,25
Fd	25,18 ± 1,26	29,17 ± 2,45	21,52 ± 1,88	29,85 ± 1,08
Ts	33,47 ± 2,01	32,45 ± 1,75	29,93 ± 1,54	28,91 ± 2,78

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Td	32,86 ± 2,66	32,85 ± 1,52	30,97 ± 2,64	29,81 ± 2,52
Ps	36,16 ± 1,97	26,87 ± 2,30	28,90 ± 2,68 *	23,84 ± 2,06
Pd	35,67 ± 1,91	29,64 ± 2,69	28,64 ± 2,48 *	26,92 ± 1,85
Os	47,19 ± 1,94	38,98 ± 3,38	39,72 ± 2,46 *	37,52 ± 1,78
Od	43,34 ± 2,45	45,50 ± 4,96	41,42 ± 2,11	40,55 ± 2,23

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспання та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

Амплітуда тета-ритму на ЕЕГ дівчат з нормальним слухом (табл. 3.4, рис 3.4) після виконання тестів стала меншою порівняно зі станом спокійного неспання у симетричних тім'яних та лівій потиличній зонах кори головного мозку. На ЕЕГ хлопців з нормальним слухом після виконання тестів суттєвих перебудов електричної активності у тета-діапазоні не відбулося.

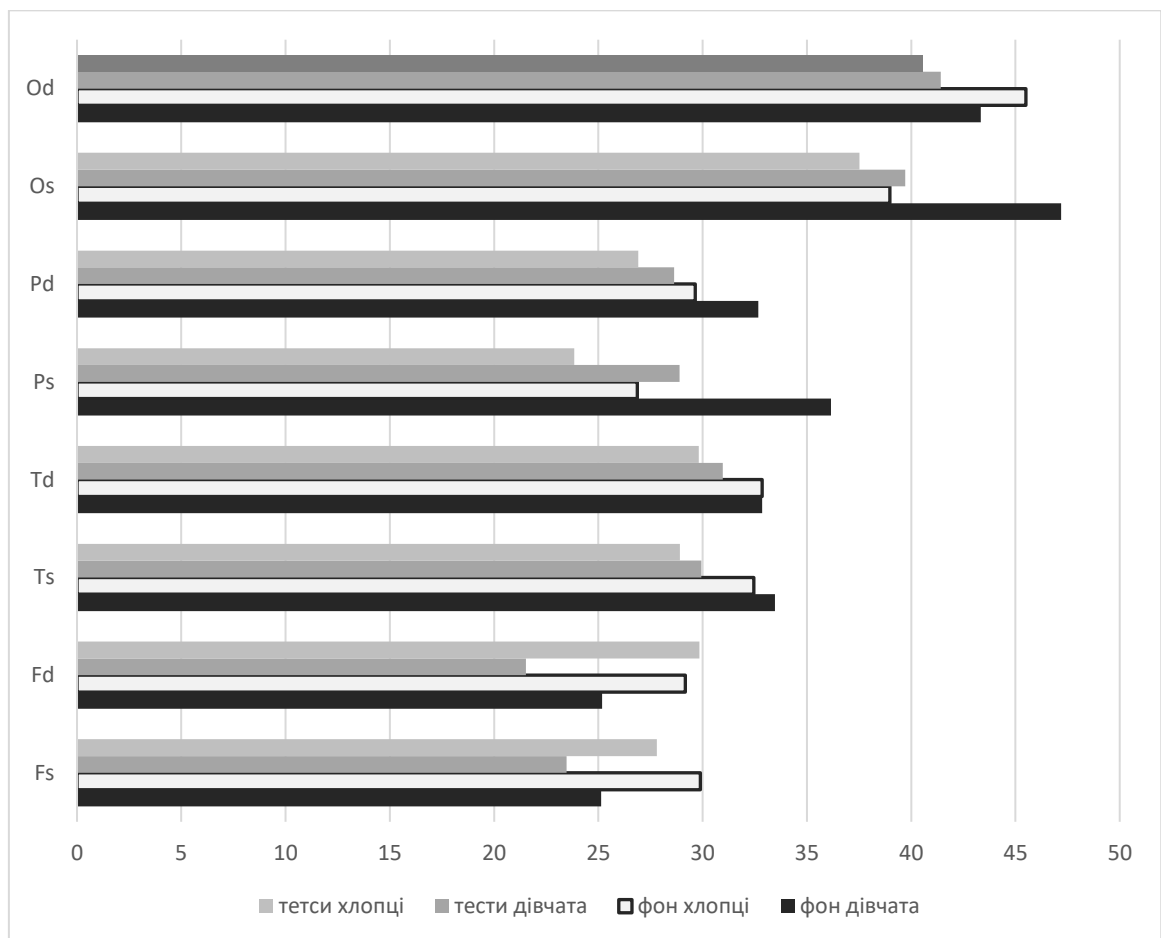


Рис 3.4 – Амплітуда тета ритму на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом

**Альфа-ритм.** Усі досліджувані групи продемонстрували суттєве зменшення амплітуди альфа ритму по всьому скальпу у відповідь на когнітивне навантаження (табл. 3.5, 3.6, рис. 3.5, 3.6).

Таблиця 3.5

**Амплітуда альфа-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом ( $M \pm m$ , ум. мкВ)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	53,81 ± 7,18	44,18 ± 3,50	21,51 ± 4,55 *	24,17 ± 2,86 *
Fd	53,13 ± 6,89	45,41 ± 3,28	22,32 ± 2,93 *	25,51 ± 4,36 *
Ts	56,65 ± 5,66	46,42 ± 2,19	31,19 ± 3,27 *	30,58 ± 1,23 *
Td	52,38 ± 4,59	53,37 ± 2,48	30,73 ± 1,69 *	31,83 ± 2,26 *
Ps	79,11 ± 8,50	73,87 ± 7,15	34,78 ± 3,02 *	35,44 ± 2,35 *
Pd	86,45 ± 11,01	86,57 ± 7,37	45,53 ± 5,71 *	40,17 ± 3,18 *
Os	71,76 ± 6,10	67,83 ± 5,87	45,77 ± 6,07 *	50,16 ± 4,45 *
Od	79,84 ± 8,56	73,57 ± 5,47	63,87 ± 11,46 *	47,57 ± 3,98 *

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспання та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

Таблиця 3.6

**Амплітуда альфа-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом ( $M \pm m$ , ум. мкВ)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	45,61 ± 3,18	54,81 ± 3,61	25,88 ± 3,87 *	32,81 ± 2,77 *
Fd	46,74 ± 3,38	54,48 ± 3,58	24,96 ± 3,98 *	32,74 ± 2,11 *
Ts	63,95 ± 3,94	62,18 ± 5,33	35,99 ± 3,87 *	35,91 ± 3,07 *



Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Td	64,65 ± 2,20	67,48 ± 5,93	37,85 ± 3,42 *	35,52 ± 2,57 *
Ps	94,65 ± 8,45	74,88 ± 6,95	35,45 ± 1,70 *	31,58 ± 2,92 *
Pd	94,61 ± 5,66	87,45 ± 6,46	37,23 ± 2,53 *	32,35 ± 1,74 *
Os	115,87 ± 7,58	114,85 ± 6,29	58,96 ± 3,94 *	47,18 ± 3,83 *
Od	120,45 ± 7,01	119,54 ± 8,75	53,82 ± 2,12 *	52,89 ± 5,53 *

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспаня та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

Аналізуючи дані таблиць 3.5 та 3.6 та рисунків 3.5 та 3.6 встановлено, що для групи підлітків з нормальним слухом було притаманне більш інтенсивне падіння амплітуди альфа-ритму (у задніх відведеннях зменшення амплітуди було практично у 3 рази) порівняно з аналогічними показниками підлітків зі зниженим слухом.

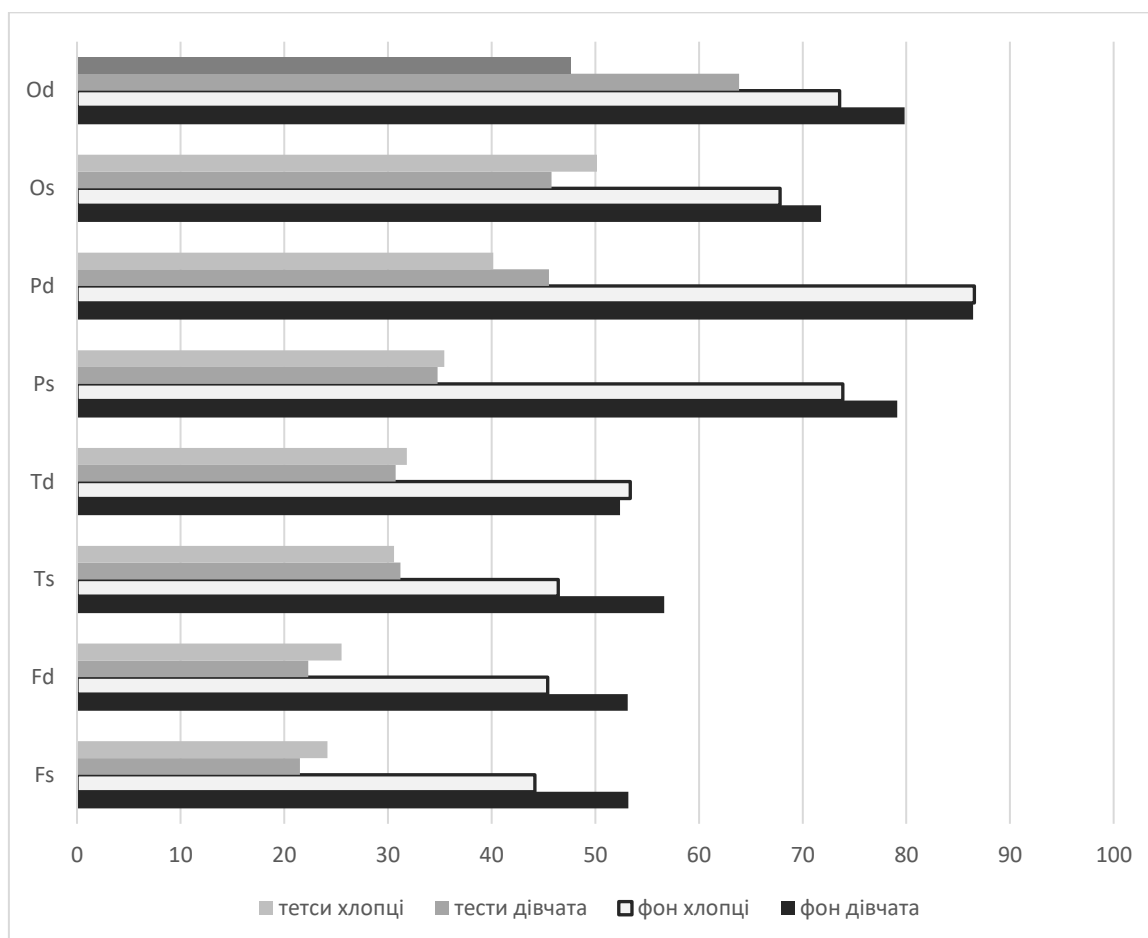


Рис 3.5 – Амплітуда альфа ритму на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом

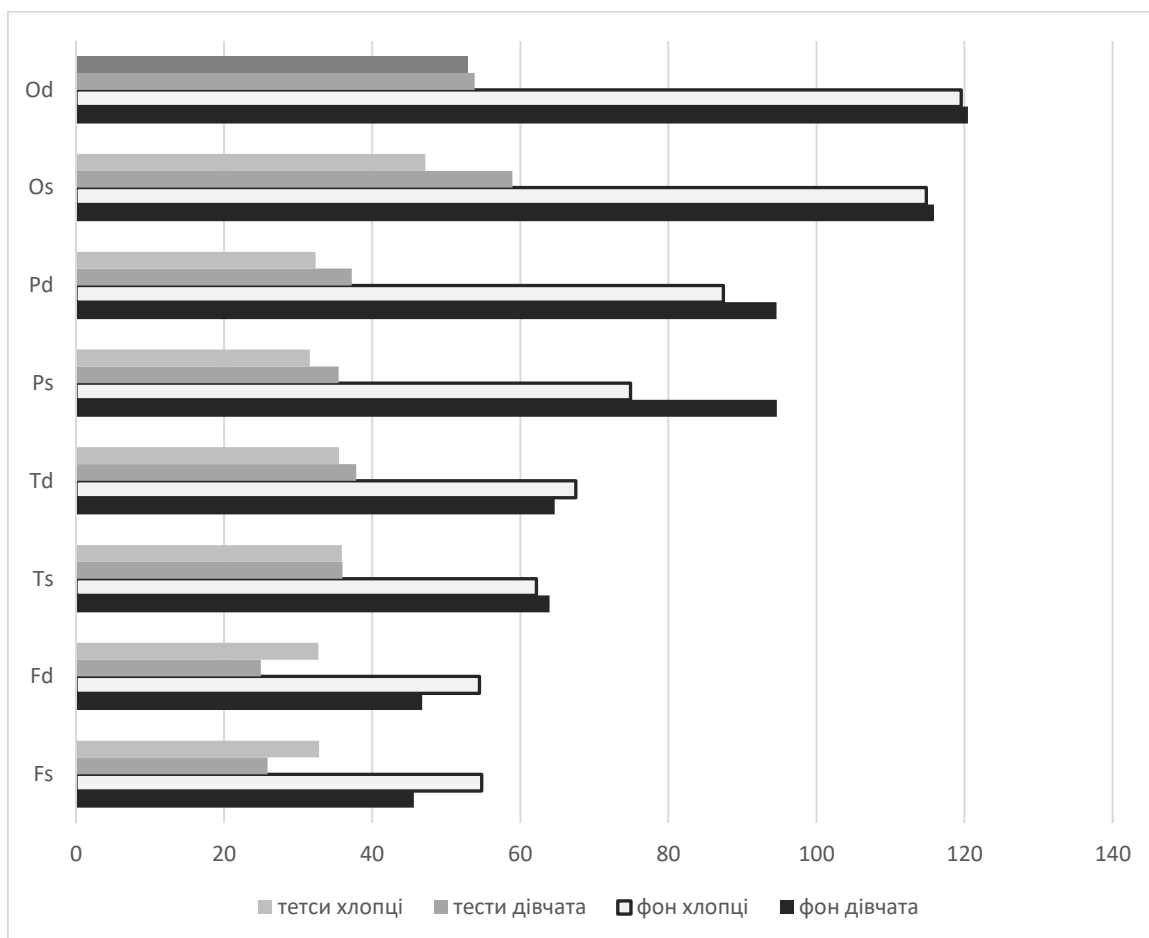


Рис 3.6 – Амплітуда альфа ритму на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом

**Бета-ритм.** Під час тестування на ЕЕГ дівчат зі зниженим слухом відмічалось зниження амплітуди бета-ритму у симетричних лобових та лівій скроневій зонах кори головного мозку (табл. 3.7, рис. 3.7) порівняно з показниками електрогенезу головного мозку під час спокійного неспання.

Таблиця 3.7

**Амплітуда бета-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом ( $M \pm m$ , ум. мкВ)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	$6,75 \pm 0,34$	$6,58 \pm 0,27$	$5,16 \pm 0,16 *$	$5,23 \pm 0,48 *$
Fd	$7,14 \pm 0,32$	$6,59 \pm 0,23$	$5,25 \pm 0,35 *$	$5,21 \pm 0,23 *$

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Ts	7,12 ± 0,17	6,61 ± 0,27	6,45 ± 0,26 *	7,15 ± 0,26
Td	6,78 ± 0,19	6,87 ± 0,24	6,84 ± 0,24	7,16 ± 0,25
Ps	7,59 ± 0,25	7,24 ± 0,18	7,19 ± 0,31	7,26 ± 0,13
Pd	7,58 ± 0,29	7,57 ± 0,23	7,32 ± 0,57	8,31 ± 0,47
Os	8,24 ± 0,31	8,42 ± 0,37	8,68 ± 0,58	9,12 ± 0,52
Od	8,65 ± 0,27	8,41 ± 0,27	9,75 ± 0,36	9,11 ± 0,24

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспання та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

Хлопці зі зниженим слухом під час тестування продемонстрували наступні зміни електричної активності головного мозку: амплітуда бета-ритму у передніх зонах кори головного мозку зменшилася порівняно із станом спокійного неспання.

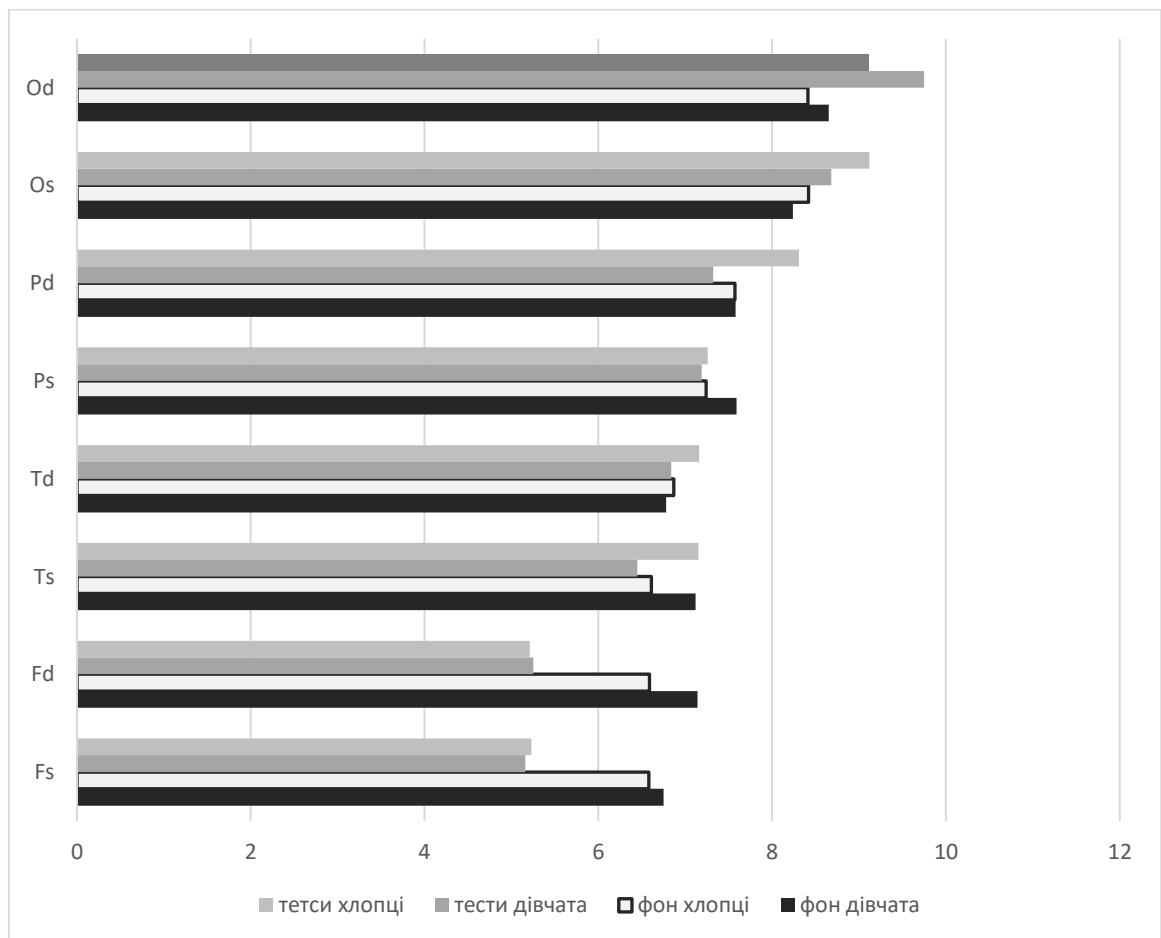


Рис 3.7 – Амплітуда альфа ритму на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом

У досліджуваних хлопців та дівчат з нормальним слухом спостерігалось, навпаки, збільшення амплітуди бета-ритму у передніх відділах кори головного мозку у відповідь на когнітивне навантаження (табл. 3.8, рис. 3.8).

Таблиця 3.8

**Амплітуда бета-діапазону на ЕЕГ у стані когнітивного навантаження порівняно з станом спокою на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом ( $M \pm m$ , ум. мкВ)**

Зона	Фонова ЕЕГ		Когнітивне навантаження	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	6,51 ± 0,25	6,27 ± 0,15	6,41 ± 0,29	6,37 ± 0,17
Fd	6,24 ± 0,14	6,37 ± 0,18	5,75 ± 0,28	6,34 ± 0,19
Ts	7,24 ± 0,21	7,15 ± 0,24	7,78 ± 0,27	6,57 ± 0,15
Td	7,45 ± 0,19	7,58 ± 0,45	7,61 ± 0,29	7,21 ± 0,16
Ps	7,87 ± 0,18	6,98 ± 0,21	7,31 ± 0,25	6,19 ± 0,15
Pd	7,86 ± 0,18	7,26 ± 0,14	7,57 ± 0,21	6,32 ± 0,19
Os	9,57 ± 0,19	8,47 ± 0,23	11,14 ± 0,12 *	8,47 ± 0,23
Od	9,49 ± 0,27	8,58 ± 0,41	11,02 ± 0,20 *	10,09 ± 0,38 *

Примітка:

\* - статистично достовірна різниця при порівнянні показників ЕЕГ стану спокійного неспання та ЕЕГ під час когнітивного навантаження, ( $p \leq 0,05$ ).

Таким чином, ми встановили, що у відповідь на когнітивне навантаження виникли такі перебудови електричної активності у групі підлітків зі зниженим слухом:

- амплітуда таких частотних складників як дельта- та альфа-ритми знизилася практично по всьому скальпу;
- амплітуда тета-ритму знизилася тільки у передніх зонах кори великих півкуль, а у групі хлопців зі зниженим слухом спостерігалось підвищення амплітуди у лівій окципітальній зоні кори головного мозку;

- у передніх зонах кори головного мозку спостерігалось зниження амплітуди бета ритму EEG.

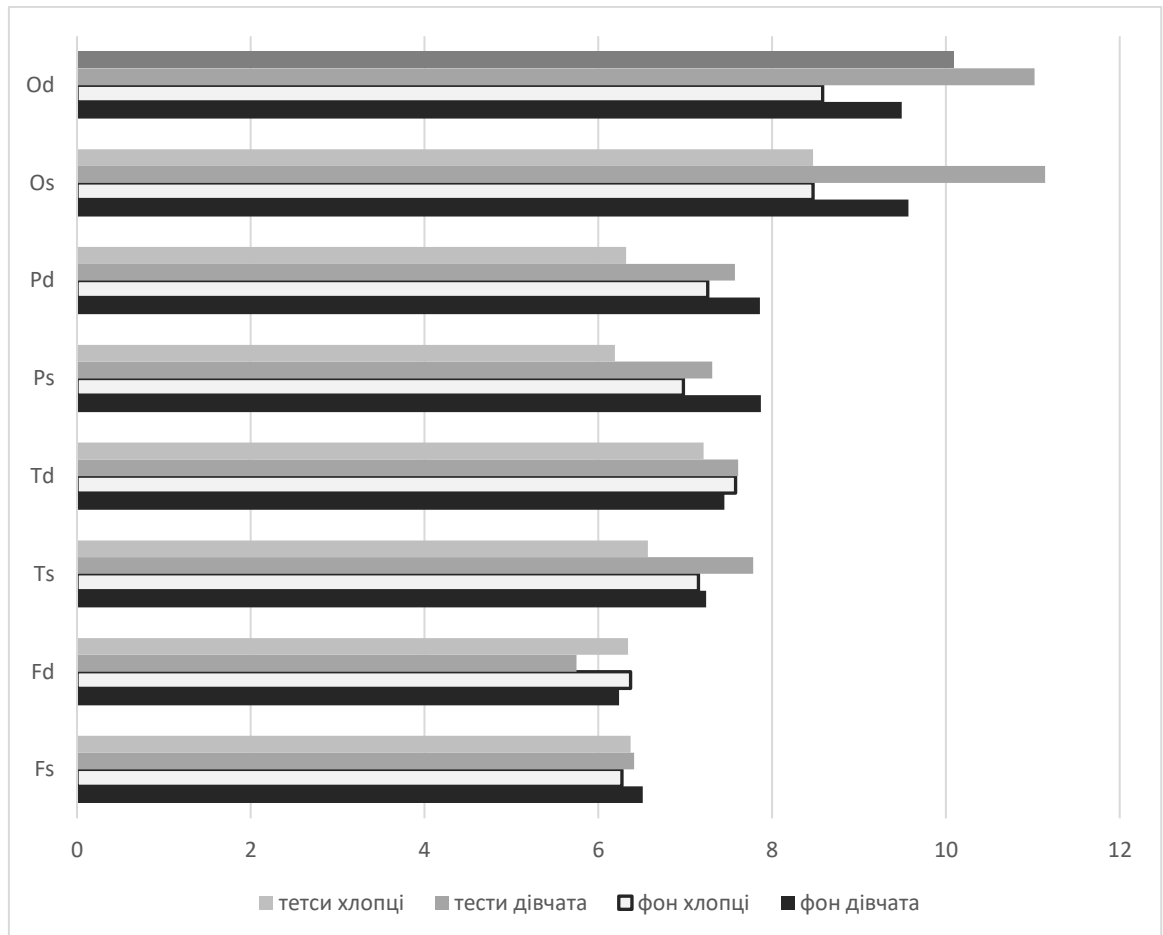


Рис 3.8 – Амплітуда альфа ритму на EEG підлітків з нормальним слухом

Хлопці та дівчата з нормальним слухом продемонстрували наступні зміни електричної активності головного мозку у відповідь на когнітивне навантаження порівняно зі станом спокійного неспання:

- збільшилася амплітуда дельта-ритму;
- амплітуда таких частотних складників EEG як тета- та альфа-ритм суттєво знизилася по всьому скальпу, при чому амплітуда альфа-ритму у задніх відведеннях зменшилася практично втричі, а зниження

амплітуди тета-ритму сягало статистичної значущості тільки на ЕЕГ дівчат з нормальним слухом;

- представленість хвиль бета-діапазону збільшилася у потиличних зонах кори головного мозку.

Численними дослідженнями показано, що під час вирішення логічних задач особами 12-15 років спостерігається суттєве падіння амплітуди та спектральної потужності альфа-ритму. Натомість, суттєво зростає вираженість низькочастотного компонента електричної активності кори головного мозку – тета- та дельта-ритми [16, 17, 23, 24].

Під час здійснення таких вищих психічних функцій як розумова діяльність та увага зростання амплітуди альфа-ритму (синхронізація) є відображенням злагодженої роботи між активуючими механізмами системи регуляції функціонального стану кори головного мозку. Локальне зниження амплітуди альфа-ритму (його десинхронізація або зниження синхронізації) забезпечує активацію відповідної ділянки кори головного мозку.

Існує наукова думка, що співвідношення між синхронізованими та десинхронізованими ділянками кори головного мозку відображує систему керування локальною активацією мозку для забезпечення його діяльності у різних умовах [17, 23].

Зниження синхронізації альфа-ритму на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом, що ми спостерігали як падіння амплітуди альфа-ритму, було не настільки інтенсивним, як на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом.

Тому ми припускаємо, що для адекватного становлення та роботи механізму керування локальною активацією головного мозку необхідний сенсорний притік на певному рівня. Зниження сенсорного притоку, яке притаманне для групи підлітків зі зниженим слухом, призводить до особливостей роботи системи керування локальною активацією зон кори головного мозку.

За даними ряду дослідників [16, 17, 23, 24], збільшення амплітуди та нормованої спектральної потужності високочастотних компонентів ЕЕГ (бета-ритм) під час здійснення розумової діяльності пов'язано із залученням більшого об'єму довільної уваги, яка необхідна на виконання розумової операції у певний момент.

У групі досліджуваних дівчат та хлопців з нормальним слухом ми спостерігали збільшення амплітуди бета-ритму у задніх відведеннях кори головного мозку, що співпадає з даними інших дослідників.

Підлітки зі зниженим слухом, навпаки, продемонстрували падіння амплітуди бета-ритму у задніх зонах кори головного мозку. На нашу думку, така зміна електричної активності головного мозку у відповідь на когнітивне навантаження приглухуватими підлітками може свідчити про недостатність об'єму довільної уваги, необхідної для здійснення розумових операцій, що виникає внаслідок обмеження слухового сенсорного притоку.

### **3.2. Обговорення отриманих результатів змін електричної активності підлітків з нормальним та зниженим слухом під час виконання тестів**

Нами було проведено порівняння та аналіз показників електричної активності головного мозку у групі підлітків зі зниженим слухом та нормальним слухом під час виконання ними тестових завдань у якості когнітивного навантаження.

Ми встановили, що у відповідь на когнітивне навантаження виникли такі перебудови електричної активності у групі підлітків зі зниженим слухом: амплітуда таких частотних складників як дельта- та альфа-ритми знизилася практично по всьому скальпу; амплітуда тета-ритму знизилася тільки у передніх зонах кори великих півкуль, а у групі хлопців зі зниженим слухом

спостерігалось підвищення амплітуди у лівій окципітальній зоні кори головного мозку; у передніх зонах кори головного мозку спостерігалось зменшення амплітуди бета ритму ЕЕГ.

Нами з'ясовано, що хлопці та дівчата з нормальним слухом продемонстрували наступні зміни електричної активності головного мозку у відповідь на когнітивне навантаження порівняно зі станом спокійного неспанья: збільшилася амплітуда дельта-ритму; амплітуда таких частотних складників ЕЕГ як тета- та альфа-ритм суттєво знизилася по всьому скальпу, при чому амплітуда альфа-ритму у задніх відведеннях зменшилася практично втричі, а зниження амплітуди тета-ритму сягало статистичної значущості тільки на ЕЕГ дівчат з нормальним слухом; представленість хвиль бета-діапазону збільшилася у потиличних зонах кори головного мозку.

За даними багатьох науковців показано, що під час вирішення логічних задач особами 12-15 років спостерігається суттєве падіння амплітуди та спектральної потужності альфа-ритму. Навпаки, суттєво зростає вираженість низькочастотного компонента електричної активності кори головного мозку – тета- та дельта-ритми [16, 17, 23, 24].

Під час здійснення людиною таких вищих психічних функцій як розумова діяльність та увага збільшення інтенсивності електрогенезу альфа-ритму (синхронізація) є відображенням взаємопов'язаної роботи між активуючими механізмами системи регуляції функціонального стану кори головного мозку. Локальне зниження амплітуди альфа-ритму (його десинхронізація або зниження синхронізації) забезпечує активацію відповідної ділянки кори головного мозку.

Дослідника електричної активності головного мозку встановлено, що співвідношення між синхронізованими та десинхронізованими ділянками кори головного мозку відображує систему керування локальною активацією мозку для забезпечення його діяльності у різних умовах [16, 17, 23, 24].



Зниження синхронізації альфа-ритму на ЕЕГ підлітків зі зниженим слухом, що ми спостерігали як падіння амплітуди альфа-ритму, було не настільки інтенсивним, як на ЕЕГ підлітків з нормальним слухом. Тому ми припускаємо, що для адекватного становлення та роботи механізму керування локальною активацією головного мозку необхідний сенсорний притік на певному рівні. Зниження сенсорного притоку, яке притаманне для групи підлітків зі зниженим слухом, призводить до особливостей роботи системи керування локальною активацією зон кори головного мозку.

За деякими науковими роботами [16, 17, 23, 24], збільшення амплітуди та нормованої спектральної потужності високочастотних компонентів ЕЕГ (бета-ритм) під час здійснення розумової діяльності пов'язано із залученням більшого об'єму довільної уваги, яка необхідна на виконання розумової операції у певний момент.

У групі досліджуваних дівчат та хлопців з нормальним слухом ми спостерігали збільшення амплітуди бета-ритму у задніх відведеннях кори головного мозку, що співпадає з даними інших дослідників. Підлітки зі зниженим слухом, навпаки, продемонстрували падіння амплітуди бета-ритму у задніх зонах кори головного мозку.

На нашу думку, така зміна електричної активності головного мозку у відповідь на когнітивне навантаження приглухуватими підлітками може свідчити про недостатність об'єму довільної уваги, необхідної для здійснення розумових операцій, що виникає внаслідок обмеження слухового сенсорного притоку.

Дослідженнями електричної активності головного мозку підлітків зі зниженим слухом у роботі [50-52] було встановлено, що у стані спокійного неспання та під час функціональних навантажень спостерігалось порушення вибіркової активації коркових зон, недостатність систем активації головного мозку, порушення генераторних механізмів альфа-ритму, та підсилення синхронізуючих впливів стовбура головного мозку на кору.

Вивчення електричної активності головного мозку хлопців та дівчат зі зниженим слухом демонструє порушення механізмів локальної активації зон кори головного мозку, комбіноване з недостатнім об'ємом довільної уваги, що необхідно для здійснення розумової діяльності, пов'язані з обмеженням сенсорного притоку. Ці дані підтверджують отримані раніше результати про недостатні механізми коркової активації у осіб зі зниженим слухом.

## ВИСНОВОК

1. Ми встановили, що у відповідь на когнітивне навантаження виникли такі перебудови електричної активності у групі підлітків зі зниженим слухом: амплітуда таких частотних складників як дельта- та альфа-ритми знизилася практично по всьому скальпу; амплітуда тета-ритму знизилася тільки у передніх зонах кори великих півкуль, а у групі хлопців зі зниженим слухом спостерігалось підвищення амплітуди у лівій окципітальній зоні кори головного мозку; у передніх зонах кори головного мозку спостерігалось зняження амплітуди бета ритму ЕЕГ.
2. Нами з'ясовано, що хлопці та дівчата з нормальним слухом продемонстрували наступні зміни електричної активності головного мозку у відповідь на когнітивне навантаження порівняно зі станом спокійного неспання: збільшилася амплітуда дельта-ритму; амплітуда таких частотних складників ЕЕГ як тета- та альфа-ритм суттєво знизилася по всьому скальпу, при чому амплітуда альфа-ритму у задніх відведеннях зменшилася практично втричі, а зняження амплітуди тета-ритму сягало статистичної значущості тільки на ЕЕГ дівчат з нормальним слухом; представленість хвиль бета-діапазону збільшилася у потиличних зонах кори головного мозку.
3. Встановлено, що у підлітків зі зниженим слухом внаслідок зняження слухового сенсорного потоку відбувалися зміни у системі керування локальною активацією мозку, про що свідчить недостатнє зменшення амплітуди альфа-ритму на ЕЕГ приглухуватих підлітків під час когнітивного навантаження порівняно з однолітками з нормальним слухом.

4. Виявлено недостатній об'єм довільної уваги, необхідний для здійснення розумової діяльності у підлітків зі зниженим слухом, яка необхідна для здійснення розумових операцій, на що вказує зменшення амплітуди бета-ритму на ЕЕГ під час виконання тестів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Gerendai I. Asymmetry of the neuroendocrine system / Gerendai I., Halasz B. // *News Physiol. Sci.* – 2001. – Vol.16. – P .92-95.
2. Kette Dualibi R. Valente. Psychogenic nonepileptic seizures in children and adolescents with epilepsy / Kette Dualibi R. Valente // *Neuropsychiatry Clin Neurosci.* – 2007. – Vol. 4, suppl 1. – P. 10 – 14.
3. Kette Dualibi R. Valente. Psychogenic nonepileptic seizures in children and adolescents with epilepsy / Kette Dualibi R. Valente // *Neuropsychiatry Clin Neurosci.* – 2007. – Vol. 4, suppl 1. – P. 10 – 14.
4. Rao S.M. The evolution of brain activation during temporal processing / Rao S.M., Mayer A.R., Harrington D.L. // *Nature Neuroscience.* – 2001. – v. 4, № 3. – P. 317-323.
5. Shichijo F. Acute effects of alcohol drinking on the EEG / Shichijo F., Nagahiro S., Kubo S., Takimoto O. // *Brain Topogr.* – 2000. – v. 3. – P. 315.
6. Shichijo F. Acute effects of alcohol drinking on the EEG / Shichijo F., Nagahiro S., Kubo S., Takimoto O. // *Brain Topogr.* – 2000. – v. 3. – P. 315.
7. Suffczynski P. Computational model of thalamocortical networks: dynamical control of alpha rhythms in relation to focal attention / Suffczynski P. et al. // *Int. J. Psychophysiol.* – 2001. –Vol. 43, no. 1. – P. 25-40.
8. Suffczynski P. Computational model of thalamocortical networks: dynamical control of alpha rhythms in relation to focal attention / Suffczynski P. et al. // *Int. J. Psychophysiol.* – 2001. –Vol. 43, no. 1. – P. 25-40.
9. Uusberg A. EEG alpha and cortical inhibition in affective attention. / Uusberg A. // *International Journal of Psychophysiology.* – 2013. – Vol. 89, no. 1. – P. 26—36.
10. Verstraeten E. Attentional switching-related human EEG alpha oscillations / Verstraeten E., Cluydts R. // *Neuroreport.* – 2002. – v. 13. – P. 681-684.

11. Verstraeten E. Attentional switching-related human EEG alpha oscillations / Verstraeten E., Cluydts R. // *Neuroreport*. – 2002. – v. 13. – P. 681-684.
12. Walter W.I. The central effects of rhythmic sensory stimulation / Walter W.I., Walter W.G // *EEG and Clin. Neurophysiol.* – 1949. – V. 1, № 1. – P. 57 – 86.
13. Wingeier B.M. Coherence and alpha band topography using high-resolution EEG techniques / Wingeier B.M., Nunez P.L., Silberstein R.B. // *Brain Topog.* – 1999. – v. 12. – P. 319.
14. Виготський, Л. С. Мышление и речь. Психологические исследования [Текст] / Л. С. Выготский. – М.: Лабиринт, 1999. – 352 с.
15. Гальперин, П. Я. Психология мышления и учение о поэтапном формировании умственных действий. Исследование мышления и советской психологии [Текст] / П. Я. Гальперин. – М.: Наука, 1966. – 236 с.
16. Гилёва О.Б. Особенности электроэнцефалограммы при решении задач на пространственное вращение и академическую успеваемость школьников 12-13 лет/ Гилёва О.Б. // *Современные проблемы науки и образования*. – 2011. - № 6 – С. 86-91.
17. Гилёва О.Б. Особенности электроэнцефалограммы при решении задач на пространственное вращение и академическую успеваемость школьников 12-13 лет/ Гилёва О.Б. // *Современные проблемы науки и образования*. – 2011. - № 6 – С. 86-91.
18. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография (картирование и локализация источников электрической активности мозга) / Гнездицкий В.В. – М.: МЕДпресс-информ, 2004. – 624 с.
19. Головченко І.В. Просторова організація кореляційних зв'язків між амплітудами основних ритмів ЕЕГ у дітей в нормі та при центральних

- порушеннях рухової активності / І.В. Головченко, М.І. Гайдай // *Нейрофізіологія*. – Т.47 (6). – 2015. – С.539-551.
- 20.Гриндель О.М. Изменения ЭЭГ в раннем послеоперационном периоде удаления опухолей базально-диэнцефальной локализации / Гриндель О.М., Воронина И.А., Скорятин И.Г., Шкарубо А.Н. // *Физиология человека*. – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 39 – 45.
- 21.Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга (курс лекций) / Гусельников В.И. – М.: «Высшая школа», 1976. – 422 с.
- 22.Журавский С. Хроническая сенсоневральная тугоухость / Журавский С. // *Врач*. 2006. – № 6. – С. 57 – 60.
- 23.Залата О.А. Особенности партерна текущей ЭЭГ у здоровых детей и детей с нарушениями психического развития / Залата О.А., Зинченко С.А., Трибрат А.Г., Евстафьева Е.В., Хрипунова Л.Д. // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2012 – Т.15, № 3, ч. 2 (59). – С 100-104.
- 24.Залата О.А. Особенности партерна текущей ЭЭГ у здоровых детей и детей с нарушениями психического развития / Залата О.А., Зинченко С.А., Трибрат А.Г., Евстафьева Е.В., Хрипунова Л.Д. // *Таврический медико-биологический вестник*. – 2012 – Т.15, № 3, ч. 2 (59). – С 100-104
- 25.Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): [руководство для врачей] / Л.Р.Зенков– 3-е изд. – М.: МЕДпрессинформ, 2004. – 368с.
- 26.Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): [руководство для врачей] / Л.Р.Зенков– 3-е изд. – М.: МЕДпрессинформ, 2004. – 368с.
- 27.Каряка І.В. Психологічні особливості прояву установки в процесі мисленнєвої діяльності особистості / І.В.Каряка // *Scientific Journal «ScienceRice»*. - №4 \ 1 (21). – 2016. – С. 30-32

- 28.Коваленко А.В. Психологія розуміння творчих задач / Коваленко А.В. - К.: Либідь, 1994.
- 29.Кучеренко Г.В. Развитие силовых качеств глухих подростков у процессе физического воспитания: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.03 «Коррекционная педагогика» / Кучеренко Геннадій Васильович, Одеса. - 2007. – 20с.
- 30.Мачинская Р.И. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение II. анализ когерентности альфа-ритма ЭЭГ / Мачинская Р.И., Соколова Л.С., Крупская Е.В. // Физиология человека. – 2007. – Т.33, №2. – С.5 –15.
- 31.Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста / Мачинская Р.И. // Физиология человека. – 2006. – Т.32, №1. – С.26 – 36.
- 32.Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста / Мачинская Р.И. // Физиология человека. – 2006. – Т.32, №1. – С.26 – 36.
- 33.Моренко А.Г. Вікові і статеві особливості електричної активності головного мозку при його стимуляції подразниками різної модальності: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.13 "Фізіологія людини і тварин" / Моренко Алевтина Григорівна – К., 1999. – 20с.
- 34.Новикова Л.А. Нейросенсорные нарушения слуха у детей (электрофизиологическое исследование) / Новикова Л.А., Рыбалко В.А. – М.: Педагогика, 1987. – 127 с.



- 35.Пахалюк О.Ю. Когерентність хвиль альфа-діапазону та його піддіапазонів у осіб жіночої та чоловічої статі за умов мислительної діяльності / Пахалюк О.Ю. // Вісник донецького національного університету. Серія А: Природничі науки. – 2009. – № 1. – С. 399 – 403.
- 36.Поручинський А.І. Вікові особливості електричної активності мозку в тета-діапазоні ЕЕГ школярів з різним рівнем функціональної рухливості нервових процесів / Поручинський А.І., Желамська Н.О. // Вісник донецького національного університету. Серія А: Природничі науки. – 2008. – № 2. – С. 395 – 398.
- 37.Римар В.В. Патогенез сенсоневральной тугоухости / Римар В.В. // Журнал ушных, носовых и горловых болезней. - 2000. № 3. – С. 75-83.
- 38.Рожкова Л.А. Спектральная мощность ЭЭГ детей младшего школьного возраста с перинатальной патологией ЦНС / Рожкова Л.А. // Физиология человека. – 2008. – Т.34, №1. – С.28-38
- 39.Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии [Текст] / С. Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер, 2012. – 713 с.
- 40.Санникова О.П. Феноменология личности: Избранные психологические труды / О.П. Санникова. – Одесса: СМІЛ, 2003. – 256 с.
- 41.Сороко С.И. «ЭЭГ-маркеры» нарушения системной деятельности мозга при гипоксии / Сороко С.И., Бекшаев С.С., Рожков В.П. // Физиология человека. – 2007. – Т.33, № 5. – С. 39 – 53.
- 42.Теплов, Б. М. Психологические вопросы художественного воспитания [Текст] / Б. М. Теплов // Известия АПН РСФСР. Вопросы художественного воспитания. – М.: Просвещение, 1947. – Вып. 11. – С. 16–17.
- 43.Узнадзе, Д. Н. Психологічні дослідження [Текст] / Д. Н. Узнадзе. – М., 1966. – С. 149.
- 44.Уолтер Г. Живой мозг / Уолтер Грей. М., 1996

45. Фарбер Д.А. Функциональная организация развивающегося мозга. Возрастные особенности и некоторые закономерности / Фарбер Д.А., Дубровинская Н.В. // Физиология человека. - 1991. - Т. 17, № 5. - С. 17-27.
46. Фишман М.Н. Интегративная деятельность мозга в норме и патологии / Фишман М.Н. – М.: Педагогика, 1989. – 143с.
47. Фишман М.Н. Функциональное состояние головного мозга детей с нарушениями слуха и трудностями формирования речевого обучения / Фишман М.Н. // Дефектология, 2003. - №1 – С. 3-8.
48. Фишман М.Н. Электрофизиологический анализ функционального состояния мозга детей с трудностями в обучении / Фишман М.Н. // Дефектология, 1999. – С. 19-24.
49. Фишман М.Н. Электрофизиологический анализ функциональной организации мозга детей со сложной структурой дефекта / Фишман М.Н. // Дефектология, 2005. – №3. – С. 13-18.
50. Шкуропат А. В. Зміни інтенсивності електрогенезу ритмів ЕЕГ приглухуватих підлітків під час вирішення логічних задач // Природничий альманах. Сер.: Біологічні науки. – 2015. – №. 22. – С. 105-114.
51. Шкуропат А. В. Когерентный анализ ЭЭГ тугоухих подростков // Нейрофизиология. – 2010. – 42(3). – 263-274.
52. Шкуропат А.В. Біоелектрична активність та кровообіг головного мозку приглухуватих підлітків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.13 „Фізіологія людини і тварин” / Шкуропат Анастасія Вікторівна – Херсон, 2011. – 19 с.
53. Щекутьев Г.А. Нейрофизиологические исследования в клинике / Щекутьев Г.А. – М.: Антидор, 2001. – 236 с.