

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

**РЕАКЦІЯ АКТИВАЦІЇ:  
ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНІ КОРЕЛЯТИ ТА  
ОСОБЛИВОСТІ ДИНАМІКИ В ОНТОГЕНЕЗИ**

Кваліфікаційна робота (проект)

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконала: студентка 411 групи

Спеціальності: 091 Біологія

Освітньо-професійної програми «Біологія»

Ванцовська Марія Олександрівна

Керівник: к.б.н., доц. Шкуропат А.В.,

Рецензент: к.геогр.н., доц. Давидов О.В.

Херсон - 2020

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	<b>3</b>
<b>РОЗДІЛ 1. Електрична активність головного мозку як відображення його вікової еволюції</b>	<b>7</b>
1.1 Електроенцефалографія як метод обстеження функціонального стану головного мозку	7
1.2 Вікові особливості електроенцефалографії	9
1.3 Особливості реакції активації у онтогенезі	14
<b>РОЗДІЛ 2. Контингент та методи дослідження</b>	<b>18</b>
2.1 Організація дослідження	18
2.2 Реєстрація електричної активності головного мозку підлітків	20
<b>РОЗДІЛ 3. Дослідження реакції активації в онтогенезі</b>	<b>25</b>
3.1. Отримані результати дослідження	25
3.2. Обговорення отриманих результатів	27
<b>ВИСНОВКИ</b>	
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	

## ВСТУП

Електроенцефалографія є неінвазивним методом дослідження функціонального стану головного мозку, що дозволяє оцінити координаційні взаємодії між окремими відділами головного мозку. За допомогою електроенцефалографії стає можливим дослідження головного мозку в умовах норми та патології. Окремі відділи головного мозку вносять свій вклад у формуванні біопотенціалів суммарної кривої електроенцефалограми [5, 12, 36].

За допомогою електроенцефалографії можливо виявити невідповідність ступеня зрілості структур головного мозку та вікової норми, наявність епілептичних розладів, розладів тривожного та невротичного спектрів, наявність органічної патології центральної нервової системи тощо [14].

Електроенцефалограма є відображенням роботи цілого мозку, в кривій біопотенціалів головного мозку при патологічних процесах буде реєструватися патологічні форми електричної активності. При цьому легкість проведення електроенцефалограми, не громоздкість обладнання дозволяє використовувати її як скринінговий метод для виявлення патології головного мозку у великої кількості населення [41, 16].

Особливості функціонального стану головного мозку, особливості у кірково-підкоркових взаємодіях важко дослідити, вивчаючи тільки електричну активність головного мозку під час стану спокійного неспання. Дослідження особливостей біопотенціалів головного мозку в умовах функціональних навантажень дозволяє оцінити тонкі взаємовідносини між окремими структурами та відділами головного мозку [26].

У якості функціональних навантажень використовують пробу з відкриванням очей, реакцію нав'язування ритму (фото-, фоностимуляцію), гіпервентиляцію та депривацію сну [9].

Дослідження багатьох вчених свідчать, що дозрівання та вікова еволюція окремих відділів головного мозку відбувається неодноразово для всього мозку, а кожний відділ досягає дефінітивної морфології у різні вікові періоди [18, 24, 28, 34].

Наявність патологічної активності може вказувати як на наявність органічної патології головного мозку, так і на невідповідність віковим нормам, зміни у функціонуванні головного мозку, такі як, наприклад, невротичні стани [16].

Використання функціональних навантажень, таких як відкривання очей (реакція активації), дозволяє підсилити патологічні зв'язки, які можуть існувати у стані спокійного неспання та бути не досить виразними на фоновій електроенцефалограмі [6].

Під час проведення реакції активації стає можливим виявити особливості активуючих впливів ретикулярної формації середнього мозку на кору півкуль головного мозку, здатність нейронів відповідати на активуючі впливи неспецифічних систем головного мозку, тобто ступінь зрілості кіркових нейронів [3].

У підлітковому віці відбувається закінчення формування структур головного мозку, відбувається закінчення диференціювання пірамідних нейронів, збільшується вміст волокнистих структур у корі головного мозку. Проте, у підлітковому віці окрім закінчення морфогенезу відділів головного мозку відбувається суттєві ендокринні перебудови у організмі. У зв'язку з цим збільшується активність гіпоталамо-гіпофізарної системи, що не може не вносити свій вклад у формування електроенцефалограми [17, 28].

Підлітковий період є дуже вразливий для розвитку різноманітних розладів невротичного та тривожного спектру, оскільки у цей період формується невідповідність між сприйняттям підлітка себе як дорослу людину та несприйняття його таким у суспільстві. Для підлітків характерна сильна залежність від думку однолітків, демонстративна поведінка [18].

У підлітковому віці створюються умови для розвитку невротичних станів. Дослідження особливостей функціонально стану головного мозку підлітків, особливо реакції активації у цей період є важливим для виявлення зрушень у координаційних процесах між відділами головного мозку.

Отже, **мета нашого дослідження** – дослідити особливості реакції активації на електроенцефалограмі підлітків.

**Об’єкт дослідження** – електрична активність головного мозку підлітків.

**Предмет дослідження** – особливості електричної активності під час реакції активації головного мозку підлітків.

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

1. Проаналізувати літературні джерела стосовно методів функціонального дослідження головного мозку;
2. Проаналізувати відомі літературні джерела стосовно особливостей електричної активності головного мозку та реакції активації у підлітковому віці;
3. З’ясувати основні онтогенетичні зміни реакції активації у нормі та під час невідповідності віковій нормі;
4. З’ясувати особливості реакції активації на електроенцефалограмі хлопців та дівчат підліткового віку.

**Практичне значення:** результати дослідження використовуються під час викладання таких курсів як «Фізіологія вищої нервової діяльності», «Психофізіологія», «Фізіологія людини і тварин», «Вікова фізіологія та шкільна гігієна», «Здоров’язберігаючі технології», «Методика навчання основ здоров’я», «Гігієна дітей та підлітків». Отримані результати можна використовувати для створення корекційних вправ для роботи з підлітками з тривожними та невротичними станами.

**Структура роботи:** робота складається зі вступу, 3 розділів (огляд літературних джерел, методики та контингенту дослідження та результатів дослідження та їх обговорення), висновків та списку використаних джерел.

**Апробація:** Шкуропат А.В. Реакція активації: електрофізіологічні кореляти та особливості динаміки в онтогенезі / Шкуропат А., Ванцовська М. // X Міжнародна науково-практична конференція “MODERN APPROACHES TO THE INTRODUCTION OF SCIENCE INTO PRACTICE”, 30-31 березня 2020 р., Сан-Франциско, США. – С 457-460.

# РОЗДІЛ 1

## ЕЛЕКТРИЧНА АКТИВНІСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗКУ ЯК ВІДОБРАЖЕННЯ ЙОГО ВІКОВОЇ ЕВОЛЮЦІЇ

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

Електроенцефалограма – це метод дослідження головного мозку, що дозволяє з'ясувати особливості його функціонального стану у онтогенезу під час нормального розвитку головного мозку та в умовах патології.

Електроенцефалограма представляє собою криву, що складається із багатьох накладених одна на одну хвиль повільних коливань біопотенціалів головного мозку. Візуально ЕЕГ має вигляд складної кривої, у якій можна виокремити хвилі різних діапазонів. За допомогою комп'ютерних методів аналізу можна виокремити окремі частотні складники, що складають криву ЕЕГ. Для клінічного аналізу ЕЕГ мають значення чотири спектральних частотних складники [19, 22, 35]:

- Дельта-ритм, частотний діапазон 2 – 4 Гц;
- Тета-ритм, частотний діапазон 4 – 7 Гц;
- Альфа-ритм, частотний діапазон 8 – 13 Гц;
- Бета-ритм, частотний діапазон 14-35 Гц.

Вклад кожної структури головного мозку у формування суммарної електричної активності не рівномірний. Так, на рівні середнього мозку та преоптичних ядер кінцевого мозку ретикулярна формація формує висхідну активуючу систему головного мозку, при збудженні якої спостерігається десинхронізація ритмів ЕЕГ, зниження їх амплітуди та роботи нейронів кори у більш автономному режимі. Навпаки, ядра ретикулярної формації, що лежать у мості та довгастому мозку, чинять гальмівні впливи на кору

головного мозку, що виявляються у синхронізації електричної активності, тобто росту амплітуди ЕЕГ [37].

Сьогодні прийнята концепція формування ЕЕГ як результату статистичного відображення сумарної активності багатьох нейронів. Окремі групи нейронів вважаються ритмоутворюючими. Першим ритмоутворюючим компонентом є кора головного мозку, другий – це підкіркові структури, найбільший вплив серед яких має таламус, третім ритмоутворюючим компонентом виступає ретикулярна формація стовбуру головного мозку.

При цьому ретикулярна формація, на відмінно від двох інших ритмоутворюючих компонентів чинить модулюючий вплив на роботу головного мозку, посиляючи або синхронізуючі впливи, або де синхронізуючі. Таким чином створюються адекватні умови для здійснення роботи вище розташованих відділів головного мозку [20].

Для дорослої людини характерно формування ведучого ритму у діапазоні альфа-ритму (8-13Гц). Альфа-ритм має зональні відмінності у розподілі по скальпу. Максимальну амплітуду він має у потиличних зонах кори головного мозку. Амплітуда поступово спадає та має найменшу амплітуду у лобових локусах головного мозку.

Такий лобно-потилічний градієнт пов'язаний із кореляцією альфа-ритму та діяльністю зорового аналізатора. Окрім того, неспівпадіння модуляцій альфа-ритму у лобових та потиличних зонах кори головного мозку свідчить про існування різних генераторів альфа-ритму [4].

Під час посилені уваги, появі зорових стимулів, виконанні когнітивних завдань відмічається суттєве зменшення амплітуди альфа-ритму. Це носить назву реакція активація або arousal-реакція. Така десинхронізація альфа-ритму притаманна 95% дорослих здорових людей. При виникненні зовнішнього подразника раптово на фоні спокійного неспання ця реакція добре виражена та носить короткочасний характер.



## 1.2 Вікові особливості електроенцефалографії

Електрична активність головного мозку здорової людини у типовому випадку буде обумовлена тим віковим періодом, у якому знаходиться людина. Відповідно, кожний віковий період буде мати риси електричної активності, що притаманні саме йому.

Вперше вікову динаміку основного ритму спостерігав Ліндслі Д. у 1938 році. У своєму дослідженні він показав, що від періоду новонародженості до зрілості спостерігалось збільшення частоти домінуючого ритму з одночасним зниженням амплітуди [25, 39].

Найбільш суттєві зміни відбуваються на етапі ранніх періодів онтогенезу, що пов'язано з найбільшими перебудовами головного мозку, морфогенетичними процесами та встановленням функціональних співвідношень у ранніх вікових періодах.

У період новонародженості ритмічна організована електрична активність головного мозку не виражена, замість неї електрична активність представлена нерегулярними поліморфними повільними хвилями, амплітуда яких не перевищує 20 мкВ. Ці хвилі відносяться до дельта-діапазону, не мають чіткої зональної розмежованості та симетричності [7, 23, 40]. У центральних та тім'яно-скроневих локусах кори великих півкуль можлива епізодична поява нерегулярних високоамплітудних хвиль альфа-діапазону.

Протягом наступних 1 – 2,5 місяців біопотенціали головного мозку збільшують свою амплітуду та частоту. Так, у потиличних та центральних локусах головного мозку починає реєструватися хвилі з амплітудою до 50 мкВ та частотою 5-6 Гц. Дельта-хвилі, які є ще переважаючими на електроенцефалограмі, набувають білатерально-синхронної організації.

У 3-місячному віці на електроенцефалограмі починає реєструватися мю-ритм. Він має частоту від 6 до 10 Гц та середню амплітуду – 20-50 мкВ.

Асиметрія між півкулями головного мозку мю-ритму у цей віковий період виражена помірно [43].

У 3-4 місяці електроенцефалографія все ще залишається нестабільною, проте у потиличних локусах півкуль кори головного мозку починає візуалізуватися ритм, що має частоту 4 Гц, та якому притаманна реакція на відкривання очей (реакція активації).

У 4 місяці на електроенцефалограмі дітей продовжують реєструватися дифузні тета- та дельта-хвилі, проте у потиличних та центральних локусах кори головного мозку починає реєструватися електрична активність, що має регулярний характер та частоту 6-8 Гц.

У піврічному віді серед біопотенціалів головного мозку починають переважати ритм з частотою 5-6 Гц.

У 8 місяців середня частота домінуючого ритму біопотенціалів головного мозку складає 6,25 Гц [7] та зростає до 11-місячного віку та складає 6,75 Гц. Частота мю-ритму також продовжує наростати та у 10-12-місячному віці складає 8 Гц [2, 28, 33].

У віці 1 рік у всіх локусах головного мозку починає реєструватися онтогенетичний варіант альфа-ритму – альфа-активність. Форма хвиль альфа-активності – синусоїдальна, частота – 5-7 Гц. Серед синусоїдальної альфа-активності зустрічається окремі дифузні дельта-хвилі та хвилі швидкого діапазону. Альфа-активність у цей віковий період нестабільна, загальний час запису альфа-активності від повного запису електричної активності складає не більше 17-20%. Преважають повільні коливання: час запису тета-ритму складає 22-38%, дельта-ритму – 46-61% від загального часу запису електричної активності. При цьому один ритм може накладатися на інший. Амплітуда дельта-ритму складає 50-100 мкВ, альфа-активності складає від 50 до 120 мкВ, тета-ритму – до 110 мкВ [1].

У віці 2-х років альфа-активність починає носити виражену зональність ритму: його амплітуда падає у напрямку до передньої відділів головного мозку. У всіх локусах кори півкуль головного мозку починають реєструватися бета-хвиля, частота яких складає 18-25 Гц. Співвідношення між часом, який реєструється той чи інший ритм, зберігається таким самим, як і у 1-річному віці. Хвилі альфа-активності сягають частоти 6-8 Гц та чередуються із групами низькочастотних високоамплітудних хвиль. У тім'яно-потиличних локусах кори великих півкуль починають реєструватися поліфазні комплекси: вони представляють собою альфа-хвилю та наступну повільну хвилю, що йде відразу за альфа-хвилею. Такі поліфазні комплекси реєструються з вираженою півкулевою асиметрією, частковою асиметрією чи білатерально-синхронно [21].

У 3-4-річному віці починає домінувати на електроенцефалограмі біопотенціали тета-діапазону, час реєстрації якого складає 23-34% від загального часу реєстрації електричної активності. Час реєстрації дельта-ритму від загального часу реєстрації електричної активності суттєво знижується та складає 30-45% порівняно з більш ранніми віковими періодами. Час реєстрації альфа-активності у цьому віці починає складати 22-33%. Альфа-активність преволує у потиличних локусах кори головного мозку, проте продовжують реєструватися високоамплітудні низькочастотні хвилі у значній кількості. Частота альфа-активності має діапазон коливань від 7 до 9 Гц, хвилі можуть набувати загостреної форми. Частота тета-ритму у цьому віці також стає більшою [8].

Також, на фоні основної електричної активності реєструються білатерально-симетричні спалахи високої амплітуди, що будуть реєструватися впритул до підліткового віку. Таку активність нерідко пов'язують із підвищеною активністю структур стовбуру головного мозку.

Для дітей 5-6 років характерно збільшення організації основного ритму. Змінюються співвідношення між показниками часу реєстрації окремих ритмічних складників до загального часу реєстрації електричної активності. Так, час реєстрації альфа-ритму зростає у цій віковій групі до 27%, час реєстрації тета-ритму складає 25-35%, а показники часу реєстрації дельта-ритму знижуються та складають 24-37%. Частота альфа-ритму зростає та складає у дітей данного вікового періода 7-10,2 Гц, що властиве у для дорослих [11].

Проте, на відміну електричної активності дорослих, для електричної активності дітей 5-6 років характерна наявність дифузних повільних хвиль, амплітуда яких не більше амплітуди альфа-активності, що реєструється.

Для дітей віком 7-9 років характерно переважання альфа- та тета-ритмів. Час запису ритму у дельта-діапазоні не перевищує 35% від загального часу запису електричної активності головного мозку. Переважає за часом запису альфа-ритм – 35-55% від загального часу запису електричної активності головного мозку. Час запису тета-ритму складає всього 15-45%. Представленість альфа-ритму характерна для всіх локусів кори півкуль головного мозку [27, 29, 34].

Для дельта-ритму характерно реєстрація дифузно в усіх локусах кори головного мозку, проте найбільш вираженими є коливання у лобно-скроневих локусах. Частота бета-ритму складає 15-35 Гц, амплітуда не перевищує 20 мкВ. Альфа-ритм у цьому віці має частоту 9-10 Гц, а амплітуда рідко перевищує 70-110 мкВ. Повільні хвилі наявні у задніх відведеннях, проте їх амплітуда не повинна перевищувати амплітуду альфа-хвиль [17].

У дітей 9-ти років починають з'являтися модуляції альфа-ритму, що наявні у потиличних локусах кори півкуль головного мозку.

Для дітей передпубертатного віку (10-12 років) характерне дефінітивне дозрівання альфа-ритму. Час запису альфа-ритму переважає за час інших ритмів від загального часу запису електричної активності та складає 45-60%. Загалом, альфа-ритм організований та добре виражений, домінує над усіма ритмами. Частота альфа-ритму складає 9-11 Гц, максимально виражена амплітуда у потиличних локусах кори головного мозку та мінімальна – у лобових, тобто спостерігається зростаючий лобово-потилічний градієнт ритму, що притаманно для електроенцефалограми дорослої людини. У задніх відведеннях кори головного мозку альфа-хвилі збираються у модуляції [42].

На записі електроенцефалограми дітей цього періоду характерні поодинокі тета-хвиля, амплітуда яких не перевищує загальну амплітуду домінуючого ритму. Також у препубертатному періоді характерна появи у лобових відведеннях хвиль бета-діапазону у частотному спекторі електроенцефалограми. Появи поліморфних білатерально-симетричних чи асиметричних поліморфних спалахів у цьому віці буде вказувати на наявність патології центральної нервової системи.

Численними дослідженнями показано, що частота базового ритму електроенцефалограми досягає «дорослого» типу у підлітковому віці (з 12 до 15 років).

За гістологічними дослідженнями кори головного мозку дітей 12-15 років Фарбер А. було показано, що кількість перехідних форм нейронів суттєво зменшується у цей віковий період порівняно з більш ранніми віковими періодами та збільшується кількість дефінітивно диференційованих кіркових нейронів. Також спостерігається удосконалення організації кіркових нейронів у вигляді ансамблів і, відповідно, тонких взаємовідносин між ними [10].

Для електроенцефалограми підлітків (12-15 років) характерно домінування альфа-ритму та превалювання його у всіх локусах головного

мозку. Проте, процеси формування електричної активності ще не заверчені. Частота альфа-ритму у цей віковий період складає 10-10,5 Гц. Альфа-ритм є стабільним у потиличних локусах кори великих півкуль головного мозку, проте у тім'яних та центральних локусах з'являється його певна нестабільність, з'являються повільні хвилі, що, очевидно, пов'язано із активністю гіпоталамо-гіпофізарної системи.

З'являються модуляції альфа-ритму не тільки у задніх відведеннях, а і у передніх, що відображує налаштування різних ділянок кори головного мозку у онтогенезі. Поступово відбувається зниження амплітуди домінуючого ритму, наближаючись до таких показників дорослих людей. Відбувається поступове зменшення кількості поліфазних коливань, які повністю щезають з електроенцефалограми після 15 років. Низькочастотні ритми з синусоїдальною формою хвиль перестають реєструватися [13].

Остаточного дефінітивного вигляду електрична активність головного мозку набуває у віці 18-22 років.

Таким чином, у онтогенезі відбувається поступове збільшення частоти базового ритму, зменшення представленості хвиль низькочастотних діапазонів, зникнення поліфазної та синусоїдальної низькочастотної активності, що відображує процеси дозрівання кори головного мозку та домінування її гальмівних впливів на структури стовбуру головного мозку.

### **1.3. Особливості реакції активації у онтогенезі**

Особливості функціонального стану головного мозку, особливості у кірково-підкоркових взаємодіях важко дослідити, вивчаючи тільки електричну активність головного мозку під час стану спокійного неспання. Дослідження особливостей біопотенціалів головного мозку в умовах

функціональних навантажень дозволяє оцінити тонкі взаємовідносини між відділами головного мозку [30, 32].

У якості функціональних навантажень використовують пробу з відкриванням очей, реакцію нав'язування ритму та гіпервентиляцію.

Дослідження багатьох вчених свідчать, що дозрівання та вікова еволюція окремих відділів головного мозку відбувається неодноразово для всього мозку, а кожний відділ досягає дефінітивної морфології у різні вікові періоди.

Електрична активність головного мозку у стані спокійно неспання та під час функціональних навантажень також відображує ці вікові зміни. У віковій еволюції спостерігається першочергове дозрівання еволюційно більш давніх структур: спочатку дозрівають стовбурові структури головного мозку, останньою дозріває кора головного мозку [31].

Збільшення базового ритму електроенцефалограми з віком пов'язано із зменшенням низькочастотних складників (тета- та дельта-ритмів). Такий перерозподіл між кількістю високо- та низькочастотними компонентами електроенцефалограми пов'язаний із дозріванням кори головного мозку та зрілістю кірково-пілкіркових взаємовідносин.

Найбільш суттєві онтогенетичні зміни відбуваються на ранніх етапах. Проте у підлітковому періоді відбувається тонка диференціація координаційних взаємовідносин між кірковими структурами та підкірковими та стовбуром головного мозку.

Дослідники Фарбер Д.А. (1969), Соен R.W. (1985) спостерігали реакцію на спалах світла у вигляді сплюснення ритмів електроенцефалограми ще у дітей періоду новонародженості [7].

Проте, вперше вираженою реакція активації стає у 3-4 місяці, коли на фоні нерегулярної електричної активності у потиличних локусах головного мозку починає реєструватися ритм з частотою 4 Гц.

Для дітей 1-2 років характерно збереження 75-95% показників амплітуди базового ритму від аналогічних показників у стані спокійного неспання під час реакції активації.

На електроенцефалограмі дітей 3-6 років під час реакції активації спостерігається збереження 50-70% показників амплітуди базового ритму порівняно з вихідними показниками амплітуди.

У 7 років реакція активації проявляється у всіх здорових дітей та проявляється як падіння ритму не менш ніж на 70% під час відкривання очей порівняно з фоною електроенцефалограмою.

До підліткового віку реакція активації у відповідь на відкривання очей наближується до такої реакції дорослих осіб та проявляється як тотальне падіння амплітуди електроенцефалограми, тобто супроводжується десинхронізацією базового ритму електроенцефалограми [15].

Численними дослідженнями показано, що частота базового ритму електроенцефалограми досягає «дорослого» типу у підлітковому віці (з 12 до 15 років) та реакція активації стає такою, яка характерна для дорослих осіб. Проте електрична активність ще має ознаки незрілості у вигляді дифузних повільних хвиль та поодиноких поліфазних потенціалів.

Підлітковий період є дуже вразливий для розвитку різноманітних розладів невротичного та тривожного спектру, оскільки у цей період формується невідповідність між сприйняттям підлітка себе як дорослу людину та несприйняття його таким у суспільстві. Для підлітків характерна сильна залежність від думку однолітків, демонстративна поведінка [23].

Електроенцефалографія є методом, який дозволяє виявити ознаки розладів тривожного та невротичного спектрів на ранніх етапах розвитку, оскільки тривожні стани мають своє відображення у електричній активності головного мозку.



Використання функціональних навантажень дозволяють поглибити існуючі зміни у електричній активності та виявити особливості взаємодій між корою та підкорковими структурами ще на початкових етапах невротичних розладів [7, 14, 19, 26].

## РОЗДІЛ 2. КОНТИНГЕНТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 2.1. Організація дослідження.

Метою нашої роботи є дослідити онтогенетичні особливості реакції активації на електроенцефалограмі. Досліджуючи реакцію активації можна встановити ступінь зрілості стовбуру головного мозку, його активуючі впливи на кору головного мозку та здатність нейронів кори відповідати на ці впливи.

Для реалізації мети дослідження нами була сформована група досліджуваних. Її склали 30 підлітків 12-15 років, серед яких було 15 хлопців та 15 дівчат.

Усі обстежувані підлітки були праворукими за самооцінкою, що підтвердили проведені мануальні тести (напр., перехрещування рук, плескання в долоні тощо). У анамнезі у досліджених підлітків черепно-мозкові травми та інші хвороби головного мозку були відсутніми.

Дослідження проводилися у звуко- та світло ізолюваному приміщенні. Усі обстежувані на передодні дослідження отримували інструкцію про хід досліду, його тривалість та безпечність для здоров'я.

Дослідження електричної активності головного мозку проводили на базі відділення функціональної діагностики Херсонської обласної клінічної лікарні.

Електроенцефалограму реєстрували за допомогою комплексу комп'ютерної електроенцефалографії «Braintest» (м.Харків). Електроди накладали за міжнародною системою «10-20». Фіксували електроди за допомогою гумового шолому. У якості референтного електроду використовували вушний електрод (рис. 2.1.).



Рис. 2.1 – Система комп'ютерної електроенцефалографії Braintest

Реєстрацію електричної активності проводили у наступних локусах кори головного мозку: симетричні лобові локуси – Fs та Fd, симетричні скроневі локуси – Ts та Td, симетричні тім'яні локуси – Ps та Pd та симетричні потиличні локуси – Os та Od.

Уся частотна смуга електроенцефалограми розділялася на 4 частотних діапазони:

- Дельта 1-4 Гц;
- Тета 4-8 Гц
- Альфа 9-13 Гц
- Бета 13-30 Гц.

Під час запису електроенцефалограми досліджувані підлітки знаходилися у положенні напівлежачі із заплющеними очима. Спочатку робили запис фонові електроенцефалограми.

Після того, як запис став одноманітним досліджуваним пропонували відкрити очі впродовж 3-4 с, після чого очі знову закривали та продовжували запис ще протягом 5 с.

## **2.2. Реєстрація електричної активності головного мозку підлітків.**

Для дослідження тонких взаємовідносин між відділами головного мозку використовували дослідження електричної активності головного мозку при функціональних навантаженнях.

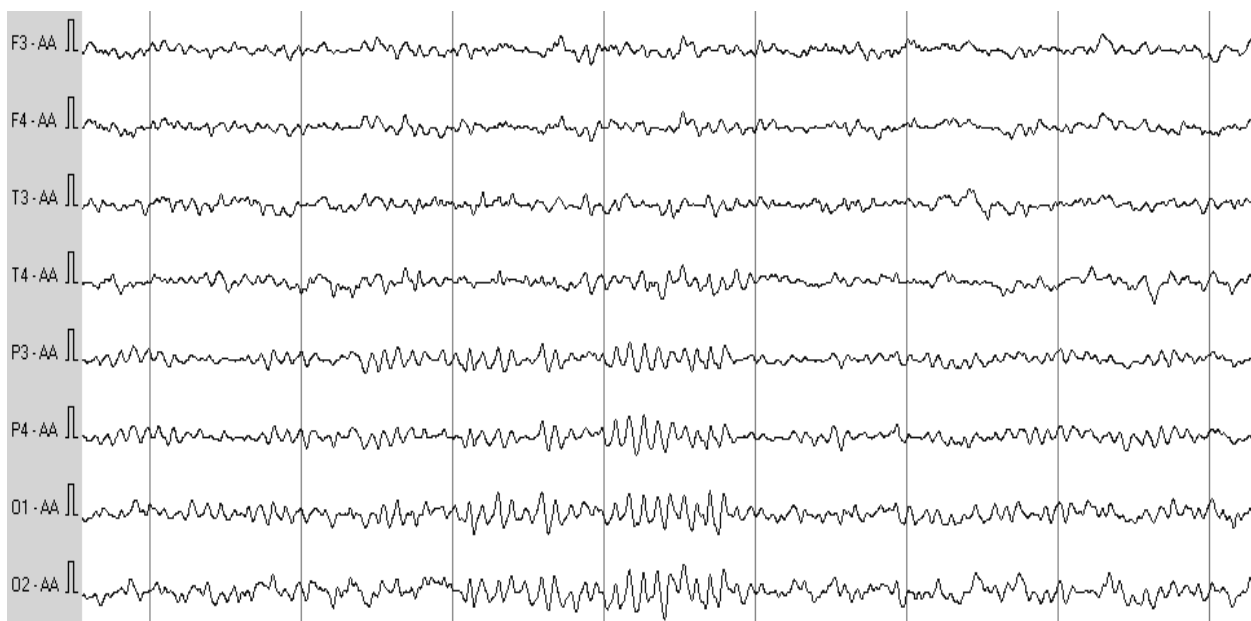
Дозрівання окремих відділів головного мозку у онтогенезі функціонально оцінити більш детально можливо з використанням різноманітних функціональних навантажень [11, 44].

У якості функціонального навантаження використовували пробу з відкриванням очей. Ця проба дозволяє оцінити ступінь реактивності ритмів електроенцефалограми. Вираженість десинхронізації альфа-ритму у відповідь на відкривання очей вказує на зрілість ретикулярної формації середнього мозку стовбуру головного мозку, ступінь її висхідних активуючих впливів на кору головного мозку та здатність ці нейрони відповідати на висхідні активуючі впливи ретикулярної формації [45].

У нормі при відкриванні очей спостерігається тотальне падіння амплітуди всіх ритмів і альфа-ритму в тому числі. У центральних локусах кори головного мозку під час реакції активації може зберігатися мю-ритм, який пов'язують з активністю сенсомоторної системи. Після закриття очей відбувається відновлення вихідної амплітуди усіх ритмів електроенцефалограми.

Вивчаючи реакцію активації (рис. 2,1, 2.2) стає можливим оцінити функціональний стан ретикулярної формації середнього мозку, її активуючих впливів на кору головного мозку та ступінь зрілості кори головного мозку та готовність відповідати на висхідні активуючі впливи ретикулярної формації.

А



Б

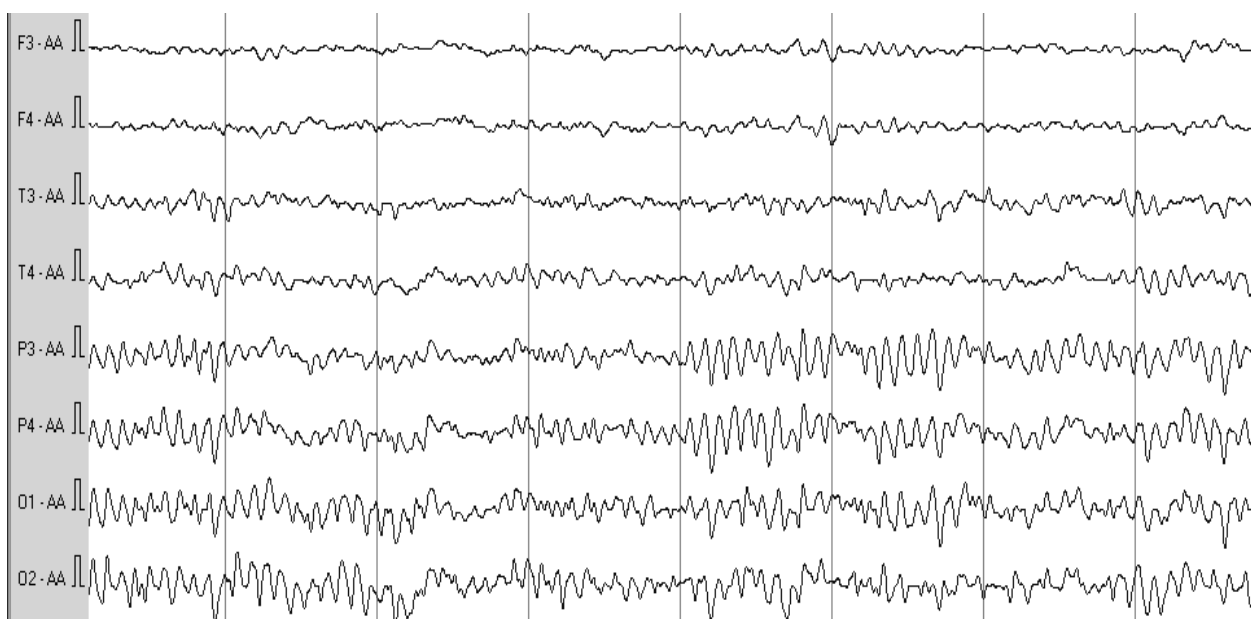


Рис. 2.2 – Електроенцефалограма підлітків у стані спокійного неспання.

А – дівчина 13 років

Б – хлопець 13 років .

Функціональне навантаження дозволяє оцінити гетерогенність дозрівання окремих відділів головного мозку. Вікова еволюція реакції активації свідчить про дозрівання неспецифічних структур середнього мозку з одного боку, та з дозріванням кіркових нейронів – з іншого [38].

Для дослідження ступеня вираженості реакції активації на електроенцефалограмі підлітків досліджували відношення амплітуди альфа-ритму під час відкриття очей та амплітуду альфа-ритму у стані спокійного неспання у відсотках. Отримані результати в залежності від значень, розподіляли у три групи.

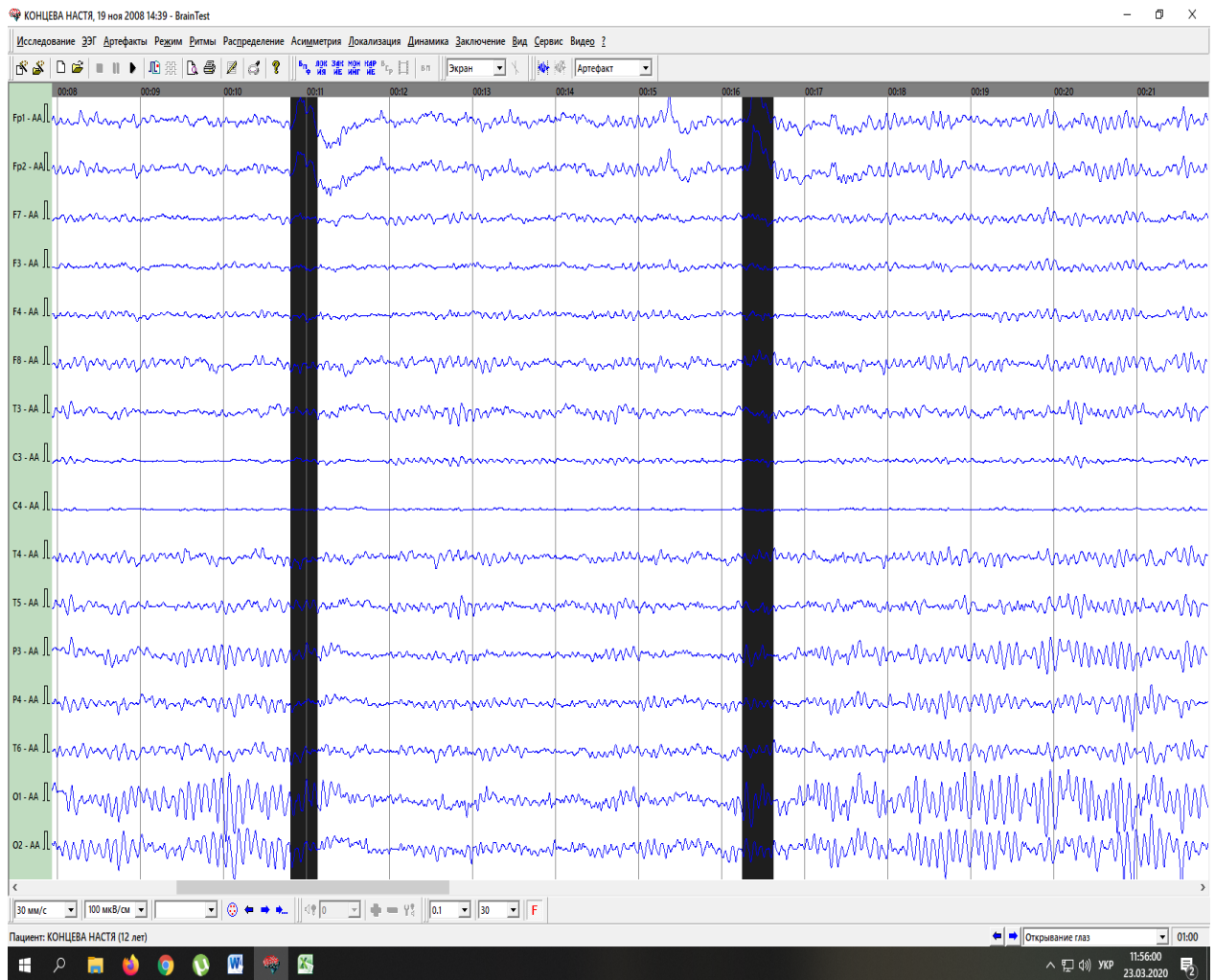


Рис. 2.2 – Електроенцефалограма дівчинки 12-15 років з вираженою реакцією активацію. Початок та кінець десинхронізації базового ритму позначені чорними смугами. Особливо падіння амплітуди базового ритму спостерігається у задніх відведеннях.

Ступінь пригнічення альфа-ритму визначався за наступними параметрами: якщо амплітуда зменшувалася від показників амплітуди

фонового альфа-ритму на 75% та більше від вихідного рівня вважали повним.

Падіння амплітуди альфа-ритму у межах 50-75% від значень амплітуди фонової електроенцефалограми вказувало на неповну реакцію активації.

Зниження амплітуди альфа-ритму менше 50% від вихідного рівня вказувало на відсутню реакцію активації [45].

Після проведення електроенцефалографії усі записи переглядали та виключали із подальшого дослідження ті місця запису, де були наявні артефакти від рухів, коливання проводів електродів, кліпання очима тощо.

Обчислювали кількість осіб у відсотковому співвідношенні у межах кожної групи, що показали повну, неповну та невиражену реакцію активації.

Усі записи електроенцефалограм обробляли за допомогою пакетів комп'ютерної обробки швидким перетворенням Фур'є, яке дозволяє перевести складну криву електроенцефалограми у перелік значень часто та амплітуд і, відповідно, обчислити основні ритмічні складники у частотному спектрі електроенцефалограми.

На основі отриманих даних обчислювалася нормована спектральна потужність кожного ритмічного складника (дельта, тета, альфа, бета) від загальної сумарної спектральної потужності. Тобто, обчислювався відсоток кожного ритму за окремим відведенням, що вносив вклад у загальну картину формування фонового ритму. Відсоток, який отримують у результаті обчислення, вказує який час запису припадає на окремий ритмічний складник електроенцефалограми від загального часу запису.

Якщо оцінювати абсолютну спектральну потужність ритмів, то це буде більше вказувати на амплітуду окремого ритмічного складника у частотному спектрі електроенцефалограми, а нормована спектральна потужність пов'язана із ступенем вираженості окремих ритмічних складників[26].

Дослідження зонального розподілу нормованої спектральної потужності відображує ступінь вираженості ритмів у окремому локусі кори півкуль головного мозку, тобто дозволяє оцінити локальну активацію ритму, наявний градієнт ритму. Під час різноманітних змін у функціональних станах головного мозку зональний розподіл нормованої спектральної потужності дозволяє оцінити різні форми просторового перерозподілу між активаціями окремих локусів кори головного мозку [19].



## РОЗДІЛ 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ РЕАКЦІЇ АКТИВАЦІЇ В ОНТОГЕНЕЗІ

#### 3.1. Результати власних досліджень

Нами було проведено дослідження ступеня пригнічення амплітуди альфа-ритму під час проведення проби з відкриванням очей (реакція активації) на електроенцефалограмах 30 підлітків.

На електроенцефалограмі хлопців пригнічення амплітуди альфа-ритму було повним під час реакції активації у 69% досліджених осіб. Серед обстежених дівчат повне пригнічення амплітуди-альфа-ритму під час відкривання очей продемонстрували 77% осіб.

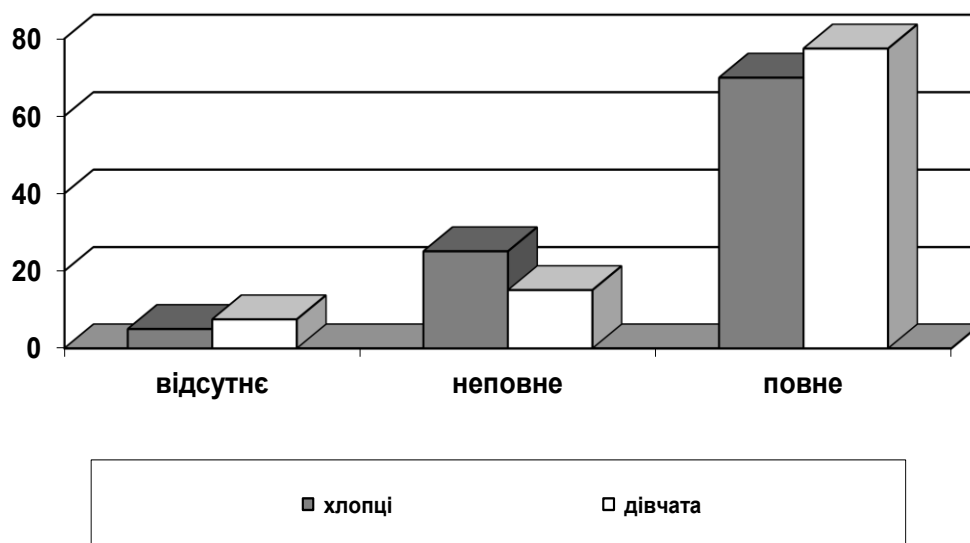


Рис. 3.1 – Вираженість arousal-реакції на ЕЕГ підлітків

Неповним пригнічення амплітуди альфа-ритму під час реакції активації було у 25% обстежених хлопців. Серед досліджених дівчат неповним пригнічення амплітуди альфа-ритму спостерігалось у 15% осіб.

Під час відкривання очей відсутнім пригнічення основного ритму на електроенцефалограмі досліджених хлопців було у 5% осіб. Дівчата при відкриванні очей продемонстрували відсутність реакції активації у 8% випадків.

Порівнюючи показники нормованої спектральної потужності альфа-ритму під час фонового запису електроенцефалограми та при відкриванні очей досліджуваних хлопців нами було встановлено, що нормована спектральна потужність альфа-ритму при відкривання очей стала значно меншою по всьому скальпу порівнянно з аналогічними показниками нормованої спектральної потужності у стані спокійного неспання (табл. 4.1).

При цьому альфа-ритм при відкриванні очей зберіг притаманне йому у стані спокійного неспання градієнт ритму: максимально вираженим він був у потиличних ділянках кори головного мозку, а мінімальні значення спостерігалися у фронтальних.

На електроенцефалограмі дівчат під час відкривання очей також спостерігалось зменшення нормованої потужності альфа-ритму порівняно з аналогічними показниками під час стану спокійного неспання. Альфа-ритм на електроенцефалограмі дівчат, так само, як і на електроенцефалограмі досліджуваних хлопців, зберіг правильний зональний розподіл: максимальні показники нормованої спектральної потужності спостерігалися у потиличних локусах кори головного мозку, мінімальні – у лобових локусах.

Таблиця 4.1.

Показники нормованої спектральної потужності альфа- ритму та градієнту ритму досліджуваних підлітків під час стану спокійного неспання та відкриванні очей

Зона	Групи досліджуваних			
	Стані спокійного неспання		Відкривання очей	
	дівчата	хлопці	дівчата	хлопці
Fs	38,36 ± 4,76	40,17 ± 4,18	25,67 ± 3,79	24,79 ± 4,06
Fd	40,17 ± 4,80	38,78 ± 4,44	24,68 ± 3,99	24,59 ± 3,79
Ts	42,25 ± 4,34	44,04 ± 4,43	24,77 ± 3,96	31,61 ± 5,77
Td	40,86 ± 4,21	46,91 ± 4,30	29,84 ± 4,45	30,21 ± 4,30
Ps	56,97 ± 4,45	57,74 ± 3,33	33,49 ± 5,88	33,49 ± 4,38
Pd	56,39 ± 4,54	58,92 ± 3,18	36,01 ± 5,51	39,50 ± 4,12
Os	57,91 ± 3,79	60,36 ± 3,11	31,09 ± 5,35	38,30 ± 4,54
Od	58,37 ± 4,06	59,71 ± 3,16	33,73 ± 5,33	38,88 ± 4,73
p Fs-Fd				
p Ts-Td				
p Ps-Pd				
p Os-Od				
p Fs-Ts				+
p Fs-Ps	+	+	+	+
p Fs-Os	+	+	+	+
p Ts-Ps	+	+	+	+
p Ts-Os	+	+		
p Ps-Os				
p Fd-Td				
p Fd-Pd	+	+	+	+
p Fd-Od	+	+	+	+
p Td-Pd	+	+	+	+
p Td-Od	+	+		
p Pd-Od				

Примітка:

+ - достовірні відмінності між зонами великих півкуль мозку, ( $p \leq 0,05$ ).

### 3.2. Обговорення отриманих результатів.

Реакція активація у онтогенезі стає поступово більш вираженою. Це відображує неодномоментність дозрівання окремих структур головного мозку. Схожою на «дорослий» тип реакція активації стає приблизно у 13 років. У цьому віці спостерігається пригнічення амплітуди альфа-ритму під

час відкривання очей на 90% порівняно з показниками амплітуди альфа-ритму у стані спокійного неспання.

За ступенем реакції активації можна судити про функціональний стан ретикулярної формації середнього мозку, ступені зрілості нейронів кори головного мозку та кількості активуючих висхідних впливів ретикулярної формації середнього мозку на кору півкуль головного мозку.

Дослідивши показники зменшення амплітуди альфа-ритму під час реакції активації при відкривання очей підлітків нами встановлено, що дівчата-підлітки частіше демонстрували повне пригнічення амплітуди альфа-ритму (78%) порівняно з аналогічними показниками фонові електроенцефалограми, ніж досліджені хлопці-підлітки (70%).

Серед досліджуваних підлітків чоловічої статі частіше спостерігалось пригнічення амплітуди-альфа ритму під час відкривання очей у межах 50-75%.

У обох досліджуваних групах спостерігалось виражений спадаючий лобово-потиличний градієнт альфа-ритму під час фонового запису електричної активності головного мозку та збереження такого графієнту після проби з відкриванням очей. Виражений спадаючий лобово-потиличний градієнт альфа-ритм набуває ще у більш ранні вікові періоди і у підлітковому віці вже повинен формувати чіткий потиличний фокус активності, що і спостерігалось на електроенцефалограмі досліджуваних підлітків.

Поява вираженої реакції активації на електроенцефалограмі при відкривання очей вказує на виражені висхідні впливи неспецифічної активуючої системи середнього мозку на кору півкуль головного мозку.

При неповному пригніченні альфа-ритму під час відкривання очей спостерігається певна недостатність висхідних активуючих впливів від неспецифічних систем стовбуру головного мозку [1-3, 5, 17].

Таким чином серед дівчат-підлітків частіше, ніж серед хлопців-підлітків спостерігалось реакція активації у межах вікової норми, тобто активуючі впливи неспецифічної формації стовбуру головного мозку та зрілість нейронів кори знаходилися частіше у межах вікової норми, ніж серед хлопців-підлітків.

Численні дослідження психологів свідчать про те, що хлопці пізніше за дівчат набувають рис зрілості [17]. Така робота неспецифічних активуючих систем стовбуру головного мозку та нейронів кори, як було показано у нашому дослідженні, показує певну незрілість структур головного мозку хлопців-підлітків, що співпадає з даними дослідників-психологів про різні терміни набуття зрілості серед хлопців та дівчат.

Таким чином, більшість обстежуваних підлітків мала виражену реакцію активації у відповідь на відкриття очей, проте 30% хлопців та 22% дівчат мали порушення активуючих впливів ретикулярної формації середнього мозку на кору півкуль головного мозку.

## ВИСНОВОК

1. Встановлено, що у онтогенезі відбувається поступове становлення реакції активації у відповідь на відкривання очей. Відповідь на відкривання очей у вигляді десинхронізації базового ритму на електроенцефалограмі дітей стає схожою на відповідь дорослих осіб у підлітковому віці.
2. З'ясовано, що на електроенцефалограмі хлопців-підлітків пригнічення амплітуди альфа-ритму було повним під час реакції активації у 69% досліджених осіб. Серед обстежених дівчат-підлітків повне пригнічення амплітуди-альфа-ритму під час відкривання очей продемонстрували 77% осіб.
3. Вивчено, що неповним пригнічення амплітуди альфа-ритму під час реакції активації було у 25% обстежених хлопців. Серед досліджених дівчат неповним пригнічення амплітуди альфа-ритму спостерігалось у 15% осіб.
4. Встановлено, що під час відкривання очей відсутнім пригнічення основного ритму на електроенцефалограмі досліджених хлопців було у 5% осіб. Дівчата при відкриванні очей продемонстрували відсутність реакції активації у 8% випадків.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Shkuropat A. V. Bioelectric Activity and Blood Circulation in the Brain of Adolescents with Hearing Loss / Shkuropat A. V. // – Thesis Cand. Biol. Sci., Kherson, 2011.
6. Uusberg A. EEG alpha and cortical inhibition in affective attention. / Uusberg A. // *International Journal of Psychophysiology.* – 2013. – Vol. 89, no. 1. – P. 26—36.
7. Verstraeten E. Attentional switching-related human EEG alpha oscillations / Verstraeten E., Cluydts R. // *Neuroreport.* – 2002. – v. 13. – P. 681-684.
8. Verstraeten E. Attentional switching-related human EEG alpha oscillations / Verstraeten E., Cluydts R. // *Neuroreport.* – 2002. – v. 13. – P. 681-684.

9. 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.
10. 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.
11. Борисов С.В. Структурная организация альфа-активности ЭЭГ подростков, страдающих расстройствами шизофренического спектра / Борисов С.В., Каплан А.Я., Горбачевская Н.Л., Козлова И.А // Журнал высшей нервной деятельности, 2005- Т.55, №3. – С.351-357
12. Воробьева Т.М. Электрическая активность мозга (природа, механизмы, функциональное значение) / Воробьева Т.М., Колядко С.П. // Теоретическая и экспериментальная медицина. – 2007, – № 2. – С. 4 – 10.
13. 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.
14. 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.
15. 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.



- 16.Гіттік Л.С. Просторова організація електричної активності мозку при його вербально-аналітичній та наочно-просторовій діяльності / Гіттік Л.С., Моренко А.Г. // Науковий вісник ВДУ. – 1999. –№4. – С. 28-35.
- 17.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.
- 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. Візуальний аналіз електроенцефалограм дітей з порушенням рухової активності центрального походження / Головченко І. В., Гайдай М. І. // Фізіологічний журнал. – 2014. – 60(3). – С. 33-34.
- 20.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.
- 21.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.
- 22.Гуляев С.А. Электроэнцефалография в диагностике заболеваний нервной системы / Гуляев С.А., Архипенко И.В. – Владивосток: изд-во ДВГУ.– 2012. – 200с.

- 23.Евтушенко С.К. Клиническая электроэнцефалография у детей / Евтушенко С.К., Омельяненко А.А. – Донецк: Донеччина, 2005. – 860 с.
- 24.Євстафєва І.А. Особливості функціонального стану центральної нервової та серцево-судинної систем у зв'язку зі вмістом важких металів в організмі підлітків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.13 „Фізіологія людини і тварин” / Євстафєва Ірина Андріївна – Сімферополь., 2003. – 20с.
- 25.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.
- 26.Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии): [руководство для врачей] / Л.Р.Зенков– 3-е изд. – М.: МЕДпрессинформ, 2004. – 368с.
- 27.Кучеренко Г.В. Розвиток силових якостей глухих підлітків у процесі фізичного виховання: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. пед. наук: спец. 13.00.03 «Коррекционная педагогика» / Кучеренко Геннадій Васильович, Одеса. - 2007. – 20с.
- 28.Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н. Чубенко А.В., Бабич П.Н. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: МОРИОН, 2001. – 408с.
- 29.Лизогуб В.С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора біол. наук: спец. 03.00.13 "Фізіологія людини і тварин" / В.С. Лизогуб. – К., 2001. – 29с.

- 30.Ляпидевский С.С. Невропатология. Естественнонаучные основы специальной педагогики: [учебн. для студ. высш. учебн. завед.] / Ляпидевский С.С.. – М.: ВЛАДОС, 2000. – 384с.
- 31.Макаренко М.В. Функціональний стан центральної нервової системи за умов переробки інформації різного ступеня складності у осіб з різним рівнем рухливості нервових процесів / Макаренко М.В., Лизогуб В.С., Петренко Ю.О., Бібік Т.А., Явник О.Е., Юхименко Л.І. //Фізіологічний журнал. – 2002. –Т. 48, №1. –С. 9 – 15.
- 32.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.
- 33.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.
- 34.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.
- 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.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.
- 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.Уолтер Г. Живой мозг / Уолтер Грей. М., 1996
- 42.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.
- 43.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.

- 44.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.
- 45.Шкуропат А. В. Когерентный анализ ЭЭГ тугоухих подростков / Шкуропат А.В. // Нейрофизиология. – 2010. – 42(3). – 263-274.
- 46.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.