

УДК 612.82

В.С. Лизогуб, Т.В. Кожемяко, Л.І. Юхименко, С.М. Хоменко

## ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ $P_{300}$ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ СКЛАДНИХ СЛУХОМОТОРНИХ РЕАКЦІЙ У ПІДЛІТКІВ

*У підлітків 11-14 років досліджено викликану активність мозку  $P_{300}$  та латентні періоди складних слухомоторних реакцій диференціювання двох з трьох подразників ( $PB_{2-3}$ ), а також часу центральної обробки інформації (ЦОІ) моторного (МК) і сенсорного (СК) її компонентів. Встановлено, що швидкісні характеристики  $PB_{2-3}$  на різних рівнях їх функціональної організації від сенсорного до центрального і моторного компоненту поступово покращуються і досягають максимуму в 14 років. Виявлено поступове підвищення мозкової активності практично у всіх ділянках, зменшення латентності та зростання амплітуди  $P_{300}$  у центральних і парієтальних ділянках кори. Найбільші відмінності між молодшими та старшими підлітками зафіксовано в лівій постцентральной та правій прецентральной звивині, що може свідчити про підвищення участі відповідних областей в обробці інформації.*

**Ключові слова:** слухомоторна реактивність, амплітуда і латентність  $P_{300}$ , вікова динаміка.

**Постановка проблеми.** В сучасній нейрофізіології та психофізіології отримано важливі результати щодо участі викликаних потенціалів (ВП) у розкритті важливих механізмів роботи мозку, вищій нервовій діяльності, виробленні умовних рефлексів, складних форм поведінки, навчанні, емоційних реакцій, мисленні та ін. [2, 5, 8, 9]. Основним засобом дослідження ендогенних подій головного мозку є аналіз потенціалу  $P_{300}$ , в реалізації якого у людини активну участь беруть висково-лімбічні і стовбурово-ретикулярні структури [1]. Дана методика також дозволяє об'єктивно оцінити механізми переробки сенсомоторної інформації.

Імовірно, викликана активність мозку ВП, і особливо,  $P_{300}$  можуть бути чутливими індикаторами, як нейроонтогенезу головного мозку, так і функціональної організації складних сенсомоторних реакцій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивчення вікових особливостей становлення сенсомоторних функцій в онтогенезі людини має важливе значення для розуміння нейрофізіологічних механізмів інтегративної діяльності мозку. Першочергове значення надається вивченню різних за складністю сенсомоторних реакцій. З огляду літератури відомо, що цьому питанню присвячена велика кількість робіт, які узагальнені у монографії [6]. Однак, здатність до довільного виконання складного сенсомоторного акту включає, як мінімум три функціональні компоненти: сенсорний - здатність до сприйняття інформації, центральний - аналіз і переробка інформації у центрах і формування відповіді та моторний - здійснення рухового акту [15]. Але, ще залишаються нез'ясованими механізми, що лежать в основі переробки сенсомоторної інформації, на різних рівнях функціональної організації - від сенсорного до центрального і моторного компонента та який їх зв'язок з латентностями і амплітудними характеристиками  $P_{300}$ .

Викликані потенціали  $P_{300}$  дозволяють одержати об'єктивну характеристику активності головного мозку, оскільки є електрофізіологічними корелятами часу обробки стимулу (латентність  $P_{300}$ ) та рівня уваги (амплітуда  $P_{300}$ ) [2, 19]. Методами ВП виявлена активація різних областей кори головного мозку в обробці сигналів різної модальності [14, 16, 18, 20]. Встановлено зв'язок ВП з когнітивними процесами, властивостями уваги, функцією пам'яті та сенсомоторною реактивністю [2, 3, 7]. Виявлено, що у людей з вищими когнітивними можливостями найкоротша латентність

і найбільша амплітуда піку  $P_{300}$  [7]. Крім того, латентність і амплітуда  $P_{300}$  мають індивідуальні особливості [13] та залежать від віку [11, 17]. Разом з тим вікова динаміка характеристик  $P_{300}$  вивчені недостатньо. Думаємо, що для більш детального дослідження мозкових процесів в онтогенезі доцільно поєднати аналіз  $P_{300}$  з об'єктивною кількісною характеристикою переробки сенсорної інформації. На наш погляд, перспективним підходом в даному аспекті видається вивчення електрофізіологічних характеристик  $P_{300}$  головного мозку у зв'язку з віковою динамікою сенсомоторних функцій.

Роботи, що є в літературі, свідчать про недостатню розробленість цього питання. Ось чому ми вирішили дослідити становлення швидкісних характеристик складних сенсомоторних реакцій диференціювання  $PВ_{2-3}$  на різних рівнях їх функціональної організації від сенсорного до центрального і моторного її компоненту та встановити зв'язок з ЕЕГ характеристиками  $P_{300}$  головного мозку.

**Мета** – виявити особливості функціональної організації складних сенсомоторних реакцій у підлітків та їх зв'язок з викликаними потенціалами головного мозку.

### Методика

Об'єктом обстеження були 120 підлітків 11-14 років. Дослідження проводили з дотриманням норм біоетики та положень Хельсинської декларації 1975 р. (у редакції 2000 р.) за попередньою згодою самих обстежуваних після інформування про цілі, тривалість та процедуру дослідження.

Дослідження параметрів сенсомоторних функцій включало визначення характеристик латентних періодів ПСМР та складних реакцій  $PВ_{2-3}$ . Для дослідження простих і складних сенсомоторних реакцій була використана методика та комп'ютерний діагностичний комплекс «Діагност-1М» (1999-2014). В якості навантаження для переробки інформації застосовували диференціювання позитивної та гальмівної слухової інформації. Використовували чисті тони, що описуються правильною синусоїдою, які подавалися бінаурально через навушники. До початку роботи обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності до якої за умови появи звуку 1000 Гц (високий тон) необхідно було швидко натиснути та відпустити пальцем правої руки на праву кнопку. Поява звуку 300 Гц (низький тон) вимагала швидкого натискання та відпускання пальцем лівої руки на ліву кнопку. На звук 600 Гц (середній тон) - гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок. Аналізували значення ПСМР, диференційованої реакції вибору  $PВ_{2-3}$ , та часу МК і СК, а також розраховували ЦОІ. Моторний компонент слухомоторної реакції визначали шляхом тикратного максимально швидкого довільного натискання та відпускання кнопки маніпулятора. Кількісну характеристику СК визначали за різницею латентних періодів прихованого часу ПСМР та швидкості МК. Час ЦОІ розраховували шляхом віднімання простої слухомоторної реакції від часу  $PВ_{2-3}$  [6].

Для дослідження вікової динаміки  $P_{300}$  порівнювалися групи обстежуваних старшого та молодшого підліткового віку. Старшу групу склали 15 добровольців віком 14 років, без неврологічних захворювань. До молодшої групи увійшли 20 осіб віком 11 років. Під час експерименту обстежувані знаходилися в кріслі у затемненій звукоізольованій камері, в зручному положенні, напівлежачи із заплющеними очима. На початку роботи експериментатор попереджав про подачу серії звукових сигналів двох типів, серед яких були низькі та високі тони. Високі тони - цільові стимули, які необхідно було підрахувати і повідомити результат.

Запис та аналіз ЕЕГ здійснювали за допомогою електроенцефалографічного комплексу "Нейроком" ("ХАІ-медика"). У відповідності до міжнародної схеми 10/20 накладалися 19 електродів ( $Fp_1$ ,  $Fp_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$ ,  $F_z$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ ,  $C_z$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ ,  $P_z$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $F_7$ ,  $F_8$ ,  $T_5$ ,  $T_6$ ,

$O_1$ ,  $O_2$ ). В якості референтного використовувався об'єднаний вушний електрод. Міжелектродний опір був менше 5 Ком. Застосовували бінауральну стимуляцію інтенсивністю 80 дБ при заплющених очах. Частота дискретизації сигналу становила 500 Гц. Реєстрацію  $P_{300}$  проводили в ситуації "події, що виникає випадково" (oddball paradigm) на звукові стимули за однією із стандартних методик. Цільові стимули (30%) були представлені високими тонами 2000 Гц, нецільові (70%) – низькими 1000 Гц. Загальне число стимулів – 30, подача у випадковому порядку. Час експозиції 0,05 с, міжстимульний інтервал 1,5 с. Надалі використовували метод когерентного накопичення ВП у 19 відведеннях, окремо на цільові та нецільові подразники. Епоха аналізу складала 250 мс до моменту початку подачі стимулу та 750 мс після. Дані всіх обстежуваних в кожній віковій групі обробляли шляхом загального усереднення (grand average), який полягає в обчисленні середнього арифметичного індивідуальних кривих ВП. Оцінювали наступні характеристики відповіді: латентність (мс) піків  $P_1$ ,  $N_1$ ,  $P_2$ ,  $N_2$ ,  $P_3$ ,  $N_3$ ; міжпікові амплітуди (мкВ),  $P_1-N_1$ ,  $N_1-P_2$ ,  $P_2-N_2$ ,  $N_2-P_3$ ,  $P_3-N_3$ , [2, 5]. Визначали такі параметри: амплітуда в мкВ (відносно нульового рівня), латентність в мс (час від моменту стимуляції до точки максимальної амплітуди піка), тривалість піка в мс (час від початку компоненту і до його завершення). Також порівнювали топографічний розподіл по скальпу амплітуд окремих компонентів.

Отримані результати обробляли комп'ютерною програмою Microsoft Excel-2010. Для порівняння груп підлітків використовувався непараметричний критерій "U" Вілкоксона-Манна-Уїтні. Достовірними вважали відмінності при значеннях  $p \leq 0,05$ .

### Результати та їх обговорення

У віковому діапазоні 11-14 років нами були досліджені і проаналізовані особливості формування складних сенсомоторних реакцій диференціювання  $PB_{2-3}$  та її компоненти: СК, ЦОІ, МК (табл. 1).

**Таблиця 1**

Вікова динаміка часу реакції диференціювання двох з трьох слухових подразників та її компонентів у осіб 11-14 років

Вік, роки	Слухомоторна реактивність, мс	Компоненти слухомоторної реакції, мс		
	$PB_{2-3}$	СК	ЦОІ	МК
11	487,5±6,1	132,9±3,2	224,1±4,7	130,6±2,7
12	474,2±5,8	129,4±2,8	215,6±4,5*	118,7±2,8*
13	445,1±5,7*	125,3±2,6	204,2±4,4*	106,9±2,4*
14	428,3±5,4*	118,1±2,7*	189,9±4,3*	99,6±2,1*

Примітка. \* - вірогідність різниць на рівні  $p < 0,05$  у вікових групах відносно осіб 11 років.

Дослідження реакції диференціювання двох з трьох слухових подразників у обстежуваних різних вікових груп показало, що найбільший час для виконання завдання  $PB_{2-3}$  був виявлений у підлітків 11 років. У подальшому з віком спостерігалось поступове підвищення швидкості слухомоторного реагування до максимальних значень у 14 років.

Отже, з віком від 11 і до 14 років поступово зменшувався час  $PB_{2-3}$  і тому з високою імовірністю можна вважати, що такі зміни можуть відбитися і у характеристиках СК, ЦОІ та МК. Ми не знайшли в літературі чітких пояснень нейронних механізмів обробки інформації на різних рівнях їх функціональної організації. Ми звернули увагу на поступове зменшення з віком не тільки латентних періодів  $PB_{2-3}$ , а і показників СК, ЦОІ та МК. Так, у період з 11 і до 14 років показник СК покращився на 12 % (14,8 мс), а ЦОІ і МК на 18 та 30 % (34,2 та 31 мс) відповідно ( $p < 0,05$ ). Отже, покращення часу реакції диференціювання слухомоторної інформації

PВ<sub>2-3</sub> у підлітків відбувалось у першу чергу шляхом скорочення часу ЦОІ та МК і в меншій мірі за рахунок СК.

Крім того, у різні вікові періоди виявлено особливості вкладу різних компонентів сенсомоторних реакцій у функціональну організацію PВ<sub>2-3</sub>. Так, для функціональної організації складного рухового акту PВ<sub>2-3</sub> підлітків у всі вікові періоди було характерним наступне: найбільшу питому вагу в слухомоторній реакції склав час ЦОІ, який становив 45-47 % від усього часу рухової реакції, значно менше часу відводилось на СК - 25-29 % і найменше на МК - 23-25 %.

Вочевидь, що наведені дані про поступове покращення з віком часу слухомоторної реактивності PВ<sub>2-3</sub>, а також одночасне підвищення швидкості СК, ЦОІ та МК можуть вказувати на поступове удосконалення як сенсорного, так моторного компоненту слухомоторної реакції. Але, найбільших змін у підлітків зазнав час ЦОІ. Як видно з таблиці у старших підлітків ЦОІ був достовірно нижчим, ніж у 11 років ( $p < 0,05$ ). На нашу думку - різниці у часі ЦОІ це наслідок не тільки швидкості обробки інформації чи задіяних окремих мозкових операцій, а результат вікових морфо-функціональних перетворень складної інтегративної діяльності мозку за умов швидкої дискримінації ансамблів збудження [7]. В наших дослідженнях наявність різниць між кількісними критеріями ЦОІ у всіх вікових групах, свідчить на користь того, що виконання завдання по переробці слухомоторної інформації відбувається за умов участі складної аналітико-синтетичної діяльності вищих відділів центральної нервової системи та з відповідним залученням до структурно-функціональної організації мозкової діяльності [6]. Відомо, що у підлітків відбуваються помітні зміни у розвитку прецентральної ділянки кори головного мозку. На це вказують і результати нашого дослідження P<sub>300</sub> на цільові стимули. Виявлена наявність негативного компонента в області 200 мс (N<sub>200</sub>) та пізнього позитивного компонента в області 300 мс (P<sub>300</sub>) в усіх підлітків, яке було найбільш виражене у відведенні C<sub>z</sub>. В процесі онтогенезу у підлітків 11 років порівняно з старшою групою, змін зазнавали такі параметри як амплітуда, латентність та тривалість піків N<sub>200</sub> і P<sub>300</sub> (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри компонентів P<sub>300</sub> на цільові стимули у відведенні C<sub>z</sub>

Вікові групи, роки	Амплітуда, мкВ		Латентність, мс		Тривалість, мс	
	N <sub>200</sub>	P <sub>300</sub>	N <sub>200</sub>	P <sub>300</sub>	N <sub>200</sub>	P <sub>300</sub>
11	6,5	5,6	178	422	110	442
14	4,2	11,2	103	332	64	355
Міжгрупові відмінності	-2,3	+5,6	-75	-90	-46	-89

Амплітуда P<sub>300</sub> підвищилась в більшості відведень (максимально в C<sub>z</sub> на 5,6 мкВ), в той же час відбулося її зниження в F<sub>p1</sub>, F<sub>p2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>7</sub>, F<sub>z</sub>, що може свідчити про активацію додаткових лобних механізмів уваги. В обох групах мав місце чіткий топографічний розподіл амплітуд компонента P<sub>300</sub> з найбільшими значеннями в C<sub>z</sub> та найменшими в лобних відведеннях F<sub>p1</sub> та F<sub>p2</sub>. Збільшення амплітуди довго латентних ВП може вказувати на процеси пов'язані з залученням більшої кількості нейронів та формуванням пам'ятних слідів для співставлення та оцінки інформації [4]. Більша активація кількості нейронів може свідчити на користь локальної активності пулу нейронів, що безпосередньо залучені до аналізу та оцінки значущої інформації [4, 7].

Латентність піку P<sub>300</sub> зменшилась в усіх відведеннях, що вказує на зростання загальної швидкості нервових процесів у віковій динаміці підлітків. Найбільш значними були зміни у фронтальній (F<sub>8</sub> – на 110 мс), а мінімальні у тім'яних ділянках (P<sub>3</sub> – на 28 мс). Компонент P<sub>300</sub> в обстежуваних молодшої групи триває довше у всіх

областях, окрім парієтальних, в яких є меншим. Особливо велике зменшення відзначається в  $Fp_1$ ,  $Fp_2$ ,  $C_2$  (на 90 мс).

У випадку  $N_{200}$  немає однозначних особливостей змін у підлітків значень амплітуди, латентності і тривалості. Так, цей показник зменшився у відведеннях  $F_7$ ,  $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_3$ ,  $T_4$ ,  $O_2$ , а збільшився в усіх інших (в  $F_4$  – на 2,78 мкВ). Топографічний розподіл амплітуд  $N_{200}$  відрізняється – в підлітків 11 років максимум чітко концентрується в центральній області, в той час як у старшій групі найвищі показники відзначаються в центральних, лобних та скроневих ділянках. Латентність  $N_{200}$  у підлітків з 11 до 14 років скоротилась в усіх відведеннях. Щодо тривалості  $N_{200}$  за цей віковий період у підлітків зафіксовано як скорочення ( $Fp_1$  – на 75 мс), так і подовження ( $C_4$  – на 36 мс).

Як вже зазначалося, в онтогенезі у підлітків відмічалось підвищення активності  $P_{300}$  по всій корі, але висхідна та низхідна фази мали відмінності в локалізації максимумів зниження. Останні спершу фіксувалися в лівій парієтальних областях, а під час низхідної (пізньої) фази ще і в правій прецентральної звивині.

Отже, нейроонтогенез підліткового віку відзначався зменшенням латентності та тривалості піка  $P_{300}$ , а також підвищення амплітуди в більшості відведень, що було наслідком загального розвитку та покращення нервових процесів. Зокрема, скорочення латентності  $P_{300}$  пов'язують із покращенням переробки інформації та модально-специфічної робочої пам'яті. Виражене підвищення амплітуди означає покращення процесів орієнтування та спрямованої уваги [12]. Підвищення амплітуди в передній лобній області ( $Fp_1$  та  $Fp_2$ ) може свідчити про залучення функціональних резервів шляхом активації додаткових нейронних мереж [10], оскільки це є необхідним для переробки інформації у режимі  $PB_{2-3}$ .

Наявність різниць між значеннями часу  $PB_{2-3}$ , СК, ЦОІ, МК, а також амплітуди, латентності та тривалості піків  $N_{200}$  і  $P_{300}$  у групах старших і молодших підлітків є експериментальним доказом того, що ці показники зв'язані між собою та мають позитивну вікову динаміку. Згідно до результатів нашого дослідження особи 14 років здатні були швидше обробляти інформацію  $PB_{2-3}$  на всіх рівнях функціональної організації від сенсорного і до моторного компоненту, а також у нервових мережах вищих відділів головного мозку, що підтверджується вищими значеннями амплітуди і коротшими латентними характеристиками  $P_{300}$  та часу ЦОІ, ніж молодші підлітки. Отже, під час виконання складного слухомоторного завдання просторово-часова організація мозкової діяльності у старших підлітків була вища, ніж у молодших обстежуваних.

Можна припустити, що кожному специфічному складному сенсомоторному акту в корі головного мозку і підкорковому шарі відповідає специфічна просторово-часова мережа збуджених і загальмованих нейронів [5]. Ступінь різниць ансамблів залежить як від різниць нейронів, які входять до його складу (просторовий фактор), так і від ступеня різниць часових характеристик одних і тих нейронів (частотно-інтервальний фактор). Тому кращі значення часу  $PB_{2-3}$  у 14 років в наших дослідженнях збігалися з короткими латентностями та вищими амплітудними значеннями  $P_{300}$  і швидкості ЦОІ, СК та МК, що на нашу думку, може свідчити про високу часову і просторову синхронізацію, когерентність і дискримінаційну здатність декількох різних нейрональних мереж збудження, котрі були активовані в операційній пам'яті [10, 16]. Можливо і те, що кращі значення амплітуди та латентних характеристик  $P_{300}$ , а також ЦОІ, МК, СК і часу слухомоторних  $PB_{2-3}$  у вікових групах старших підлітків характеризує об'єм нейрональних ансамблів, які включаються/виключаються під час виконання завдання по переробці інформації [15]. Можна вважати більшу амплітуду хвилі  $P_{300}$  у старших підлітків результатом більшого ступеня гальмування і виключення непотрібних нейрональних ансамблів (неспецифічної активації), що дозволило більш успішно виконувати завдання  $PB_{2-3}$ .

На основі отриманих результатів можна стверджувати, що кількісні критерії часу ЦОІ, СК та МК характеризують індивідуальні властивості переробки інформації та разом з  $P_{B_{2-3}}$  і  $P_{300}$  можуть бути використані для характеристики перебігу ряду психофізіологічних функцій в онтогенезі.

Таким чином, з аналізу параметрів  $P_{B_{2-3}}$ , СК, ЦОІ, МК та  $P_{300}$  у 19 відведеннях, з'ясований топографічний розподіл амплітуд та вікові особливості активності мозку, що дозволяє вважати швидкість складної слухомоторної реакції  $P_{B_{2-3}}$  як таку, що обумовлена морфо-функціональними змінами часу сприйняття сигналу, аналізу, прийняття рішення, передачі його на еффектор та забезпечується складною аналітико-синтетичною діяльністю, специфічними механізмами, виникненням і припиненням нервових процесів, переміщення по збудливим нервовим мережам кори головного мозку, виникнення збудження та скороченням і розслабленням м'язових груп, що здійснюють руховий акт.

### Висновки

1. В ході онтогенезу у підлітків швидкісні характеристики складних сенсомоторних реакцій диференціювання на різних рівнях їх функціональної організації від сенсорного до центрального і моторного її компоненту поступово підвищуються і досягають максимального розвитку у 14 років.

2. В результаті онтогенезу змінюється структура нейронних мереж, відповідальних за перебіг ВП та сенсомоторних функцій. Показано зменшення латентності та зростання амплітуди  $P_{300}$ , максимальне у центральних та парієтальних ділянках. Найбільші відмінності між молодшими та старшими підлітками зафіксовано в лівій постцентральної та правій прецентральної звивині, що може свідчити про підвищення участі цих областей у реалізації процесів обробки інформації.

3. Онтогенез підлітків характеризується скороченням латентності та тривалості піка  $P_{300}$ , а також підвищенням його амплітуди у більшості відведень. Зміни компонента  $N_{200}$  неоднозначні та не демонструють чіткої закономірності.

4. Швидкість складних сенсомоторних реакцій диференціювання на різних рівнях обробки інформації у підлітків може бути використана як інформативний критерій оцінки психофізіологічних станів та поведінкових реакцій.

### Література

1. Алёшина Е.Д., Коберская Н.Н., Дамулин И.В. Когнитивный вызванный потенциал  $P_{300}$ : методика, опыт применения, клиническое значение // Журнал неврологии и психиатрии. - 2009. - №8. - С. 77-84.
2. Гнездицкий В. В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / В.В. Гнездицкий. - М.: МЕД-пресс-информ, 2003. - 264 с.
3. Голубева Э. А. Способности, личность, индивидуальность: взгляд и раздумья психофизиолога / Э.А. Голубева. - М.: Феникс+. Серия: Психология, педагогика, 2005. - 511 с.
4. Иваницкий А.М. Информационные процессы мозга и психическая деятельность / А.М. Иваницкий, Стрелец В.Б., Корсаков И.А. - М.: Наука, 1984. - 200 с.
5. Иваницкий А.М. Мозговые механизмы оценки сигналов / А. М. Иваницкий. - М.: Медицина, 1976. - 298с.
6. Макаренко М.В. Онтогенез психофізіологічних функцій людини / М.В. Макаренко, В.С. Лизогуб. - Черкаси, Вертикаль, 2011. - 256 с.
7. Павленко В. Б., Луцюк Н. В., Борисова М. В. Связь характеристик вызванных ЭЭГ - потенциалов с индивидуальными особенностями внимания у детей // Нейрофизиология. - 2004. - Т. 36, № 4. - С. 313-321.
8. Русалова М.Н. Функциональная асимметрия мозга и эмоции // Успехи физиол. наук. - 2003. - Т.34, № 4. - С. 93-112.
9. Симонов П.В., Русалова М.Н., Преображенская Л.А. Факторы новизны и асимметрия мозга // Журнал ВНД. - 1995. - Т.45, Вып.1. - С. 12-18.
10. A simultaneous ERP/MRI investigation of the P300 aging effect / O'Connell R., Balsters J., Kilcullen S. [et al.] // Neurobiology of Aging. - 2012. - Vol.33, № 10. - P. 2448-2461.

11. Aging, physical activity, and cognitive processing: an examination of P300 / McDowell K., Kerick S.E., Santa Maria D.L. [et al.] // *Neurobiology of Aging*. - 2003. - Vol.24, № 4. - P. 597-606.
12. Event-related potentials in clinical research: Guidelines for eliciting, recording, and quantifying mismatch negativity, P300, and N400 / Duncan C., Barry R., Connolly J. [et al.] // *Clinical Neurophysiology*. - 2009. - Vol.120, № 11. - P. 1883-1908.
13. Goodin D.S., Aminoff M.J. Electrophysiological differences between demented and nondemented patients with Parkinson's disease // *Ann. Neurol.* - 1987, №21. - С. 90-94.
14. Gougoux F. A Functional Neuroimaging Study of Sound Localization: Visual Cortex Activity Predicts Performance in Early-Blind Individuals / F. Gougoux, R.J. Zatorre, M. Lassonde, P. Voss, F. Lepore // *PLoS Biology*. - 2005. - Vol. 3 (2), e 27. - P. 0324-0333.
15. Klimesch W. EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis / Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. // *Brain Research Reviews*. - 2007. - Vol. 53 (1). - P. 63-88.
16. Klinge C. Increased amygdala activation to emotional auditory stimuli in the blind / C. Klinge, B. Röder, Ch. Büchel // *Brain*. - 2010. - Vol. 133 (Pt 6). - P. 1729-1736.
17. P300 auditory evoked potential latency in elderly / Coser M., Coser P., Pedroso F. // *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*. - 2010. - Vol.76, № 3. - P.287-293.
18. Renier L.A. et al. Preserved functional specialization for spatial processing in the middle occipital gyrus of the early blind / Renier L.A., Anurova I., De Volder A.G., Carlson S., VanMeter J., Rauschecker J.P. // *Neuron*. - 2010. - Vol. 68 (1). - P. 138-148.
19. *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components* / Edited by S.J. Luck, E.S. Kappenman. - Oxford University Press, 2012. - 641 p.
20. Voss P. Occipital Cortical Thickness Predicts Performance on Pitch and Musical Tasks in Blind Individuals / Patrice Voss, Robert J. Zatorre // *Cerebral Cortex*. - 2012. - Vol. 22. - P. 2455-2465.

**Аннотация.** Лизогуб В.С., Кожемяко Т.В., Юхименко Л.І., Хоменко С.М. *Электрофизиологические характеристики  $P_{300}$  и функциональная организация сложных слухомоторных реакций у подростков.* У подростков 11-14 лет исследовали вызванную активность мозга  $P_{300}$  и латентные периоды сложных слухомоторных реакций дифференцирования двух из трёх раздражителей ( $PB_{2,3}$ ), а также время центральной обработки информации (ЦОИ), моторного (МК) и сенсорного (СК) её компонентов. Определено, что скоростные характеристики  $PB_{2,3}$  на различных уровнях их функциональной организации от сенсорного до центрального и моторного компонента постепенно улучшаются и достигают максимума в 14 лет. Выявлено постепенное повышение мозговой активности практически во всех участках, уменьшение латентности и рост амплитуды  $P_{300}$  в центральных и париетальных участках коры. Наиболее достоверные отличия между младшими и старшими подростками зафиксировали в левой постцентральной и правой прецентральной извилинах, что может свидетельствовать о повышении участия соответствующих областей в обработке информации.

**Ключевые слова:** слухомоторная реактивность, амплитуда и латентность  $P_{300}$ , возрастная динамика.

**Annotation.** Lizogub V.S., Kozhemyako T.V., Yukhimenko L.I., Khomenko S.M. *Electrophysiology characteristics of  $P_{300}$  and the functional organization of complex audiomotory reactions at adolescents.* The caused by activity in the brain  $P_{300}$  and latent periods complex audiomotory response differences between two of the three signals and the time of central processing of information, motor and sensory components at adolescents 11-14 years was investigated. Characteristics of time of reaction of a choice of two of three signals, at different levels of the functional organization from sensory to the central and motor component, one step at a time improve and established by the best in 14 years. A gradual increase in brain activity in almost all the parts of the brain was identified. The decrease in latency and increase in the amplitude  $P_{300}$  in central and parietal parts of the brain cortex was revealed too. The maximum differences between younger and older adolescents in the left postcentral and right gyrus precentral were observed. This may mean increasing the participation of certain areas in information processing.

**Keywords:** audiomotory reactivity, amplitude and latency  $P_{300}$ , age dynamics.

**Науково-дослідний інститут фізіології імені Михайла Босого  
Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького**

Одержано редакцією 27.01.2015  
Прийнято до публікації 05.02.2015