Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького
Міністерство освіти і науки України
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Безкопильна Світлана Вікторівна

УДК 612.82:616.831

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ В ОНТОГЕНЕЗІ

091–біологія

Подається на здобуття наукового ступеня доктор філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____С. В. Безкопильна

Науковий керівник:
доктор біологічних наук, професор
Лизогуб Володимир Сергійович

Черкаси – 2021

АНОТАЦІЯ

Безкопильна С. В. Особливості формування механізмів забезпечення розумової працездатності в онтогенезі. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія – Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького МОН України, Черкаси, 2021. – Волинський національний університет імені Лесі Українки МОН України, Луцьк 2021.

Робота складається з анотацій, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, сформульовано мету, завдання, об’єкт, предмет дослідження; гіпотезу дослідження, представлено перелік методів дослідження, визначено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертаційного дослідження, відображено інформацію щодо структури й обсягу дисертації.

На сьогодні однією з найважливіших особливостей життя є лавиноподібне зростання дії на людину різних видів інформації. Тому розумова діяльність, яка зв’язана з процесом прийому, збереження та переробкою інформації, вимагає напруження сенсорних систем, уваги, пам’яті, активації процесів мислення, емоційної сфери та вегетативних систем. Під час виконання розумової роботи виникає необхідність одночасно вирішувати подвійні (dual tasks) або потрійні (three task) завдання. Успішна розумова працездатність в умовах багатокомпонентних інформаційних завдань традиційно важлива для професійної діяльності спортсменів, де пред'являються максимальні вимоги до точності планування рухів і швидкості прийняття рішень, грі на музичному інструменті в оркестрі, коли потрібна увага до звуків інших інструментів і до рухів партнерів, у цирковому мистецтві, де вимагається від артиста одночасне виконання рухових та нейродинамічних задач на нестійкій платформі і таке

інше. Тому потрібні теоретичні знання про механізми розумової працездатності в умовах виконання складних багатокомпонентних інформаційних завдань.

Слід зауважити, що переважна більшість досліджень розумової працездатності та механізмів переробки інформації за умови участі вищих психічних, вегетативних та моторних функцій проведені на особах зрілого віку. Ми припустили, що формування механізмів розумової працездатності у дітей, підлітків та юнаків і взаємодія моторної, вегетативної, нейродинамічної систем при виконанні інформаційних завдань різної складності і модальності, у порівнянні з дорослими, будуть іншими. Вважаємо, що не припустимо переносити закономірності та особливості формування нейродинамічного, вегетативного та моторного забезпечення розумової працездатності дорослих на дітей, підлітків та юнаків. Тому, **метою** дисертаційної роботи було встановити закономірності та механізми формування нейродинамічного, вегетативного і моторного забезпечення розумової працездатності у дітей, підлітків та юнаків.

У першому розділі «Стан дослідження психофізіологічних механізмів розумової працездатності» проаналізовано наукову літературу щодо актуальності питань розумової працездатності та її психофізіологічних властивостей; регуляторних функцій автономної нервової системи (АНС) у забезпеченні розумової діяльності дітей, підлітків та юнаків; психофізіологічних особливостей моторного компоненту та ролі нейродинамічних властивостей у забезпеченні розумової працездатності дітей, підлітків, юнаків.

У другому розділі «Організація та методи дослідження» детально описано організацію та авторську методику дослідження розумової працездатності та резервних можливостей головного мозку, нейродинамічних і сенсомоторних властивостей розумової працездатності, дослідження моторного та вегетативного компоненту розумової працездатності. Визначення рівня функціонального резерву розумової працездатності людини є надзвичайно

важливим для виявлення індивідуальних здібностей особи та її спроможності виконувати певні види трудової діяльності.

У третьому розділі «Вікові особливості формування нейродинамічного, вегетативного та моторного забезпечення розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків» представлені результати власного дослідження. За результатами комплексного дослідження встановили, що розумова працездатність в онтогенезі поступово підвищується та знаходиться у залежності від віку обстежуваних, темпу пред'явлення для диференціювання сигналів, їх модальності, а також рівня функціональної активності та взаємодії нейродинамічної, автономної і моторної систем. З'ясували, що розумова працездатність та взаємодія моторної, автономної та нейродинамічної систем мозку при переробці інформації різної модальності та складності у дітей, підлітків поступово підвищується і досягає найвищого рівня у юнаків 16–17 років. Показано, що для всіх вікових груп результати розумової працездатності, швидкості та успішності виконання нейродинамічних і моторних завдань на образні сигнали були вищі, ніж на вербальні подразники. Рівень активації автономної нервової системи за умови виконання нейродинамічних завдань на розумову працездатність знаходився у залежності від віку обстежуваних та темпу пред'явлення інформації і не залежав від модальності сигналів. Також показано, що поступове підвищення темпу диференціювання у трьохстимульному режимі для образних сигналів до 90 за хвилину, а для вербальних сигналів від 30 і до 60 за хвилину характеризувалось підвищенням розумової працездатності та супроводжувалось активацією і посиленням взаємодії нейродинамічної, моторної і АНС. Подальше зростання темпу пред'явлення образних сигналів до 120 і вербальної інформації до 90 за хвилину приводило до появи вегетонейродинамічного дисонансу.

У роботі доведено, що у всіх вікових групах підвищення швидкості пред'явлення інформації супроводжувалось поступовим зростанням кількості помилок та зменшенням часу реакції диференціювання гальмівних і збудливих сигналів, зростанням частоти серцевих скорочень, стрес індексу, індексу

централізації і зниженням показників загальної потужності спектру, площі регулювання скатерограми, періодичних та аперіодичних коливань кардіоінтервалів. Вперше отримали експериментальний доказ того, що зростання темпу пред'явлення для диференціювання образної та вербальної інформації поступово пригнічувало активність механізмів регуляції серця. Доведено, що чим вищий був темп пред'явлення сигналів, тим більшим було пригнічення механізмів регуляції серцевого ритму.

Нами встановлено, що в онтогенезі взаємодія нейродинамічної системи та АНС при обробці інформації різної модальності та складності у дітей, підлітків та юнаків поступово підвищується. Результати дослідження дозволили виявити різні варіанти інтегративних функцій мозку та реактивності АНС у вигляді посилення або послаблення їх взаємодії. У юнаків 16–17 та підлітків 10–11 і 13–14 за показниками швидкості та успішності виконання завдань виявлено більш тісний прояв функціональної взаємодії нейродинамічної системи та АНС, ніж у дітей 7–8 років. Кореляційний аналіз підтвердив статистично значимий зв'язок між швидкісними і якісними характеристиками переробки інформації та показниками статистичної, варіаційної, спектральної та кореляційної ритмографії.

Результати роботи показали, що підвищення активності автономної нервової системи у відповідь на поступове зростання темпу пред'явлення інформації відбувалось не шляхом активації симпатичного, а більш вираженими змінами у парасимпатичному її контурі. Це підтверджується тим, що у відповідь на підвищення темпу пред'явлення інформації зміни аперіодичних коливань кардіоінтервалів були менш вираженими, ніж для періодичних. Виявлена нами асиметрія відображає різний вклад періодичних та аперіодичних коливань кардіоінтервалів у загальну варіабельність серцевого ритму.

Дослідження виявили, що інтегративні процеси мозку, за умови одночасного виконання моторних і нейродинамічних завдань на розумову працездатність знаходились у залежності від здатності контролювати рівновагу

на стабільній та нестабільній платформі, віку обстежуваних і модальності сигналів. Вперше з’ясовано, що у разі одночасного виконання подвійних моторних і нейродинамічних завдань у здорових дітей 7–8, підлітків 10–11, 13–14 та юнаків 16–17 років розумова працездатність та результати виконання моторного і нейродинамічного завдання на стабільній і нестабільній платформі стабілографа вищі, ніж у їх однолітків з деформаціэю постави. Виявили як підвищення так і зниження успішності спільної розумової та моторної діяльності. Підвищення результативності одного завдання супроводжувалось зниженням успішність іншого, а зниження успішності виконання моторної задачі підвищувало результативність розумової діяльності. Новим у роботі є факт, що у підлітків 13–14 та юнаків 16–17 років, як здорових так і з порушенням постави, за умови виконання нейродинамічного завдання з вербальними сигналами на нестабільній платформі стабілографа результати розумової працездатності покращувались, тоді як у дітей 7–8 та підлітків 10–11 років приєднання до нейродинамічного завдання моторного на нестабільній платформі не змінювало результати розумової працездатності. Показано, що кореляційний зв’язок між показниками розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань стоячи на стабільній і нестабільній платформі стабілографа з віком посилюється.

У четвертому розділі «Зв'язок нейродинамічного, вегетативного та моторного забезпечення розумової працездатності у різних вікових періодах онтогенезу» зроблено узагальнення результатів дисертаційного дослідження.

Результати роботи можуть бути використані для прогностичної оцінки розумової працездатності та функціонального резерву головного мозку осіб, що працюють в умовах складних інформаційних навантажень. Використання подвійних нейродинамічних та моторних завдань можуть стати корисними у діагностиці пацієнтів з хворобою центральної нервової системи.

Ключові слова: розумова працездатність, автономна нервова система, інтеграція, інтерференція, образна і вербальна інформація, кардіоінтервалографія, стабілографія, онтогенез.

ANNOTATION

Bezkopylna S.V. Features of Forming the Mechanisms of Mental Performance in Ontogenesis. - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in Specialty 091 - Biology - Cherkasy Bohdan Khmelnytsky National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Cherkasy, 2021. - Volyn Lesya Ukrainka National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lutsk 2021.

The work consists of annotations, an introduction, four sections, conclusions, a list of sources and appendices.

In the introduction, the topicality of the problem is substantiated; the purpose, tasks, object, subject, hypothesis of the research are formulated; the list of research methods is presented; scientific novelty and practical value of the obtained results are determined; personal contribution of the applicant and approbation of the research results are specified; the information on structure and length of the dissertation is shown.

Today, one of the most important features of life is an increasing influence of various information on a person. Therefore, mental activity associated with the process of receiving, storing and processing information, requires stress of sensory systems, attention, memory, activation of thinking, emotional sphere and autonomic systems. During the performance of mental work, there is a need to simultaneously solve dual-tasks or triple-tasks. Successful mental performance in multicomponent information tasks is traditionally important for the professional activities of sportsmen where there are maximum requirements for accurate movement planning and decision-making speed, for musicians playing a musical instrument in an orchestra when they need attention to the sounds of other instruments and partner movements, for circus performers when they are required to simultaneously perform motor and neurodynamic tasks on an unstable platform, etc. Therefore, theoretical knowledge about the mechanisms of mental performance in solving complex multicomponent information tasks is required.

It should be noted that the vast majority of studies of mental performance and mechanisms of information processing with the involvement of higher mental, autonomic and motor functions have been conducted on persons of mature age. We suggested that the formation of mechanisms of mental performance in children, adolescents, and young people, and the interaction of motor, autonomic, neurodynamic systems in performing information tasks of varying complexity and modality, would be different compared with adults. We believe that it is unacceptable to transfer the patterns and features of the formation of neurodynamic, autonomic and motor support of the mental performance of adults to children, adolescents and young people. Therefore, the **purpose** of the dissertation was to establish patterns and mechanisms of formation of neurodynamic, autonomic and motor support of mental performance in children, adolescents and young people.

The first section “The state of research of psychophysiological mechanisms of mental performance” includes the analysis of the scientific literature on the problem of mental performance and its psychophysiological properties; regulatory functions of the autonomic nervous system (ANS) in providing the mental activity of children, adolescents, and young people; psychophysiological features of the motor component and the role of neurodynamic properties in providing the mental performance of children, adolescents, and young people.

The second section “Organization and methods of research” describes in detail the organization and innovative author’s method of studying mental performance and reserve capacity of the brain, neurodynamic and sensorimotor properties of mental performance, the study of motor and autonomic components of mental performance. Determining the level of the functional reserve of a person’s mental performance is significant to identify the person’s individual abilities and the ability to perform certain types of work.

The third section “Age features of the formation of neurodynamic, autonomic and motor support of the mental performance of children, adolescents, and young people” presents the results of the research. A comprehensive study finds that mental performance in ontogenesis gradually increases and depends on the age of the

subjects, the rate of signal presentation for differentiation, their modality, as well as the level of functional activity and interaction of neurodynamic, autonomic and motor systems. It is found that the mental performance and interaction of the motor, autonomic and neurodynamic systems of the brain in the processing of information of different modality and complexity in children and adolescents gradually increases and reaches its highest level in adolescents aged 16–17. It is shown that the results of mental performance, speed and success of neurodynamic and motor tasks on image signals are higher than on verbal stimuli for all age groups. The level of activation of the autonomic nervous system when performing neurodynamic tasks for mental performance depends on the age of the subjects and the rate of presentation of information and does not depend on the modality of the signals. It is also found that the gradual increase in the rate of differentiation in the three-stimulus mode for image signals to 90 per minute, and for verbal signals from 30 to 60 per minute is characterized by the increased mental performance and is accompanied by the activation and enhancement of neurodynamic, motor and ANS. A further increase in the rate of presentation of image signals to 120 and verbal information to 90 per minute leads to the emergence of vegetative neurodynamic dissonance.

It is proved that in all age groups, the increase in the speed of information presentation was accompanied by a gradual increase in the number of errors and a decrease in the reaction time of differentiating inhibitory and excitatory signals, an increase in heart rate, stress index, centralization index, and a decrease in the total power of the spectrum, the area of regulation of the scattergram, periodic and aperiodic fluctuations of cardio intervals. For the first time, experimental evidence has been shown that an increase in the rate of presentation for the differentiation of figurative and verbal information gradually suppressed the activity of cardiac regulatory mechanisms. It has been shown that the higher the rate of signaling, the greater the suppression of heart rate regulation.

We found that in the ontogenesis, the interaction of the neurodynamic system and ANS when processing information of different modality and complexity in children, adolescents, and young people, was gradually increasing. The results of the

study revealed different variants of integrative brain functions and ANS reactivity in the form of strengthening or weakening their interaction. According to the indicators of speed and success of tasks, closer manifestation of the functional interaction of the neurodynamic system and ANS was found in adolescents aged 16–17, 10–11 and 13–14, than in children aged 7–8 years. Correlation analysis confirmed a statistically significant relationship between the speed and quality characteristics of information processing and indicators of statistical, variational, spectral and correlation rhythmography.

The results showed that the increase in the activity of the autonomic nervous system in response to the gradual increase in the rate of information presentation was not by activating the sympathetic, but by more pronounced changes in its parasympathetic circuit. This is confirmed by the fact that in response to the increase in the rate of information presentation, changes in aperiodic fluctuations in cardio intervals were less pronounced than for periodic. The identified asymmetry of heart rate variability reflects the different contribution of periodic and aperiodic heart rate fluctuations to the overall heart rate variability.

The study shows that the integrative processes of the brain, provided the simultaneous performance of motor and neurodynamic tasks for mental performance are dependent on the ability to control the balance on a stable and unstable platform, the age of the subjects and the modality of signals. It was found for the first time that in the case of simultaneous performance of dual motor and neurodynamic tasks, mental performance and results of motor and neurodynamic tasks on a stable and unstable platform of the stabilograph in healthy children aged 7–8, adolescents aged 10–11, 13–14 and 16–17 were higher than in their peers who had a deformity of posture. Both increasing and decreasing the success of joint mental and motor activities were found. Increasing the effectiveness of one task was accompanied by a decrease in the success of another; besides, reducing the success of the motor task increased the effectiveness of mental activity. The novelty of the work is the fact that the results of the mental performance improved in the adolescents aged 13–14 and 16–17, both healthy and with postural disorders, under the condition of performing a

neurodynamic task with verbal signals on an unstable stabilograph platform, while joining the neurodynamic motor task on an unstable platform in the children aged 7–8 and adolescents aged 10–11 did not change the results of mental performance. The correlation between mental performance during dual neurodynamic and motor tasks while standing on a stable and unstable platform of a stabilograph was found to increase with age.

The fourth section “The relationship of neurodynamic, autonomic and motor support of mental performance in different age periods of ontogenesis” summarizes the results of the dissertation research.

The results of the work can be used for prognostic assessment of mental performance and functional reserve of the brain of people working in complex information loads. The use of dual neurodynamic and motor tasks may be useful in the diagnosis of patients with central nervous system disease.

Key words: mental performance, autonomic nervous system, integration, interference, figurative and verbal information, cardiointervalography, stabilography, ontogenesis.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В. Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Дослідження функціональних резервів розумової працездатності. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2018. № 8(381). С. 102–107. (Особистий внесок здобувача – розробка методики дослідження та оцінки рівня функціональних резервів розумової працездітності людини, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

2. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Спосіб визначення розумової працездатності за умови переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2018. Вип. 1. С. 70–79. (Особистий внесок здобувача – обгрунтування методики дослідження та способу визначення розумової працездатності людини, підготовка матеріалів до друку, інші автори проводили контрольні дослідження та приймали участь у обговоренні результатів).

3. Безкопильна С. В. Вікові особливості реактивності автономної нервової системи під час переробки інформації різної модальності та інтенсивності пред'явлення сигналів. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2020. № 1(389). С. 94–102.

4. Безкопильна С. В. Вікові особливості формування резервних можливостей розумової діяльності у дітей, підлітків та юнаків. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2019. Вип. 1. С. 7–12.

5. Безкопильна С. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П., Хоменко С. М. Інтегративні функції мозку під час виконання когнітивних та моторних завдань. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2020, № 1. С. 11–22.

(Особистий внесок здобувача – постановка проблеми та обгрунтування її актуальності, експериментальне тестування розумової працездатності та статокінетичної стійкості підлітків 13-14 років, статистичний аналіз та узагальнення отриманих цифрових масивів даних, інші автори проводили контрольні дослідження та приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

6. Bezkopylna S. V., Palabijik A. A., Candiba P. O. The peculiarities of the vegetative regulation of the heart rhythm in processing different modality and speed information of presenting irritators. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2018. № 2. С. 20–24. (Особистий внесок здобувача – організація і проведення експерименту, статистичний, варіаційний та спектральний аналіз сервего ритму під час переробки інформації різної модальності та швидкості предявлення подразників, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

7. Безкопильна С. В. Вікова динаміка розумової працездатності у осіб з порушеннями постави. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2020, № 2. с. 11-19.

Статті у зарубіжних наукових періодичних виданнях і виданнях, віднесених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Розумова працездатність дітей 8–9 років при пред’явленні подразників різної модальності та швидкості в режимі go/nogo/go /. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences.* 2018. Vol. 6(21), is. 179. P. 50–54. (*Видання внесено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus).* (Особистий внесок здобувача – розробка та апробація методики дозованого предявлення інформації для дослідження розумової працездатності дітей 8–9 років, організація і проведення експерименту, інтерпритація отриманих результатів, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

2. Lyzohub V. S., Chernenko N. P., Kozhemiako T. V., Palabiyik A. A., Bezkopylna S. V. Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain

systems while processing information of different modality and complexity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. Vol. 10(3). P. 288–294. *(Видання внесено до міжнародної наукометричної Web of Science).* (Особистий внесок здобувача – кореляційний аналіз показників швидкісних характеристик моторної та когнітивної функціональних систем мозку, інтерпретація отриманих результатів, інші автори приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

3. Lyzohub V., Kozhemiako T., Palabiyik A., Khomenko S., Bezkopylna S. Processing information in the go/nogo/go paradigm: interactions between cognitive function and the autonomic nervous system. *Health Problems of Civilization*. 2020. Vol. 14(1). P. 53–62. *(Видання внесено до міжнародної наукометричної Web of Science).* (Особистий внесок здобувача – організація і проведення експерименту, статистичний, варіаційний та спектральний аналіз сервего ритму під час переробки інформації різної модальності та швидкості предявлення подразників, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Методика дослідження розумової працездатності з поетапним підвищенням та зниженням швидкості пред’явлення інформації. *Адаптаційні можливості дітей та молоді*: матеріали XII Міжнар. наук.-практ.конф., 13–14 вересня 2018 р. Одеса, 2018. Ч. 2. С. 151–155. (Особистий внесок здобувача – обгрунтування методики дослідження та способу визначення розумової працездатності людини, підготовка матеріалів до друку, інші автори проводили контрольні дослідження).

2. Лизогуб В. С., Пустовалов В. О., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Переробка інформації в парадигмі go/nogo/go з поетапним підвищенням та зниженням швидкості пред’явлення подразників. *Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти*: матеріали I Всеукраїнської електронної наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 17

травня 2018 р. Київ, 2018. С. 93–95. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, статистична обробка результатів, аналіз і формування висновків, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

3. Безкопильна С. В., Кожемяко Т. В., Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Хоменко С. М. Особливості функціонування мозку за умови спільної моторної та розумової діяльності. *Адаптаційні можливості дітей та молоді*: зб. наук. пр., 10–11 вересня 2020 р. Одеса, 2020. Ч. 2. С.18–23. (Особистий внесок здобувача – постановка проблеми та обгрунтування її актуальності, експериментальне тестування розумової працездатності та статокінетичної стійкості підлітків 13-14 років, статистичний аналіз та узагальнення отриманих цифрових масивів даних, інші автори приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

4. Лизогуб В. С., Безкопильна С. В., Хоменко С. М., Кожемяко Т. В., Черненко Н. П., Пустовалов В. О. Вікова динаміка розумової працездатності у осіб з порушеннями постави. *Медико-біологічні проблеми фізичного виховання різних груп населення, ерготерапії, інклюзивної та спеціальної освіти*: матеріали VI наук.-практ. конф., 9 грудня 2020 р. Луцьк, 2020. С. 112–113. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментального дослідження, обробка результатів, підготовка матеріалів до друку, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

5. Лизогуб В. С., Кожемяко Т. В., Безкопильна С. В. Формування резервних можливостей розумової діяльності в онтогенезі. *Фізіологічний журнал*: матеріали ХХ-го з’їзду Українського фізіологічного товариства ім. П. Г. Костюка з міжнародною участю, присвяченого 95-річчю від дня народження академіка П. Г. Костюка, 27–30 травня 2019 р. Київ, 2019. Т.65, №3. С. 67. (Особистий внесок здобувача – організація і проведення експерименту, обробка результатів, підготовка матеріалів до друку, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

6. Лизогуб В. С., Безкопильна С. В., Кожемяко Т. В., Хоменко С. М. Взаємодія когнітивної та автномної нервової системи за умови переробки інформації у режимі GOL/NOGO/GOR. Матеріали чергового VIII з'їзду Українського біофізичного товариства, 12–15 листопада 2019 р. Київ–Луцьк, 2019. С. 54. (Особистий внесок здобувача – організація та проведення експерименту, статистичний, варіаційний та спектральний аналіз сервего ритму під час переробки інформації різної модальності та швидкості предявлення подразників, інші автори проводили контрольні дослідження та приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

7. Лизогуб В. С., Безкопыльная С. В., Хоменко С. Н., Черненко Н. П., Плабийик А. А. Изменяются ли когнитивные функции спортсменов в условиях совместной моторной деятельности? *Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма*: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., 8–10 октября 2020 г. Мозырь, 2020. С. 96–99. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментального тестування, статистична обробка результатів, аналіз та формування висновків, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

8. Безкопыльная С. В., Лизогуб В. С., Палабийик А. А. Возрастные особенности интегративных функций мозга при одновременном выполнении моторных и когнитивных заданий. Международная юбилейная науч.-практ. конф., 19–20 ноября 2020 г. Гомель, 2020. Ч. 1. С. 116-119. (Особистий внесок здобувача – обґрунтування проблеми та її актуальність, проведення експериментального дослідження, статистичний аналіз та узагальнення отриманих даних, інші автори приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

9. Лизогуб В. С., Безкопильна С. В., Кожемяко Т. В., Пустовалов В. О., Шпанюк В. В., Хоменко С. М. Функционирование мозга во время совместной моторной и когнитивной деятельности. *Методологические, теоретические и практические аспекты физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры*: материалы I (XIV)

международной науч.-практ. конф., 7–8 октября 2021 г. Гомель, 2021. Ч. 2. С. 149-153. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментального дослідження, узагальнення отриманих даних, аналіз та формування висновків, інші автори інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 20
ВСТУП 21
РОЗДІЛ 1. СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ 30
1.1. Актуальні питання розумової працездатності та її психофізіологічні властивості 30
1.2. Регуляторні функції автономної нервової системи у забезпеченні розумової діяльності дітей, підлітків та юнаків 44
1.3. Психофізіологічні особливості моторного забезпечення розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків 50
1.4. Роль нейродинамічних властивостей у забезпеченні розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків 56
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ 62
2.1. Організація досліджень 62
2.2 Авторська методика дослідження розумової працездатності та резервних можливостей головного мозку 63
2.3. Методи дослідження нейродинамічних та сенсомоторних властивостей розумової працездатності 67
2.4. Дослідження моторного компоненту розумової працездатності із застосуванням стабілографії 68
2.5 Методи дослідження вегетативного компоненту розумової працездатності за показниками варіативності серцевого ритму 70
2.6. Методи математичної статистики 72
РОЗДІЛ 3. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НЕЙРОДИНАМІЧНОГО, ВЕГЕТАТИВНОГО ТА МОТОРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДІТЕЙ, ПІДЛІТКІВ ТА ЮНАКІВ 73
3.1. Нейродинамічні характеристики розумової працездатності у дітей, підлітків та юнаків 73
3.1.1. Особливості розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків..... 73
3.1.2. Вікові особливості швидкості реакції диференціювання під час переробки образних та вербальних сигналів в тесті з реверсом..... 78

3.1.3. Вікові особливості якості (кількості помилок) виконання завдання за умови переробки образних та вербальних сигналів в тесті з реверсом 80
3.1.4 Особливості функціонального резерву головного мозку дітей, підлітків та юнаків 82
3.2. Особливості вегетативного забезпечення розумової працездатності в онтогенезі 90
3.2.1. Статистичні та спектральні характеристики варіабельності серцевого ритму у вегетативному забезпеченні розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків 91
3.2.2. Характеристика кореляційної ритмографії ВСР у вегетативному забезпеченні розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків за умов переробки сигналів різної модальності 98
3.3. Роль моторного компоненту у забезпеченні розумової працездатності здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з порушеннями постави 106
3.3.1. Вікові особливості виконання моторних завдань на стабільній та нестабільній платформі стабілографа у здорових та у осіб з порушеннями постави різного віку 109
3.3.2. Розумова працездатність та успішність виконання нейродинамічних завдань у здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з порушеннями постави 113
3.3.3. Особливості розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань у здорових та осіб з порушеннями постави різного віку 119
РОЗДІЛ 4. ЗВ’ЯЗОК НЕЙРОДИНАМІЧНОГО, ВЕГЕТАТИВНОГО ТА МОТОРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У РІЗНИХ ВІКОВИХ ПЕРІОДАХ ОНТОГЕНЕЗУ 140
ВИСНОВКИ 155
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 158
ДОДАТКИ 184

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АНС	автономна нервова система
ВНД	вища нервова діяльність
ВСР	варіабельність серцевого ритму
ІН	індекс напруження регуляторних систем
КР	кореляційна ритмографія
РВ2-3	реакція вибору двох з трьох подразників
РП	розумова працездатність
ССС	серцево-судинна система
СР	серцевий ритм
ФРГМ	функціональний резерв головного мозку
ЦНС	центральна нервова система
ХССР	хвильва структура серцевого ритму
HR	частота серцевих скорочень
TP	загальна (сумарна) потужність коливань R-R- інтервалів
SI	стрес-індекс, індекс напруження регуляторних систем
IC	індекс централізації
SD_1	амплітуда аперіодичних коливань R-R- інтервалів
SD_2	амплітуда періодичних коливань R-R- інтервалів
S	площа регулювання кореляційної ритмографії
КФР	коефіцієнт функції рівноваги
Length	довжина траєкторії коливання центру тиску
AvgSpeed	швидкість переміщення центру маси

ВСТУП

Актуальність теми. В останнє десятиліття у зв'язку зі збагаченням інформаційного середовища та комп'ютеризацією на людину діють різні види розумових навантажень. Щоденно ми переробляємо величезну кількість позитивної і негативної інформації, яка впливає на сприйняття, поведінку розумову діяльність та самопочуття [63, 197, 198]. Особливого значення набуває негативна інформація про пандемію COVID-19 [231], що призводить до зниження розумової працездатності, появи розладів у різних психофізіологічних системах, підвищення тривожності та депресії [187, 223]. Тому для біології та медицини вкрай важливо з'ясувати психофізіологічні механізми розумової працездатності та свідомої переробки інформації [57, 131]. Важливість досліджень по проблемі переробки інформації та квантових механізмів свідомості підкреслюється тим, що Hameroff S. і Penrose R. у 2020 р. стали Нобелівськими лауреатами [102].

Відомо, що розумова діяльність зв'язана з процесом прийому, збереження та переробкою інформації, яка вимагає напруження сенсорних систем, уваги, пам'яті, активації процесів мислення, емоційної сфери та вегетативних систем [52, 156, 173]. Для більшості видів розумової діяльності характерним є прискорений темп, різке збільшення об'єму і інтенсивності інформації та дефіцит часу для прийняття рішення, а також соціальна значимість і особиста відповідальність за результат [57, 131]. Все це призводить до зростання нервово-емоційного напруження, що і є однією з причин виникнення хвороби.

Зазначимо, що розумова діяльність проходить в умовах, коли одночасно вирішуються дві або декілька завдань. Успішне виконання розумових операцій у складних умовах традиційно важливе для професійної діяльності військових, спортсменів, у мистецтві, де пред'являються максимальні вимоги до швидкості переробки інформації, прийняття рішень, точності планування рухових актів [13, 54]. Для дослідження розумової діяльності, у складних умовах інформаційних навантажень, які вимагають обробки сигналів, що надходять з різних аферентних каналів, у тому числі і поєднання моторного завдання з

когнітивним та нейродинамічним, використовують подвійні завдання (dual-task) [54, 89, 95, 150]. У літературі описані різні варіанти подвійних задач [54, 150, 167, 220]. У якості конітивного та нейродинамічного компоненту подвійної задачі використовують промовляння слів, рахунок, спів [167, 186, 216] визначення кольору, виду, форми предметів або значення слова [79, 177, 180, 217]. Моторне завдання складається з ходьби, цілеспрямованої рухової функції рукою чи ногою, підтримання пози, попадання у ціль, чи одночасного виконуванання рухових та когнітивних завдань на нестабільній опорі [50, 174, 177, 203], а також дослідження швидкості простих та складних сенсомоторних реакцій [79, 89, 150]. У циклі робіт [179, 225] представлені результати дослідження кортикальної електричної активності за умов гальмування попередньої рухової установки у парадигмі Stop-Signal task порівняно із альтернативним моторним завданням у парадигмі Stop-Change task. Дослідження механізмів переробки та засвоєння звукової і моторної інформації у парадигмі dual-task є перспективним напрямком у контексті впливу музики на розвиток мозку, підвищення розумової працездатності, діагностики і корекції розладів мови [71, 96]. Кожне з цих видів діяльності має свою специфіку, однак вимоги до здатності розподіляти, переключати увагу і контролювати когнітивні, нейродинамічні та моторні процеси, залишаються загальними.

Як модель більш складних інформаційних навантажень переробки інформації різної модальності, що вимагають постійної взаємодії моторної, нейродинамічної та когнітивної систем, переключення уваги, обробки сигналів у пам’яті запропонований трьохстимульний тест диференціювання сигналів у режимі вибору двох подразників з трьох (PB2-3) [75, 80, 150]. Слід підкреслити, що переважна більшість досліджень розумової працездатності та переробки інформації у режимі PB2-3, особливості вищих психічних, моторних, вегетативних функцій та механізмів присвячені зрілому віку і пов’язані з трудовою активністю [79, 98, 100, 152]. Результати досліджень у осіб різного віку демонструють помилковість перенесення закономірностей та особливостей формування нейродинамічного, вегетативного та моторного забезпечення

розумової працездатності дорослих людей на дітей. Мозкові та вегетативні механізми, які забезпечують переробку великого об'єму та високої інтенсивності інформації різної модальності у дітей та підлітків не відомі [226]. Припускаємо, що вікові закономірності переробки інформації і взаємодії моторних, вегетативних, нейродинамічних систем при виконанні розумових завдань різної складності та модальності у дітей, підлітків, юнаків будуть мати психофункціональні особливості так як в цей віковий період відбуваються швидкі зміни у перебудові вищих психічних функцій [12]. Імовірно, що у дітей, підлітків і юнаків розумова працездатність та переробка складної інформації в режимі РВ2-3, а також переключення уваги супроводжуватиметься різними функціональними перебудовами у взаємодії нейродинамічної, моторної і автономної нервової систем та їх механізмів. Знання про вікові особливостей функціонування моторних і нейродинамічних систем мозку при виконанні складних інформаційних завдань дозволить встановити закономірності розвитку вищих психічних функцій та розумової діяльності в онтогенезі. Це необхідно для розробки адекватних методів професійної орієнтації та відбору, реабілітації і соціальної адаптації осіб із різними формами церебральної патології, а також оцінки ризиків для тих, хто працює в екстремальних умовах [54, 165].

Наведене вище відповідає гіпотезі про те, що формування розумової працездатності в онтогенезі за умови переробки інформації різної модальності та складності відбувається шляхом поступового підвищення рівня функціонування психофізіологічних властивостей організму дітей, підлітків і юнаків, а також посилення інтеграційних процесів у мозку та різних систем. Зазначене обумовлює актуальність дослідження вікових особливостей формування нейродинамічного, вегетативного та моторного забезпечення розумової працездатності в онтогенезі.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась згідно планів науково-дослідної роботи Черкаського національного університету імені Богдана Хмельницького, а також

відповідно до наукових досліджень в межах держбюджетних тем Міністерства освіти і науки України: «Механізми взаємодії систем організму як фізіологічні основи індивідуальності» (№ держреєстрації 0116U003830). Тема дисертації затверджена (протокол № 3 від 14.12.2017 р.) та уточнена на Вченій раді Черкаського національного університету ім. Б. Хмельницького (протокол № 6 від 27.05.2021 р.).

Мета – встановити закономірності та механізми формування нейродинамічного, вегетативного і моторного забезпечення розумової працездатності у дітей, підлітків та юнаків.

Для досягнення мети поставлені наступні завдання:

1. З'ясувати стан дослідження психофізіологічних механізмів розумової працездатності.

2. Дослідити нейродинамічні характеристики розумової працездатності у дітей, підлітків та юнаків.

3. Виявити особливості вегетативного забезпечення розумової працездатності в онтогенезі.

4. З'ясувати роль моторного компоненту у забезпеченні розумової працездатності здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з порушеннями постави.

5. Встановити зв'язок нейродинамічного, вегетативного та моторного забезпечення розумової працездатності за умови диференціювання інформації різної модальності та ступеня складності у дітей, підлітків та юнаків.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети та вирішення завдань дослідження нами використано такі методи:

теоретичні: аналіз та синтез науково-методичних джерел інформації, присвячених різним аспектам проблеми розумової працездатності;

медико-біологічні методи дослідження: сенсомоторне та нейродинамічне компьютерне тестування – для визначення кількісних та якісних характеристик розумової працезатності дітей підлітків та юнаків; кардіоінтервалографія – для з'ясування особливостей вегетативного забезпечення розумової працездатності

дітей підлітків та юнаків; стабілографія – з метою дослідження статокінетичної стійкості та обґрунтування ролі моторного компоненту у забезпеченні розумової працездатності здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з деформацією постави;

статистичні: статистичний – обраховували такі показники: середнє арифметичне ($\bar{x}$), середнє квадратичне відхилення (S), похибка середнього (m), медіана (Me), перцентилі розподілу: нижній квартиль (LQ) – відсікає 25% об'єктів з найменшими значеннями ознаки, верхній квартиль (UQ) – відсікає 25% об'єктів з найбільшими значеннями ознаки; порівняльний – відмінність між вибірками, за умови нормальності розподілу, визначали за критерієм Стьюдента, у тому випадку, коли розподіл відрізнявся від нормального, міжгрупові відмінності визначали за Н-критерієм Краскела-Уоліса; кореляційний аналіз – для визначення зв'язків між досліджуваними показниками. Для визначення статистичної достовірності отриманих результатів задавали рівень значимості $p<0,05$. Для розрахунків та графічного представлення результатів дослідження застосовували програми «Excel» та «Statistica».

Наукова новизна отриманих результатів. Новим у роботі є те, що в онтогенезі розумова працездатність знаходиться у залежності від вікових морфо-функціональних особливостей обстежуваних, швидкості і модальності пред'явлених для диференціювання трьохстимульних збудливих та гальмівних сигналів, а також рівня функціональної активності та взаємодії нейродинамічної, автономної і моторної систем. Вперше встановили, що розумова працездатність та взаємодія моторної, автономної та нейродинамічної систем мозку при переробці інформації різної модальності та складності у дітей, підлітків поступово підвищується і досягає найвищого рівня у юнаків 16–17 років.

Вперше виявили хвилеподібну залежність взаємодії нейродинамічної, моторної та автономної нервової систем від швидкості пред'явлення сигналів. Поступове підвищення темпу диференціювання вербальних сигналів у

трьохстимульному режимі від 30 і до 60, а для образних до 90 за хвилину характеризувалось підвищенням розумової працездатності та супроводжувалось активацією і посиленням взаємодії нейродинамічної, моторної і автономної нервової системи. Подальше зростання темпу пред'явлення вербальної інформації до 90 та 120 за хвилину для образних сигналів приводило до появи вегетонейродинамічного дисонансу.

Вперше з'ясовано, що у разі одночасного виконання подвійних моторних і нейродинамічних завдань у здорових дітей 7–8, підлітків 10–11, 13–14 та юнаків 16–17 років розумова працездатність та результати виконання моторного і нейродинамічного завдання на стабільній і нестабільній платформі стабілографа вищі, ніж у їх однолітків з деформацією постави.

З'ясували, що у юнаків 16–17 років більш високий рівень розумової працездатності досягається за умови інтеграційних процесів у моторних, вегетативних та нейродинамічних системах. Інтеграційні процеси, що беруть участь в організації функціональної системи розумової працездатності юнаків сформувалась на більш пізніших етапах онтогенезу у порівнянні з інтерференційними процесами, характерними для підлітків 10–11 і 13–14 та дітей 7–8 років.

Розвинуто, що рівень активації автономної нервової системи та механізми регуляції за умови виконання тестових завдань на розумову працездатність знаходились у залежності від віку обстежуваних та швидкості пред'явлення сигналів і не залежали від їх модальності.

Підтверджено, що у всіх вікових групах підвищення швидкості пред'явлення інформації супроводжувалось поступовим зростанням кількості помилок та частоти серцевих скорочень, стрес індексу, індексу централізації і зниження показників загальної потужності спектру, площі регулювання скатерограми, періодичних та аперіодичних коливань RR-інтервалів та зменшенням часу реакції диференціювання гальмівних і збудливих сигналів.

Доповнено, що інтегративні процеси у мозку, за умови одночасного виконання моторних і нейродинамічних завдань у тестах на розумову

працездатність знаходились у залежності від здатності контролювати рівновагу на стабільній та нестабільній платформі, віку обстежуваних і модальності сигналів.

Не виявили змін у розумовій працездатності та якості переробки образних сигналів під час додаткового впливу моторної аферентації, що виникала за умови виконання нейродинамічного завдання, стоячи на нестійкій платформі стабілографа. У разі одночасного виконання моторних і нейродинамічних завдань у підлітків 13–14 та юнаків 16–17 років як у здорових, так і у осіб з деформацією постави на нестійкій платформі розумова працездатність на вербальні сигнали значуще підвищувалась. У дітей 7–8 та підлітків 10–11 років за цих умов підвищення розумової працездатності не виявили.

Практичне значення отриманих результатів. В роботі представлено іноваційну методику дослідження та оцінки функціональних резервів головного мозку за умови переробки інформації різної модальності з поетапним підвищенням і зниженням швидкості пред’явлення сигналів [10, 40].

Запропонована методика та результати роботи можуть бути використані для прогностичної оцінки розумової працездатності та функціонального резерву головного мозку людей в умовах складних інформаційних навантажень, для психофізіологічної діагностики, визначення професійної орієнтації, професійного та спортивного відбору і професійно-психологічного обстеження операторів в різних сферах трудової діяльності, оцінки професійних якостей, виявлення гіпофронтальності мозку, гіперактивних і девіантних станів, дефіциту уваги, а також нейродегенеративних захворювань. Цей метод забезпечує надійність дослідження та достовірність оцінки прихованих можливостей людини з переробки інформації, які можуть бути реалізовані в екстремальних умовах. Використання подвійних нейродинамічних та моторних завдань можуть стати корисними у діагностиці осіб із різними формами церебральної патології, з хворобою Альцгеймера, Паркінсона.

Особистий внесок здобувача. Автором особисто виконано пошук та аналіз літературних джерел, проведено експерименту частину роботи,

здійснено статистичну обробку та теоретичне обґрунтування первинних результатів досліджень. Теоретичні положення, висновки, що викладено в роботі та опубліковано у вітчизняних і зарубіжних виданнях, належать автору. У спільних публікаціях автору належить: [54, 97] – постановка проблеми та обгрунтування її актуальності, експериментальні дослідження розумової працездатності та статокінетичної стійкості підлітків 10-11 та 13-14 років, статистичний аналіз та узагальнення отриманих цифрових масивів даних; [40] – розробка методики дослідження та оцінки рівня функціональних резервів резумової працездітності людини; [86, 122] – обгрунтування методики дослідження та способу визначення розумової працездатності у юнаків 16-17 років, підготовка матеріалів до друку; [114] – розробка та апробація методики дозованого предявлення інформації для дослідження розумової працездатності дітей 8–9 років, організація і проведення експерименту, інтерпритація отриманих результатів; [157, 209] – організація і проведення експерименту, статистичний, варіаційний та спектральний аналіз сервего ритму під час переробки інформації різної модальності та швидкості предявлення подразників; [150] – кореляційний аналіз показників швидкісних характеристик моторної та когнітивної функціональних систем мозку, інтерпретація отриманих результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень представлено та обговорено на Всеукрїнських та міжнародних науково-практичних кворумах: XX з’їзд Українського фізіологічного товариства, (Київ, 2019); Матеріали чергового VIII з’їзду Українського біофізичного товариства (Київ – Луцьк, 2019); XII та XIII міжнародна науково-практична конференція «Адаптаційні можливості дітей та молоді», (Одеса, 2018, 2020); X Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти», (Київ, 2018); VI Всеукраїнська науково-практична конференція «Медико-біологічні проблеми фізичного виховання різних груп населення, ерготерапії, інклюзивної

та спеціальної освіти», (Луцьк, 2020); VIII Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми фізичного виховання, спорту і туризму», (Мозирь, 2020); Міжнародна ювілейна науково-практична конференція присвячена 90-річчю Гомельського державного університету імені Франциска Скоріни, (Гомель, 2020); XIV Міжнародна науково-практична конференція «Методологические, теоретические и практические аспекты физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры», (Гомель, 2021).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Дисертація викладена на 199 сторінках, містить 16 таблиць, 21 рисунок, список використаних джерел складається із 232 найменування вітчизняних і зарубіжних видань.

РОЗДІЛ 1. СТАН ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНИХ МЕХАНІЗМІВ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

1.1. Актуальні питання розумової працездатності та її психофізіологічні властивості

В останні десятиліття, коли щодня зростає потік інформації на людину, актуальним стає питання її сприйняття і обробки. Саме тому розумова працездатність людини є об'єктом інтенсивних досліджень вчених [21, 114].

Розумова працездатність – це потенційна здатність людини виконувати протягом заданого часу певний обсяг розумової роботи, що пов’язана з опрацюванням інформації, без зниження її ефективності [137]. Розумова працездатність характеризується обсягом цілеспрямованої діяльності спрямованої на засвоєння інформації, що виконується на потрібному рівні інтенсивності протягом певного проміжку часу за визначеними критеріями якості та на заданому рівні надійності [57, 137, 138].

Деякі автори визначають, що «розумова працездатність» це вроджена і набута свідома і підсвідома потенція мозку здорової людини, завдяки якій відбувається аналіз, осмислення, запам’ятовування і синтез зовнішньої і внутрішньої інформації, використання її для побутової, трудової і творчої діяльності [15, 77, 90, 138, 159]. Вона базується на фізіологічних можливостях мозку та залежить від швидкості і якості процесів, які відбуваються в ньому [137]. Інші автори розумову працездатність характеризують за кількістю і якістю розумових операцій виконаних за певний час [151, 164].

Розумова працездатність є основним чинником, який забезпечує ефективність сприйняття та переробки інформації, її дослідженню приділялось багато уваги як вітчизняними [31, 64, 138, 142], так і закордонними авторами [175, 176, 184, 199]. Показники розумової працездатності ґрунтуються на фізіологічних можливостях мозку і залежать від швидкості і якості процесів, що відбуваються у ньому [21, 137]

До розумової працездатності відносять діяльність, яка пов’язана з процесом прийому та переробкою інформації, потребує значного напруження сенсорного апарату, уваги, пам’яті, активації процесів мислення, емоційної сфери і в той же час не потребує значних фізичних зусиль [52, 122, 173]. Розумова працездатність є одним з головних показників функціонального стану психіки, та інтегрує її основні характеристики: сприйняття, увагу, пам'ять. Розумову працездатність можна охарактеризувати як здатність людини в процесі більш-менш тривалої діяльності виконувати той чи інший обсяг розумової роботи певної складності за одиницю часу.

На показники розумової працездатності впливають: психофізіологічні особливості, функціональний стан нервової, серцево–судинної, ендокринної та інших систем організму, розвиток спеціальних знань, умінь і навичок [19]. Динаміку розумової працездатності людини вивчають у статево–віковому аспекті, залежно від індивідуально–типологічних особливостей вищої нервової діяльності, стану здоров’я та виробничих факторів. [122, 137].

Розумова працездатність в роботах М.В. Антропова, А.В. Аюровой, Н.Б. Бушанської, С.А. Нетопіной, Н.М. Попової та ін. розглядається у зв'язку з віком, статтю, станом здоров'я, психофізіологічними характеристиками людини (силою, рухливістю нервових процесів, тривожністю), з фізичною, сенсорною, навчальним навантаженням, успішністю навчання [123].

Вивченню вікових особливостей розумової працездатності учнів присвячені наукові праці [10, 21, 114]. Вони переконують у тому, що з віком відбувається зростання і формування сенсомоторної і психічної діяльності, які зв’язані з розвитком основних нервових процесів. Розумова працездатність учнів потребує напруження основних психічних функцій – пам’яті, уваги (особливо її концентрація та стійкість) та сприйняття. Крім того учбовий процес супроводжується стресовими ситуаціями (екзамени, контрольні роботи, заліки) [10, 21, 49, 114].

Вікова динаміка розумової працездатності залежить від біологічних та соціальних факторів, зокрема вона не однакова для осіб окремих

професій [114]. Розумова працездатність супроводжується функціональними змінами зі сторони нервової, ендокринної, серцево–судинної та інших систем. Проте, на відміну від фізичної працездатності в процесі розумової роботи ці зміни слабо виражені і проявляються при підвищеному емоційному напруженні.

Науково–технічний прогрес характеризують збільшенням напруження центральної нервової та ендокринної систем в процесі життєдіяльності і праці. В наш час збільшився об’єм переробки інформації в результаті підвищення темпу роботи, сфери спілкування з людьми і обслуговування, потужності і складності обладнання.

Працездатність людини зазвичай вивчають за допомогою різних психофізіологічних методів, які в першу чергу відображають рівень функціональних зрушень різних органів і систем. При розумовій діяльності вся основна інформація сприймається зоровим та слуховим аналізаторами. Рівень функціональних особливостей цих аналізаторів допомагає характеризувати працездатність людини. При розумовій працездатності крім здатності концентрувати увагу велике значення має і можливість її переключення з урахуванням зосередженості на певному завданні. Це залежить від стану рухливості нервових процесів, взаємозв’язку та концентрації процесів збудження і гальмування на більш високому рівні по відношенню до умовних сенсомоторних реакцій.

Данні літератури [21] вказують на те, що розумова працездатність та властивості ВНД людини тісно пов’язані між собою, час зорово–моторних реакцій залежить від сили нервової системи по відношенню до збудження чи гальмування. Латентні періоди умовних реакцій частково характеризують якість тих психічних процесів, на здійснення яких спрямовані реакції. Тому для визначення розумової працездатності вивчають ряд психофізіологічних показників [75].

При розгляді факторів, які формують розумову працездатність А. О. Навакатікян [90] виділяє моторику, сенсомоторні реакції, концентрацію і рухливість уваги, короткострокову пам’ять та інтелектуальні процеси.

Питання підвищення ефективності розумової працездатності в науковій літературі висвітлені досить детально. Встановлено, що психофізіологічні показники працездатності залежать від ступеня напруження, втоми, характеру трудової діяльності, статі та віку. На динаміку розумової працездатності (РП) впливають різноманітні психологічні, соціальні та інші фактори, які регулюють ефективність розумової праці. Вікова динаміка розумової працездатності залежить від рівня розвитку і дозрівання центральних коркових і підкіркових структур нервової системи [125]. Продуктивність розумової праці пов’язана з витратою енергетичного резерву організму і психіки. Динаміка розумової працездатності здійснюється відповідно до законів психофізіологічної активності структур головного мозку, які генетично обумовлені і діють з урахуванням факторів зовнішнього середовища [24]. Ефективність розумової працездатності визначають:

- психофізіологічні процеси, які є результатом діяльності нейронів кори великих півкуль (пам’ять, увага, сприйняття, мислення, концентрація і ін.);

- рівень сформованості спеціальних знань, умінь, навичок;

- фізіологічна активність (серцево–судинної, ендокринної та м'язової систем);

- психофізіологічні особливості вищої нервової діяльності. Слід зазначити, що розумова працездатність зв'язана з трьома групами факторів: 1. фізіологічні фактори (функціональна зрілість структур головного мозку і фізичного розвитку, поточного функціонального стану); 2. психологічні чинники (стан психічного здоров'я, емоційний стан, мотивація); 3. зовнішні чинники (умови діяльності, процес організації розумової діяльності).

Показано, що ефективність розумової діяльності вже на другу добу знижується майже на 50 %, при цьому погіршується концентрація уваги, зростає нервове напруження, збільшується час вирішення завдань,

розвиваються втома, апатія і байдужість до виконуваної роботи [18]. Розумова працездатність нестабільна, вона змінюється протягом усього робочого дня. На початку дня вона низька (період впрацьовування), потім зростає і тримається на високому рівні (період стійкої працездатності) і до вечора починає знижуватися (період втоми).

Інтенсивність розумової роботи у людини пов'язана зі збільшенням питомої ваги інтелектуальних видів діяльності та їх інтенсифікацією, вимагає більш глибокого вивчення стану розумової працездатності, оцінки її резервів і розробки способів її підвищення [10, 34, 114]. Корекція розумової працездатності людини може здійснюватися впливом на різні механізми і на різних рівнях, які об’єднують ці механізми.

Для визначення рівня розумової працездатності можна використовувати методику дозованого пред’явлення інформації з поступовим дискретним підвищенням та зниженням швидкості подачі подразників [122]. Ця методика дає можливість виявити не тільки показники розумової працездатності, але й адаптивні реакції та резервні можливості організму.

За умови розумової діяльності основне навантаження покладається на зоровий аналізатор та зоровий канал зв’язку. У зв’язку з цим методологічні підходи і методичні прийоми при вивченні розумової працездатності спрямовані на вивчення як функціональної діяльності зорового аналізатора, так і психологічних функцій, які пов’язані із зоровим сприйняттям інформації. До одного з методів дослідження та оцінки розумової працездатності відноситься дослідження часових і сенсомоторних реакцій [38, 81].

Визначення розумової працездатності за показниками сенсомоторних реакцій різної складності. При визначенні латентних періодів простої зорово-моторної реакції досліджуваному пропонують при появі заданої фігури або слова на екрані приладу якомога швидше натиснути на кнопку (у відповідь на це фігура або слово зникає). Час, який пройшов від подачі сигналу до відповіді досліджуваного (натискання кнопки) і є латентним періодом простої зорово-моторної реакції. При складній зорово-моторній реакції, чи реакції з вибором,

досліджуваному подаються три різні сигнали, відповідь на які повинна бути диференційована.

На практиці застосовують велику кількість модифікацій для визначення латентних періодів зорово-моторної чи слухо-моторної реакції. Латентні періоди умовних реакцій лише частково характеризують якість тих процесів, на здійснення яких спрямовані реакції. Тому для визначення працездатності оцінюють також ряд психологічних показників: увага, пам’ять, розумові процеси. Домінуючу роль у рівні розумової працездатності відіграє центральна нервова система, в структурах якої постійно генеруються процеси збудження і гальмування, що характеризуються згідно з І. П. Павловим [101] трьома властивостями: силою, врівноваженістю та рухливістю.

Дослідження розумової працездатності за допомогою комп’юторної системи «Діагност-1». Розроблений М. В. Макаренком та В. С. Лизогубом [121] спосіб визначення РП включає два режими виконання завдання по переробці сенсомоторної інформації – в режимі «зворотного зв’язку» та «нав’язаного ритму». Ці два режими роботи дають можливість оцінити здатність вищих відділів центральної нервової системи забезпечувати максимально можливий для кожного індивіда рівень швидкої дії за безпомилковим диференціюванням позитивних і гальмівних подразників з урахуванням швидкості, якості та кількості їх переробки, які зумовлені не лише високо генетично детермінованими типологічними властивостями вищої нервової діяльності (ВНД), а й властивостями функції пам'яті, мислення, сприйняття та уваги. Як розумове навантаження для переробки інформації застосовуються предметні (геометричні фігури, кольори) та словесні (назви рослин, тварин і неживих предметів) символи. Особливістю режиму «нав’язаного ритму» є те, що складність завдання з диференціювання позитивних і гальмівних сигналів, які йдуть один за другим у різній послідовності, підвищується поступово (ступенево) від досить простого (30 подразників за 1 хв.) до досить складного (150 подразників за 1 хв.). У режимі «зворотного зв’язку» при виконанні тестового завдання експозиція сигналу

змінюється автоматично залежно від характеру відповідей: після правильної відповіді експозиція наступного сигналу скорочується на 20 мс, а після неправильної, навпаки, подовжується на те ж значення. Діапазон коливань експозиції сигналу під час розумової роботи знаходиться в межах 900-20 мс. [75, 79].

Розумова працездатність, за цією методикою, може оцінюватися за кількістю переробки інформації та кількістю помилкових реакцій.

Визначення основних властивостей нервової системи має важливе значення для характеристики розумової працездатності людини. Адже особи з різною силою, врівноваженістю та рухливістю нервових процесів відрізняються за рівнем працездатності, стійкістю до стресових ситуацій.

На швидкість розумової діяльності можуть впливати також генетичні та фізіологічні фактори. Швидкість реакції має біологічні зрушення, які змінюються з віком.

Оскільки інтенсивність розумової роботи у людини пов’язана зі зростанням в її житті питомої ваги інтелектуальних видів діяльності та їх інтенсифікацією, це вимагає більш глибокого вивчення стану розумової працездатності, оцінки її резервів і розробки способів їх підвищення [10, 34, 114].

Визначення розумової працездатності із застосуванням літерної методики Анфімова. Коректурні літерні проби (таблиці Анфимова) допомагають вивчити особливості РП під дією одноманітних подразників, якими є літери. Різна кількість однакових букв у рядках виключає можливість запам'ятовування і одночасно вимагає великої зосередженості уваги.

Робота за допомогою таблиць виконується дітьми упродовж 4 хвилин і складається з двох частин. У першій частині завдання потрібно уважно переглядати кожен рядок, викреслювати літери А і Е. Через 2 хвилини зупинити роботу дітей і дати вказівку поставити трикутник на тому місці рядка, де вони зупинилися. Виконання другої частини завдання полягає в тому, що обстежувані продовжують викреслювати літери А і Е у всіх випадках, крім тих,

де ці літери утворюють склади «СА» та «ЕН». У цих випадках «СА» та «ЕН» потрібно підкреслювати.

Обробка матеріалу пов'язана з підрахунком кількості переглянутих знаків і допущених помилок у всій роботі і окремо в кожній частині. Під помилкою слід розуміти пропущені, не викреслені або будь-які закреслені незадані літери, а також невикреслені задані сполучення або підкреслені незадані літерні сполучення. Кожний пропущений рядок виключається із загального числа переглянутих рядків, але вважається за одну допущену помилку і додається до загальної кількості помилок.

Оцінка розумової працездатності здійснювалася за такою методикою: коефіцієнт точності виконання завдання (А): A=M/N; M – кількість викреслених знаків; N – загальна кількість знаків, які необхідно викреслити в переглянутому тексті; коефіцієнт розумової продуктивності (Р): P=A*S; S – загальна кількість переглянутих знаків [3].

В інших методиках визначення розумової працездатності та її властивостей, продуктивності, стійкості, розподілу і переключення використовується матриця з кільцями Ландольта [78].

Визначення розумової працездатності, продуктивності та стійкості із застосуванням бланкової методики з кільцями Ландольта. Коректурні таблиці (кільця Ландольта) застосовують для дослідження довільної уваги і для оцінки темпу психомоторної діяльності, працездатності і стійкості до монотонної діяльності, що вимагає постійного зосередження уваги [78].

Обстеження проводять за допомогою спеціальних бланків, що містять випадковий набір кілець з розривами, спрямованими в різні сторони. Випробуваний переглядає ряд і викреслює певні зазначені в інструкції кільця. Робота проводиться протягом 5 хв. Через кожну хвилину експериментатор вимовляє слово «риса», і в цей момент дитина повинна поставити риску в тому місці бланка з кільцями Ландольта, де його застала ця команда. Після того, як 5 хв минули, експериментатор вимовляє слово «стоп». За цією командою дитина повинна припинити роботу і в тому місці бланка з кільцями, де застала його ця

команда, поставити подвійну вертикальну риску. Розумову працездатність оцінюють за кількістю пропущених (не викреслених) знаків, а також за часом виконання завдання [78].

Продуктивність і стійкість РП визначається за формулою: S = (0,5N - 2,8n) / t; де: S – показник продуктивності і стійкості РП; N – кількість кілець, переглянутих дитиною за хвилину (якщо за допомогою цієї формули визначається загальний показник продуктивності і стійкості за всі п'ять хвилин, то, природно, N буде дорівнює числу кілець, переглянутих протягом п'яти хвилин, наступний показник п – числу помилок, допущених протягом п'яти хвилин, а знаменник даної формули – 300); n – кількість помилок, допущених дитиною за цей же час; t – час роботи в секундах [78].

Як ми вже відмічали, що РП пов’язана з психічними процесами: увагою, пам’яттю, мисленням, сприйняттям, тому їх визначення і оцінка буде мати важливе значення для розгляду у цій роботі.

Дослідження розумової працездатності за показниками розподілу уваги. Інструкція, яку в цій методиці отримують досліджувані, аналогічна тій, яка їм давалася при проведенні попередньої методики з кільцями Ландольта. Однак в даному випадку обстежуваним пропонується знаходити і по-різному закреслювати одночасно два різних види кілець, що мають розриви в різних місцях, наприклад зверху і зліва, причому перше кільце слід закреслювати одним способом, а друге іншим. Процедура кількісної обробки та спосіб графічного представлення результатів такі ж, як і в попередній методиці, але результати інтерпретуються як дані, що свідчать про розподіл уваги [78].

Дослідження розумової працездатності за показниками переключення уваги. В цій методиці використовується такий же бланк з кільцями Ландольта, як і в інших попередніх випадках, але в супроводі дещо іншої інструкції. Протягом першої хвилини досліджувані повинні будуть знаходити і закреслювати одним способом кільця одного типу (з однією орієнтацією розриву), а протягом наступної хвилини–кільця іншого типу (з іншої орієнтацією місця розриву), і так далі по черзі протягом всіх п'яти хвилин.

Обробка, представлення та інтерпретація результатів така ж сама, як і в інших попередніх методиках [78].

Дослідження розумової працездатності за показниками обсягу уваги. Ця методика використовується у тому ж вигляді, в якому представлена раніше [78]. Оцінюється обсяг уваги дитини за десятибальною шкалою. Ми маємо дані про те, що середній обсяг уваги дорослої людини становить від 3 до 7 одиниць. Для дітей старшого дошкільного і молодшого віку нижня його межа –3 одиниці, ймовірно, залишається такою ж, як і для дорослих людей. Що ж стосується верхньої межі, то вона залежить від віку, так як увага в дитинстві, в тому числі і її обсяг, розвивається. Для старших школярів і молодших школярів верхня межа норми уваги приблизно дорівнює віку дітей, якщо вона не перевищує середній обсяг уваги дорослої людини. Середній обсяг уваги 3 – 4-річних дітей приблизно становить 3 – 4 одиниці, середній обсяг уваги 4 – 5-річних – 4 – 5 одиниць, відповідно 5 – 6-річних – 5 – 6 одиниць. Приблизно на останніх із зазначених рівнів середній обсяг залишається у дітей, що навчаються в двох перших класах школи, а потім кілька підвищується, досягаючи до 3 – 4 класах приблизно тієї величини, яка характерна для дорослих людей.

Відповідно до цього встановлюється наступна шкала переведення експериментальних показників обсягу уваги дітей в прийняту десятибальну шкалу: 10 балів – обсяг уваги, що дорівнює 6 одиницям і вище; 8 – 9 балів – обсяг уваги, що становить 4 – 5 одиниць; 4 – 7 балів – обсяг уваги, що дорівнює 2 – 3 одиницям; 0 – 3 бали – обсяг уваги менше 2 одиниць.

Діти, які отримали 10 балів, вважаються не тільки повністю готовими до школи за рівнем розвитку уваги, але і переважаючими в цьому відношенні багатьох своїх однолітків.

Діти, які отримали 8 – 9 балів, також вважаються цілком готовими до початку навчання в школі. Однак, якщо таку оцінку отримують діти, вже навчаються в 3 – 4 класах, то вона розглядається як що знаходиться нижче норми. Для дітей, що у школу, показники обсягу уваги на рівні 4 – 7 балів вважаються допустимими, а для дітей, що вже навчаються в школі, занадто

низькими. Якщо дитина отримує 0 – 3 бали, то незалежно від того, чи надходить він в школу або вже вчиться в ній, його обсяг уваги розглядається як недостатньо високий. Відносно таких дітей робиться висновок про те, що вони за ступенем розвитку своєї уваги ще не готові навчатися в школі [78].

Однією з характеристик, що відображають розумову працездатність, є пам’ять [20, 78]. Пам'ять дозволяє індивіду відтворювати події, думки, звуки, відчуття, вибудовувати взаємозв'язок між ними, приймати подальші рішення на основі них [78].

Пам’ять людини можна поділити на види згідно нижченаведених категорій: по часу зберігання інформації – сенсорна, короткочасна, робоча (оперативна), довготривала пам'ять; за типом інформації – вербальна і невербальна пам'ять; по задіяному органу почуттів – зорова, слухова, нюхова, смакова та дотикова пам'ять [78].

Пам’ять дитини відрізняється від пам'яті дорослих. Так як дитина буде краще запам'ятовувати виходячи з отриманих вражень і його зацікавленості. У дітей молодшого віку фази пам'яті трохи відмінні від основних, зазначених вище: запам'ятовування; збереження; пригадування; впізнавання; відтворення [20]. Основна особливість пам'яті дітей молодшого віку полягає в переважанні мимовільного запам’ятовування, при цьому переважним видом пам’яті є образна. У цьому віці найбільш інтенсивно розвиваються наступні види пам’яті: образна (уяву дитини малює образ почутого слова, закріплюючи його в пам'яті і при відтворенні відновлює слово з образу); слухова (запам'ятовування слів, звуків, встановлення їх асоціації); зорова (запам'ятовування картинок, зовнішніх форм предметів); рухова (ґрунтується на повторенні заданого зразка рухів, наприклад, при виконанні побутових операцій, при вивченні танцю і т.д.) [20]. Отже пам’ять є складною когнітивною функцією, проте вона здатна до розвитку шляхом постійних тренувань.

Існують дві форми пам’яті – короткочасна і довготривала. Короткочасна зорова пам'ять є однією з найважливіших когнітивних функцій людини, що грає основну роль в забезпеченні цілісності поведінки Захаров та ін., 2014 [48]

Bogacz, Brown, Giraud-Carrier, 2001 [160]. Короткочасна пам’ять є необхідним етапом для переходу в довготривалу пам’ять, інформація з короткочасної пам’яті легко передається в довготривалу пам’ять, об’єм короткочасної пам’яті обмежений [20].

Дослідження розумової працездатності за показниками різних властивостей пам’яті. Методика «пам’ять на числа», «пам’ять на слова» призначена для дослідження короткочасної зорової чи слухової пам’яті. Досліджуваному пред’являють на протязі 30 секунд таблицю з 10 чітко намальованими двохзначними сигналами чи 10 одно- двохскладовими словами, не зв’язаними між собою логічно. По закінченню часу експозиції таблиці обстежуваний на протязі 1 хвилини записує на бланк у довільному порядку числа або слова, які він запам’ятав. Друге дослідження проводиться вслід за першим, але з другими числами і словами для запам’ятовування [78].

При оцінці об’єму пам’яті за чотирьохбальною системою за правильне відтворення обстежуваний отримує наступні оцінки: 16 і більше чисел (слів) – відмінно; 12 – 15 чисел (слів) – добре; 8 – 11 чисел (слів) – задовільно; 7 і менше чисел (слів) – погано.

Дослідження розумової працездатності за показниками різних властивостей мислення. Мислення – властивість мозку, яка визначається особливостями вищої нервової діяльності, нейрофізіологічними процесами. Індивідуальні особливості мислення проявляються не тільки на рівні розвитку цих процесів, та їх видів, але і в таких якостях мислення як гнучкість,швидкість, самостійність, логічність. Для дослідження властивостей мислення використовуються методики, які включають в себе рішення різного роду логічних задач [78].

Методика «встановлення закономірностей». Ця методика призначена для вивчення деяких особливостей процесу мислення (активності, кмітливості) та оперативної пам’яті. Використовується при проведенні групового обстеження. На картці є 25 рядків, на початку кожного розташовані умовні знаки (від4 до 8), а потім п’ять слів з такою ж кількістю букв. Кількість знаків у рядках та букв у

словах збільшується зверху вниз (перші п’ять рядків по 4 знаки, другі – по п’ять знаків, п’ять наступних рядків – по вісім знаків). Обстежуваним необхідно знайти певну закономірність у розташуванні знаків та закреслити у цьому ж рядку те слово, в якому порядок букв відповідає цій закономірності. Завдання виконується на протязі 8 хвилин. Експерементатор за допомогою бланку дає інструкцію. Обробка проводиться за допомогою бланка-ключа, на якому відзначені правильні рішення у кожному рядку [78].

Дослідження розумової працездатності за показниками сприйняття. Сприйняття сприяє розвитку уваги і відчуття, в результаті чого виникають високорозвинені індивідуальні спеціалізовані психофізіологічні властивості. Процеси сприйняття поділяються на: зорові, спеціалізовані та сприйняття руху. Зорове сприйняття характеризується об’ємом та глибиною зору. Сприйняття – це психічний процес віддзеркалення предмета або явища в цілому, в об’єднанні його властивостей та частин [116].

На завершення розгляду питання про фізіологічну характеристику РП та її властивостей слід звернути увагу на відсутність та недосконалість методів дослідження резервних можливостей розумової працездатності. Тому ми розробили авторську методику визначення РП та резервних можливостей ГМ з дозованим пред’явленням інформації різної модальності.

Для визначення рівня розумової працездатності ми використали методику дозованого пред’явлення інформації з поступовим дискретним підвищенням та зниженням швидкості подачі подразників [122]. Ця методика дає можливість виявити не тільки показники розумової працездатності, але й адаптивні реакції та резервні можливості організму. Для визначення та оцінки розумової працездатності використовується нейрофізіологічний тест з пред’явленням стимулів Go (на які відповідь потрібна) і стимул Nogo (на які відповідь не потрібна) [122]. Показник розумової працездатності (РП) за умови переробки інформації з різною швидкістю пред’явлення подразників визначається за формулою РП = К/Т; де К – кількість переробленої інформації (240 сигналів) мінус кількість помилкових реакцій, а Т – загальний час роботи (210 с) [122].

Функціональні резерви розумової працездатності характеризують приховані можливості РП людини по переробці інформації, які можуть бути реалізовані в умовах екстремальної розумової діяльності [10, 40]. На рівні нейромереж функціональний резерв розумової працездатності визначається числом активно функціонуючих нейронів у порівнянні до загального числа нейронів. Найбільш високий рівень функціональних резервів проявляється у зниженні енергетичних витрат на одиницю роботи, підвищення інтенсивності і ефективності функціонування різних систем організму та мозку. На рівні цілісного організму функціональні резерви розумової працездатності проявляються у можливостях здійснення цілісних реакцій, які забезпечують вирішення розумових завдань різної складності в екстремальних умовах діяльності [104, 193]. Визначення рівня функціонального резерву розумової працездатності людини є надзвичайно важливим для виявлення її індивідуальних здібностей та спроможності виконувати певні види трудової діяльності в екстремальних умовах.

Підсумовуючи результати багатьох досліджень [57, 64, 131] можна узагальнити, що розумова працездатність, як функціональна система знаходитись у залежності від: - індивідуальних (типологічних) властивостей нервової системи; - індивідуальних особливостей психічного реагування на поведінковому рівні і стресостійкість; - профілю функціональної асиметрії та ефективності міжпівкульної взаємодії; - функціонального стану центральної нервової системи і його зміни в процесі життєдіяльності; - функціонального стану аналізаторів; - продуктивності і надійності діяльності; - від психофізіологічних властивостей.

Отже, результати різних авторів, а також діагностичні можливості застосування методики психофізіологічного обстеження розумової працездатності, є всі підстави стверджувати, що за умови врахування всіх перерахованих вище компонентів можна вести мову про цілісність досліджень і прогностичну валідність результатів досліджень. Важливість такого підходу до розробки тестів дослідження не підлягає сумніву, оскільки тільки об’єктивне і

розгорнуте психофізіологічне обстеження осіб різного віку дозволить одержати необхідні дані для складання фізіологічно обґрунтованих рекомендацій з оптимізації розумової діяльності. Вивчення різних аспектів розумової працездатності вимагає застосування інтегрованого, міждисциплінарного наукового підходу. Тому, у нашій роботі ми намагалися з'ясувати теоретичні основи та розробити спосіб дослідження та оцінки розумової працездатності з поступовим підвищенням та зниженням швидкості пред'явлення сигналів різної модальності у віковому аспекті.

1.2. Регуляторні функції автономної нервової системи у забезпеченні розумової діяльності дітей, підлітків та юнаків

Успішність розумової діяльності багато в чому залежить від умов кровопостачання головного мозку. Об'ємна швидкість мозкового кровотоку у здорової людини в значній мірі визначається серцевим викидом [213]. Регуляція роботи серця тісно пов'язана з роботою різних нейрогуморальних контурів, що підтримують ряд констант крові (артеріального тиску, насичення крові киснем і ін.) і забезпечують адаптацію організму до стресових факторів. Активність таких контурів проявляється у варіабельності серцевого ритму (ВСР) [5, 22], що відображає процеси саморегуляції різних гомеостатичних функціональних систем і здатність до адаптації під час навантажень [201]. Ведучий рівень центрального контуру регуляції серцевого ритму включає механізми коркового контролю [5, 224]. З іншого боку, аферентація від рецепторів вісцеральних контурів впливає на активність кори головного мозку. Є дані про зв'язок кардіосинхронної вісцеральної аферентації з електрофізіологічними проявами мозкової діяльності (ЕЕГ, викликаними потенціалами) [47, 138].

Автономна нервова система є невід'ємною частиною нервової системи людини, що іннервує серце, кровоносні і лімфатичні судини, внутрішні органи, забезпечує сукупність процесів клітинного живлення, що забезпечують життєдіяльність клітин, тканин і органів [106]. Автономна нервова система

поділяється на симпатичну та парасимпатичну. Симпатична частина іннервує всі органи і тканини організму, в той час, як парасимпатичну іннервацію не мають кровоносні судини (окрім коронарних), потові залози, скелетні м'язи, мозкова речовина надниркових залоз [106].

Симпатичний та парасимпатичний відділи АНС відрізняються між собою за анатомічною будовою, функціональними ефектами та медіаторами. В органах, що мають подвійну іннервацію в більшості випадків спостерігається абсолютно протилежний функціональний ефект впливу симпатичного та парасимпатичного впливу автономної нервової системи. Наприклад, впливи симпатичної нервової системи на серце проявляються в скороченні RR-інтервалів та звужені судин, парасимпатичної – в уповільненні частоти серцевих скорочень та розширені судин [88, 106].

Автономна нервова система виконує функції по забезпеченню гомеостазу організму, його адаптації до різних змін у навколишньому середовищі, психічні функції та фізичну діяльність на основі мобілізації енергетичних ресурсів, серцево-судинної, дихальної та інших систем організму. Автономна нервова система здійснює пусковий, коригуючий та адаптаційно-трофічний вплив на внутрішні органи, забезпечуючи тим самим підтримку відносної рівноваги внутрішнього середовища організму [119]. Стійкість організму до стресових впливів, збереження сталості внутрішнього середовища багато в чому залежать від стану регуляторних механізмів вегетативної нервової системи, зокрема від взаємодії симпатичного і парасимпатичного відділів [126].

Характеристики (статистичні, варіаційні та спектральні) серцевого ритму сьогодні використовують як маркери адаптаційних процесів, що відбуваються в організмі людини. Одним із методів дослідження функціонального стану автономної нервової системи [87, 134, 137, 138] є варіаційна статистика та спектральний аналіз серцевого ритму, що відбивають стан вегетативних впливів на серце, а саме баланс між симпатичним та парасимпатичним тонусом, автономним та центральним контуром управління ритмом серця [7]. На основі математичної оброки кардіоритмограми, що дозволяє отримати ряд часових,

спектральних і геометричних показників, здійснюється об’єктивна оцінка стану автономної нервової системи, зокрема її симпатичного і парасимпатичного відділів [87].

Специфіка регуляції серцевої діяльності центральною та автономною нервовою системами, що виявляється в коливаннях серцевого ритму, надає можливість отримати інформацію про міру впливу регуляторних механізмів різного рівня на роботу серця та стан організму в цілому.

Ряд фундаментальних узагальнень з питань, що стосуються інтерпретації показників варіабельності серцевого ритму при різних фізіологічних і патологічних станах представлено в роботах таких вчених, як Р. М. Баевський [5], С. А. Котельников [22], В. М Михайлов [88], С. О. Коваленко, Л. І. Кудій [60], Е. А. Гаврилова [28], Н. И. Шлик [128].

Серцевий ритм, містить інформацію не лише про серцеву діяльність, але і про діяльність регуляторних систем, що управляють функціями цілісного організму [32, 112]. На основі методів, що дозволяють оцінити зміни впливу регуляторних механізмів на серцевий ритм у відповідь на різні подразники – фізичні [32, 112], психічні (розумова праця, повідомлення про результативність діяльності) [12], фармакологічні препарати [69], можна отримати інформацію про стан адаптаційно-пристосувальних механізмів, скласти прогностичну оцінку стану організму.

Зміни серцевої діяльності під час напруженої розумової роботи залежать від багатьох факторів, в тому числі від емоційного стану, реактивності нервової системи, вихідного функціонального стану серця і судин, а також від зацікавленості швидко і правильно вирішувати поставлені завдання, складності завдання і, особливо, ліміту часу. Зміни серцевої діяльності є не тільки показниками емоційного стресу, а й наслідком адаптаційних перебудов у системі кровообігу відповідно до характеру розумової діяльності [27, 107].

На сьогодні в науковій літературі досить ретельно висвітлено проблему вегетативної регуляції серцевого ритму за умов фізичного навантаження різної величини та спрямованості у людей різного віку та рівня фізичної

підготовленості [11, 16, 39, 59]. Загальною закономірністю таких змін є те, що в спокої та при дозованих фізичних навантаженнях відбувається економізація діяльності серцево-судинної системи, а при максимальних навантаженнях її мобілізація [55]. Дане положення стосується фізичних навантажень, особливості вегетативної регуляції діяльності серцево-судинної системи під час розумового навантаження не достатньо вивчені.

У зв’язку з тим, що в певних умовах життєдіяльності варіативність показників серцевого ритму дуже велика, дослідження регуляторних систем у конкретних груп людей та їх об’єктивна оцінка можлива лише за стандартних умов. Так, наприклад, навчання у закладах освіти передбачає, насамперед, вплив розумових навантажень на організм людини. Тому, для оперативного педагогічного і лікарського контролю за ходом і плануванням навчального процесу важливими є знання про особливості стану регуляторних систем (на основі аналізу варіабельності серцевого ритму) саме за умов розумової діяльності [128].

За свідченнями ряду вчених [68], інформаційні навантаження, викликають підвищення рівня неспецифічної активації, пригнічення парасимпатикотонії. Наростання вегетативних зрушень, істотне зростання ситуативної тривожності, що свідчить про високу ціну адаптації до такого роду навантажень. У зв’язку з цим, для розробки адекватних програм навчальних навантажень та для попередження явищ дезадаптації важливою є проблема прогнозування функціональних можливостей учнів на основі оцінки адаптаційного ресурсу нервової та вегетативних систем їх організму [120].

На сьогодні в наукових джерелах інформації представлено результати ряду досліджень варіабельності серцевого ритму за умов різних видів розумової діяльності, що вимагає мобілізації нейродинамічних функцій центральної нервової системи [8, 61, 83, 115, 137].

В дослідженнях А. Н. Поборского [105] та Ю. В. Щербатих [147] представлено нейровегетативні аспекти регуляції ритму серця студентів з різним рівнем тривожності. Збільшення ступеня тривожності супроводжуються

посиленням симпатичних впливів на серцеву діяльність, що найбільшим вираженими є у студентів з високим рівнем тривожності [105]. Емоційний стрес обумовлює зниження стандартного відхилення кардіоінтервалів та підвищення індексу напруження, що вказує на зміни в балансі між симпатичним та парасимпатичним відділами вегетативної нервової системи [61, 137, 146].

В роботі О. В. Каленіченка, Л. І. Кудій та Р. В Безрукавого [55] представлено дослідження варіабельності серцевого ритму у студентів-спортсменів різної спрямованості тренувального процесу під впливом розумового навантаження. Розумове навантаження, тривалістю 40 хвилин, полягало у реакціях з вибором при частоті пред'явлення 60 подразників за хвилину, призводило до суттєвих змін у регуляції серцевого ритму. Результати дослідження дозволили встановити значні відмінності між досліджуваними. У студентів зі спрямованістю тренувальних навантажень на витривалість у порівнянні зі студентами силових видів була більше активована симпатична ланка автономної нервової системи.

Робота І. О. Криволапчук та М. Б. Чернової присвячена вивченню особливостей психофізіологічної реактивності дітей та підлітків 6–14 років при здійсненні інтелектуальної діяльності в режимі оптимального і максимального темпу роботи. Результати дослідження вказують на те, що розумові навантаження викликають підвищення рівня неспецифічної активації центральної нервової системи і зростання напруги регуляторних механізмів. Так, при зміні режиму інтелектуального навантаження відбувається підвищення активності симпатичного відділу автономної нервової системи та збільшення психофізіологічних «витрат» на переробку значної кількості інформації, що, на думку вчених, вказує на більш високу ціну адаптації до роботи в максимальному темпі порівняно з роботою в «комфортному» режимі [68].

Дослідження [92, 148] вказують на те, що спектральний аналіз серцевого ритму дозволяє судити про стан сегментарних і надсегментарних структур мозку. На думку S. Akselrod [151], частотні характеристики варіабельності

серцевого ритму відображають рівень і характер метаболічних процесів і особливості їх нейровегетативної регуляції.

К. А. Апихтін та А. В. Швец досліджуючи особливості нейровегетативного забезпечення діяльності у осіб з різним рівнем розумової працездатності, на основі кореляційного аналізу показників варіабельності серцевого ритму та розумової працездатності встановили, що у осіб з високим рівнем розумової працездатності остання забезпечується підвищеним тонусом парасимпатичної нервової системи, що вказує на підвищення загальної ВСР і зниження ступеня централізації управління серцевим ритмом, в той час як у осіб з низьким і середнім рівнями розумової працездатності остання забезпечується підвищенням ступеня централізації управління серцевим ритмом, що, зокрема, проявляється зниженням абсолютної та питомої вагусной активності [4].

Н. П. Черненко-Курагіна вказує, що «для розуміння біологічних основ індивідуальних відмінностей між людьми, нейрофізіологічних механізмів складних психічних явищ та розробки профілактичних засобів розвитку розумової втоми і захворювань нервової та серцево-судинної систем актуальним є дослідження ролі індивідуально-типологічних властивостей вищих відділів центральної нервової системи у регуляції серцевого ритму при розумовій діяльності в умовах різного ступеня інформаційних навантажень» [139]. В результаті дослідження індивідуальних реакцій гемодинаміки головного мозку та регуляції серцевого ритму при розумовій діяльності з низькою швидкістю пред’явлення інформації вченою встановлено, що типологічні властивості основних нервових процесів за умови переробки інформації на низькій швидкості її пред’явлення обумовлюють різну участь механізмів регуляції гемодинаміки головного мозку та серцевого ритму [139].

Переробка складної інформації різної модальності у режимі диференціювання РВ2-3 і переключення уваги супроводжується різними перебудовами не тільки у взаємодії нейродинамічної [156, 163, 209], а і кількісними та якісними характеристиками регуляції серцево-судинної системи

[36]. Дослідники вказують на діагностичну і прогностичну цінність нелінійного аналізу варіабельності серцевого ритму та характеристик кореляційної ритмографії [6, 182]. Цей метод дозволяє виділити періодичні та аперіодичні коливання варіабельності серцевого ритму на графіку Пуанкаре-Лоренца [36].

Проблема взаємодії регуляторних механізмів в динаміці варіабельності серцевого ритму при нейродинамічній діяльності остаточно не вирішена і продовжує привертати увагу дослідників [17, 224].

1.3. Психофізіологічні особливості моторного забезпечення розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків

Навчальний процес не завжди враховує особливості фізичного, нейродинамічного та психофізіологічного розвитку дітей , підлітків та юнаків.

Розвиток моторики є найважливішим чинником, що підвищує працездатність кори головного мозку [144]. Дослідженнями вчених М. М. Кольцовой, Є. І. Ісеніной, Л. В. Антакова-Фоміної Інституту фізіології дітей і підлітків АПН РФ був підтверджений зв’язок інтелектуального розвитку з моторикою. Класичні роботи В. М. Бехтерева, А. Н. Леонтьєва, А. Р. Лурія, П. Н. Анохіна, І. М. Сеченова довели вплив моторики на функції вищої нервової діяльності.

Важливою особливістю моторики є здатність людини відображати об’єктивну інформацію про рухову діяльность, точно контролювати рухи і ефективно управляти ними.

Моторика – це сукупність скоординованих дій нервової, м’язової і кісткової систем, в поєднанні із зоровою системою [46]. Моторика людини є складною функціональною системою, що складається з сенсорної, моторної і нейродинамічної підсистем управління руховою діяльністю [46].

Доведено, що в цілому моторика впливає на діяльність індивідуума, більш того, показники моторики, що проявляються в момент виконання дії або в момент прийняття рішення про дію, можуть в значній мірі визначити успіх чи невдачу цілеспрямованої діяльності. Моторні якості підлягають зміні в процесі

тренувань [82]. В моториці відбивається практично вся його характеристика особистості як суб'єкта діяльності, тому що саме моторика виконує інтегруючу функцію всіх аналізаторних систем людини [82].

Експериментально виявлено закономірності гетерохронного розвитку моторики у дітей, підлітків і юнаків, що залежать від статевих, індивідуально-вікових особливостей і психолого-педагогічного вдосконалення рухового аналізатора [116].

Фахівці з вікової психології виділяють період 11–14 років, як сенситивний для розвитку ряду психічних якостей, в першій половині цього періоду переважнає розвиток сенсомоторних якостей, а в другій – когнітивних. В. В. Мезенцев визначає антагоністичні характеристики розвитку моторних і когнітивних якостей: до 13 років перевагу мають моторні якості, що поступаються першістю у розвитку когнітивним, для яких сенситивним є вік 14 років і старше. Разом з тим, сенситивним періодом удосконалення швидкості простої реакції є вік 11–12 років, для швидкості реакції вибору – 13–14 років [85].

Моторні здібності ефективно формуються у школярів старших класів за допомогою спеціально розроблених методичних прийомів, комплексу моторних вправ і тестів (ситуативне навчання), що забезпечують більш активний руховий розвиток учнів в порівнянні з традиційними методами фізичного виховання за рахунок випереджаючого формування психічних механізмів управління руховими діями [116].

У всіх технологіях розвитку моторних якостей має місце навчання, що орієнтоване і спрямоване на стимулювання пізнавальних процесів, свідомого і несвідомого компонентів пізнання і підвищення самостійності та активності у руховій діяльності, збільшення інтересу і потреби в спеціальній руховій діяльності, що сприятливо позначається як на загальному, так і спеціальному рівнях розвитку психофізичної сфери людини.

Рухові навички в цілому включають в себе як навички великої моторики, так і навички дрібної моторики, що безперервно розвиваються на протязі всього

періоду дитинства. Дрібна моторика включає точність, контроль, координованість і спритність рухів верхніх кінцівок, в той час як навички великої моторики включають в себе рухи великих м'язових груп, тобто координацію тіла в цілому, в тому числі рівновагу [178].

Дослідження вказують, на те що характеристики рухових навичок тісно взаємопов'язані з нейродинамічними здібностями [189, 227]. Дослідженнями Р. Вассенберга і співавторів [211] виявилено, що рухові навички пов'язані з результатами виконання нейродинамічних завдань. Дослідженнями ряду вчених [178] вказано на те, що руховий розвиток може визначати порядок формування нейродинамічних та перцептивних здібностей [178].

Координація сенсомоторних та моторних компонентів рухових актів є важливою умовою функціонування сенсорної системи [116].

Найбільш простим і доступним методом, який відображає динаміку швидкості нервових процесів, їх переключення, рівень зорово-моторної координації, загальний рівень розумової працездатності та активності центральної нервової системи, є оцінка характеристик зорово-моторних реакцій різної складності [109, 214].

Прості зорово-моторні реакції забезпечуює пірамідно-стріальний рівнь організації рухів [145]. Складні зорово-моторні реакції належать виключно до кортикального рівня моторних дій, що полягають у розрізненні сигналів і виборі, відповідно до цього різних способів реагування. На основі параметрів простих та складних зорово-моторних реакцій характеризують нейродинамічні процеси, що відбуваються в центральній нервовій системі, а саме збудливість коркового відділу зорового аналізатора, швидкість проведення збудження по рефлекторній дузі до ефектора. Час від початку подачі сигналу до відповідної реакції організму витрачається на проведення і обробку інформації у вищих відділах мозку, і тому слугує показником функціонального стану центральної нервової системи [121].

Роль рухів для розвитку розумової працездатності надзвичайно велика. Від працюючих м’язів імпульси постійно надходять у мозок, стимулюють центральну нервову систему і, тим самим, сприяють її розвитку.

М. О. Бернштейн [14] виділив і описав п’ять основних рівнів побудови рухів, позначивши їх латинськими літерами A, B, C, D, E. В ході своїх досліджень він виявив, що в залежності від того, яку інформацію несуть сигнали зворотного зв’язку (повідомляють вони про ступінь напруги м’язів, про відносне положення частин тіла, про предметний результат руху), вони приходять в різні центри головного мозку і переключаються на моторні шляхи на різних рівнях. Він виділив рівні спинного і довгастого мозку, рівень підкіркових центрів, рівень кори. Кожен рівень має специфічні, властиві тільки йому моторні прояви, кожному рівню відповідає свій клас рухів [45, 113]. У таблиці представлено основні характеристики рівнів побудови рухів за М. О. Берштейном [113].

Таблиця 1.1

Рівні побудови рухів за М. О. Берштейном

Рівень	Основні характеристики рівня
A	Рівень тонусу, пози та постави
B	Рівень рухових автоматизмів
C	Рівень дій у просторі
D	Рівень дій зі знаряддями
E	Рівень вищих символічних координацій (усне мовлення, лічба, читання, письмо).

Рівень А чи субкортікальний рівень – найнижчий і філогенетично найдавніший. У людини він не має самостійного значення, але відповідає за найважливіший аспект будь-якого руху – тонус м’язів. На цей рівень надходять сигнали від м’язових пропріорецепторів, що повідомляють про ступінь напруги м’язів, а також інформація від органів рівноваги. Рівень А має найважливіше значення для життєдіяльності людини в середовищі проживання. Практично жодна необхідна моторна дія не може бути успішно виконано без попередньої і відповідної підготовчої реакції пози і тонусу і подальшого супроводу моторного процесу на основі сенсорних корекцій. Більшість цих моторних

реакцій недовільні і відрізняються високими адаптивними властивостями і якістю виконання [37]. Цей рівень забезпечує регуляцію всієї вісцеральної гладком'язевої системи, а також соматичної (поперечно-смугастої) мускулатури. Рухи гладеньких м'язів повільні, плавні, неквапливі. У людини гладком'язева система забезпечує підтримання вісцерального тонусу та форми внутрішніх органів [23]. Цей рівень відповідає за прийняття та підтримання пози у невагомості, тому він відповідає за підтримання пози у безопорній фазі стрибків. Відбувається це тому, що рівню А в першу чергу підкоряються тонічні м'язи шиї і тулуба, що виконують функцію підтримання м'язового тонусу та постави.

Рівень В – рівень синергій. На цьому рівні переробляються сигнали в основному від м'язово-суглобових рецепторів, що повідомляють про взаємне положення і рух частин тіла. Цей рівень забезпечує рівень регуляції соматичної м'язової системи. Він відповідає за накопичення рухового досвіду, підтримання рухової пам'яті. На цьому рівні відсутня телерецепторна аферентація, що забезпечує контроль руху в просторі, не має ні зорового, ні слухового контролю [37]. Рівень В приймає участь в організації рухів, що забезпечуються вищими рівнями, його функція полягає у координації складних рухових ансамблів. До власних рухів цього рівня відносяться потягування, міміка, тощо.

Рівень С – рівень просторового поля. На даний рівень надходять сигнали від зору, слуху, дотику. На даному рівні будуються руху, пристосовані до просторових властивостей об'єктів – до їх форми, положення, довжини, ваги. До рухів даного рівня відносяться всі перемінні рухи [37].

Рівень D – рівень предметних дій. Це рівень кори головного мозку, що відповідає за організацію дій з предметами. До цього рівня відносяться всі маніпуляції з предметами. Рухи на цьому рівні представлені як ланцюги дій. У них не фіксований руховий склад, або набір рухів, а заданий лише конкретний результат.

Рівень Е – найвищий рівень – рівень інтелектуальних рухових актів. До цього рівня відносяться: мовні рухи, рухи письма, рухи символічної або

кодованої мови. Рухи цього рівня визначаються не предметним, а абстрактним, вербальним змістом [37].

Розгляд рівнів побудови рухів за М. О. Бернштейном дозволяє стверджувати, що в організації рухів беруть участь, як правило, відразу кілька рівнів – той, на якому будується рух і всі попередні рівні.

В умовах високих інформаційних навантажень, що вимагають обробки сигналів, які надходять з різних аферентних каналів, в тому числі і поєднання моторного завдання з когнітивним, використовуються так звані подвійні завдання [229]. У літературі описані різні варіанти подвійних завдань [77, 122, 167]. Нейродинамічним компонентом подвійного завдання може бути рахунок, промовляння слів, спів [186, 216] визначення кольору, виду, форми предметів або значення слів [76, 180, 217]. Моторне завдання складається з ходьби, цілеспрямованої рухової функції рукою чи ногою, підтримання певної пози [177, 200], а також дослідження швидкості простих та складних сенсомоторних реакцій [76, 150]. Якість довільного контролю вертикальної пози, за різних умов, може бути оцінено за допомогою стабілографії, що в останні роки широко використовується, як в клінічній практиці, так і наукових дослідженнях [133, 151, 171, 191, 195].

Взаємодія моторних і нейродинамічних систем мозку при виконанні завдань по переробці інформації різної модальності та складності важлива складова інтегративної діяльності мозку, що забезпечує індивідуальне пристосування людини до мінливих умов навколишнього середовища [150]. Результати дослідження взаємодії моторної і нейродинамічної систем розширюють теоретичні уявлення про пластичність нервової системи [150]. Нейродинамічні завдання потребують обробки інформації, що надходить по різним аферентним каналам, а для їх дослідження використовують швидкісні характкристики простих і складних рухових реакцій диференціювання (stop-signal або PB2-3) [14, 156, 165, 210]. Інтегративні функції нейродинамічних систем досліджують різними варіантами двохстимульного тесту go/nogo [174]. Подвійні завдання використовують у діагностиці хвороби Альцгеймера,

Паркінсона та шизофренії, деменції, гіпофронтальності, гіперактивності, а також оцінки ризиків в екстремальних умовах [177]. Для більш складних нейродинамічних завдань з переробки інформації, що вимагають постійного переключення уваги, обробки сигналів у пам'яті та екстреної побудови програми відповіді, запропоновано трьохстимульний тест диференціювання у парадигмі gol/nogo/gor [180]. Вважають, що сенсомоторний тест з трьохстимульним завданням є ефекторною ланкою усіх нейродинамічних мереж, що характеризують взаємодію аналізаторних, моторних та мотиваційних систем мозку. Показано, що якісний рівень сенсомоторної інтеграції мозку визначається точністю реакції, а час реагування виступає в ролі кількісної характеристики. Якісний рівень взаємодії когнітивних систем мозку може бути оцінений за кількістю помилок [150, 165, 181].

Отже, взаємодія моторних і нейродинамічних систем мозку при виконанні завдань по переробці інформації різної модальності і складності є важливою складовою інтегративної діяльності мозку. На основі виконання подвійних завдань можна виявити різні варіанти інтеграції та інтерференції функціональної взаємодії моторної та нейродинамічної систем мозку. Виявити підвищення та зниження результатів спільної та ізольованої розумової і моторної діяльності.

1.4. Роль нейродинамічних властивостей у забезпеченні розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків

Поведінка людини, взаємодія з навколишнім середовищем, її інтелект, навчальна, спортивна, трудова та інші види діяльності обумовлені центральною нервовою системою, тими фізіологічними процесами, що відбуваються в структурах мозку і виступають матеріальною основою вищої нервової діяльності та психічних процесів [78, 109].

Нейродинамічні показники, що відображають функціональний стан центральної нервової системи, є чутливими індикаторами змін в організмі і значимо впливають на фізіологічні і психічні характеристики людини [72].

Стійка нейродинамічна працездатність, увага, нервово-психічна витривалість, обумовлені індивідуальним профілем властивостей нервової системи, що багато в чому є визначальним фактором ефективної адаптації дітей до процесу навчання в школі [218].

До нейродинамічних властивостей нервової системи відносять психофізіологічні функції, що характеризують особливості протікання нервових процесів збудження і гальмування в центральній нервовій системі, рухливість нервових процесів, особливості сприйняття та переробки інформації, можливості центральної нервової системи утримувати високу працездатність впродовж тривалого часу. Нейродинамічні властивості в значній мірі залежать від спадкових факторів, що мало змінюються в онтогенезі і є фізіологічною основою темпераменту та деяких інших психофізіологічних функцій людини [79].

До нейродинамічних властивостей слід віднести функціональну рухливість основних нерових процесів – яка характеризує здатність нервової системи максимально швидко переробляти інформацію з диференціацією позитивних і гальмівних подразників; силу нервових процесів – здатність нервової системи витримувати довготривале, концентроване збудження на дію подразника, без переходу до стану позамежного гальмування; врівноваженість нерових процесів, як баланс між процесамми збудження та гальмування [78, 109].

Якісними характеристиками нейродинамічних властивостей можуть бути кількість помилок, яку обстежуваний допускає під час виконанная тестових завдань. Кількісними характеристиками, за визначенням більшості дослідників, може бути час сенсомоторної реакції [25, 78].

До сенсомоторної сфери відносяться прояви реакцій різного ступеня складності: проста зорово-моторна реакція – інтегральний показник швидкості проведення збудження по різних ланках рефлекторної дуги, реакції вибору одного та двох подразників з трьох – характеризує швидкість та точність

диференціювання сенсомоторних актів, що здійснюються в умовах швидкого реагування на комбінацію різних подразників [78, 109].

Проста зорово-моторна реакція складається з двох послідовних компонентів: сенсорного (латентного) і моторного періоду, є видом довільної елементарної реакції людини на зоровий стимул. Просту зорово-моторну реакцію розглядають як функціональну систему, що заснована на узгодженій активації збудження відповідних нервових закінчень з певною синхронністю просторових і часових параметрів цієї системи. Типологічні особливості нервової системи, головним чином, рухливість і врівноваженість нервових процесів характеризують основні властивості функціонального стану нервової системи (збудливість, провідність, лабільність) і визначають час простої зорово-моторної реакції [51].

Швидкість простої зорово-моторної реакції дає можливість досліджувати інтегральні характеристики центральної нервової системи людини, так як при її реалізації задіяні не тільки основні аналізатори людини (зорова і кінестатична), але і певні відділи головного мозку і низхідні нервові шляхи [127].

Реакція вибору одного подразника з трьох – складна сенсомоторна реакція. Її головною відмінністю від простої зорово-моторної реакції, є вимага вибарати один певний стимул з декількох запропонованих, отже, процес обробки сенсорної інформації в центральній нервовій системі відбувається не тільки за принципом наявності або відсутності сигналу, але і за принципом розрізнення сигналів і формування реакції на заданий вид сигналу. Різниця між середнім часом реакцій вибору одного подразника з трьох і середнім часом простої зорово-моторної реакції відображає швидкість протікання нервових і психічних процесів в центральній нервовій системі.

У зв’язку з більш складним процесом обробки сенсорної інформації час реакції вибору одного подразника з трьох більший, порівняно з часом простої зорово-моторної реакції [72, 109].

Реакція вибору двох подразників із трьох – складна сенсомоторна реакція. Характеризує швидкість і точність диференціювання сенсомоторних актів, що здійснюються в умовах швидкого реагування на дію декількох подразників.

Час сенсомоторних реакцій є одним з найбільш простих, доступних і в той же час досить точних нейрофізіологічних показників, що відображають швидкісні характеристики нервових процесів, їх переключення, узгодженість та активність нервової системи. Нейродинамічні показники сенсомоторного реагування є об’єктивними критеріями поточного функціонального стану нервової системи дітей шкільного віку [72].

Вивчення вікових особливостей нейродинамічних функцій людини має велике значення для розуміння особливостей інтегративної діяльності мозку, що ґрунтується на складній динамічній організації різних його структур і формує певний індивідуальний тип поведінки [61, 137].

У літературі є дані про вікові зміни часових характеристик різних за складністю сенсомоторних реакцій. Деякі вчені вважають, що латентні періоди реакцій відображають тільки швидкість виникнення збудження [53]. За свідченнями інших, латентні періоди характеризують поточний функціональний стан [57]. На їх величину впливає низка чинників: сила подразників [125], величина інтервалу між ними [129], ступінь готовності обстежуваного до сприйняття подразника [136], тренованість. Також існує думка про те, що латентні періоди рухових реакцій представляють собою інтегральний показник властивостей основних нервових процесів [78].

У дітей прості сенсомоторні реакції досягають свого максимального рівня значно раніше, ніж складні [74]. Відомо, що у дітей молодшого шкільного віку з віком зменшується латентний період та тривалість рухових реакцій [74]. Скорочення латентного періоду умовно рефлекторних реакцій дитини при одночасному збільшенні числа помилкових диференційованих відповідей може вказувати на початок центрального стомлення [74]. Зменшення латентного періоду та тривалості сенсомоторних реакцій у дітей з віком відзначається й іншими авторами [62]. Дослідженнями Ю. О. Петренком і О. Д. Менших [103]

встановлено, що у віковому періоді від 7 до 10 років відбувається поступове зростання швидкості, кількості переробки інформації, а також поступове скорочення часу виконання зорово-моторних актів на навантаження різного ступеня складності. Скорочення латентних періодів сенсомоторних реакцій зумовлене віковим розвитком швидкісних характеристик нервових процесів, що доведено дослідженнями М. В. Макаренка та В. С. Лизогуба [74, 78], які показали поліпшення з віком часових характеристик різних за складністю рухових реакцій. Максимальний час сенсомоторних реакцій спостерігається у дітей молодшого шкільного віку, а своєї найменшої величини він досягає у 17 років.

Функціональна рухливість нервових процесів, за свідченням М. В. Макаренка, характеризує максимальну швидкість переробки інформації різного ступеня складності та є підсумковою величиною всіх швидкісних можливостей нервової системи [79, 121]. У роботі В. С. Лизогуба [74] представлено дані про те, що властивості основних нервових процесів людини змінюються в онтогенезі. Рухливість нервової системи у дітей з віком підвищується, що відмічалось різними авторами [61, 79]. Групою науковців [74, 79], які досліджували вікові зміни рухливості нервових процесів виявлено періоди інтенсивного та уповільненого розвитку цієї властивості. Так, з 5 до 11, а також з 14 до 17 років вони спостерігали активне підвищення, а з 11 до 14 – уповільнення розвитку нейродинамічних властивостей нервових процесів. У дітей старшого шкільного віку сила нервових процесів вища, ніж в учнів молодших класів [61, 79].

***

Підсумовуючи результати аналізу наукових джерел інформації можна стверджувати, що розумова працездатність значною мірою знаходиться у залежності від рівня функціонування сенсорних, моторних та когнітивних процесів, мозкової ативності, а також систем, що їх забезпечують. Не з’ясованими залишаються питання про зв’язок та взаємодію нейродинамічних і

вегетативних механізмів переробки інформації різної складності та модальності у дітей, підлітків та юнаків. Вважаємо, що подальше дослідження механізмів взаємодії різних систем організму в онтогенезі є важливими для глибокого аналізу розумової працездатності.

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Організація досліджень

Всього було обстежено 264 дітей, підлітків та юнаків, з яких 136 дітей, підлітків і юнаків Черкаської загальноосвітньої школи № 24, які віднесені до основної медичної групи, та 128 їх однолітків школи інтернат № 14, які мали порушення постави. Визначали нейродинамічні характеристики нервової ситеми, показники варіативності серцевого ритму та моторний компонент розумової працездатності із застосуванням стабілографії. Дослідження проводили у відповідності до Гельсенської декларації, за особистої згоди обстежуваного та дозволу їх батьків. Приміщення, в якому проводили дослідження, за параметрами мікроклімату та освітлення відповідало нормативним вимогам.

На початку дослідження з кожною особою індивідуально проводили ознайомлення з методикою дослідження. Під час обстеження чітко дотримувалися таких умов: порядок дослідження психофізіологічних властивостей для всіх учнів був однаковий, спочатку досліджували нейродинамічні функції різного ступеня складності, успішність та якість переробки образних та вербальних сигналів. Нейродинамічні характеристики визначали за методикою М. В. Макаренка на приладі «Діагност-1», базова модель якого була розроблена в Інституті фізіології імені О. О. Богомольця НАН України.

Дослідження складалося з чотирьох етапів.

На першому етапі (2017–2018 рр.) проаналізовано сучасний науково-методичний матеріал вітчизняних та іноземних авторів, апробовано інструментальний комплекс для проведення експериментальних досліджень, обрано тему, визначено мету, завдання та методи дослідження.

На другому етапі (2018–2019 рр.) на базі Черкаської загальноосвітньої школи № 24 обстежено 136 учнів 7–8 (n=34), 10–11(n=34), 13–14 (n=34) та 16–17 (n=34) років. Досліджували нейродинамічні особливості переробки

інформації різної модальності та складності, механізми регуляції серцевого ритму за умови переробки інформації різної модальності та складності, статокінетичну стійкість.

На третьому етапі (2018–2020 рр.) на базі школи інтернат № 14 для дітей з порушеннями постави обстежено 128 учнів 7–8 (n=32), 10–11 (n=32), 13–14 (n=32) та 16–17 (n=32) років. Досліджували нейродинамічні особливості переробки інформації різної модальності та складності, статокінетичну стійкість.

На четвертому етапі (2020–2021 рр.) проведено систематизацію, обробку та статистичний аналіз отриманих даних, визначено найбільш інформативні показники, розроблені практичні рекомендації, впроваджено результати дослідження в практику.

Аналіз літературних джерел дозволив вивчити проблему й використовувати отримані дані при підготовці вступу, формуваннні огляду літератури, виборі та описі методів дослідження та узагальненні результатів власних досліджень.

Вивчення й узагальнення спеціальної літератури за темою дисертаційної роботи проводили на основі монографій, авторефератів, дисертацій та наукових статтей з проблеми дослідженя механізмів взаємодії нейродинамічного, вегетативного і моторного забезпечення розумової діяльності.

В дисертації використовували методики, що були використані у наших публікаціях [114, 122].

2.2 Авторська методика дослідження розумової працездатності та резервних можливостей головного мозку

Для визначення рівня розумової працездатності та резервних можливостей головного мозку (РМГМ) ми використали підхід [34, 130] та розробили авторську методику дозованого пред’явлення інформації з поступовим дискретним підвищенням та зниженням швидкості подачі подразників [40]. Ця методика дає можливість виявити не тільки показники РП, а і адаптивні реакції та резервні можливості організму. Для визначення РП

використовували тест з випадковим і рівноваріантним пред’явленням сигналів, на які відповідь потрібна, і кондиціонуючих сигналів, на які відповідь не потрібна.

Більшість розумової діяльності відбувається в умовах, коли одночасно вирішуються дві або декілька завдань. Успішне виконання розумових операцій у складних умовах традиційно важливе для професійної діяльності спортсменів, у військовій справі, мистецтві, де пред’являються максимальні вимоги до швидкості переробки інформації, прийняття рішень, точності планування рухових актів [13, 54]. Для розумової діяльності, у складних умовах, коли обробка сигналів, що надходять з різних аферентних каналів, у тому числі і поєднання моторного завдання з когнітивним та нейродинамічним, використовують подвійні завдання (dual-task) [54, 89, 95]. У літературі описані різні варіанти подвійних задач [150, 167, 220]. У якості конітивного та нейродинамічного компоненту подвійної задачі використовують промовляння слів, рахунок, спів [167, 186, 216] визначення кольору, виду, форми предметів або значення слова [79, 177, 180, 217]. Моторне завдання складається з одночасного виконуванання рухових та когнітивних завдань [50, 174, 177, 203], а також дослідження швидкості простих та складних сенсомоторних реакцій [79, 89, 150]. У ряді робіт [179, 225] представлені результати дослідження кортикальної електричної активності за умов гальмування попередньої рухової установки у парадигмі Stop-Signal task порівняно із альтернативним моторним завданням у парадигмі Stop-Change task.

Як модель більш складних інформаційних навантажень переробки інформації різної модальності, що вимагають постійної взаємодії моторної, нейродинамічної та когнітивної систем, переключення уваги, обробки сигналів в пам’яті запропонований трьохстимульний тест диференціювання сигналів у режимі вибору двох подразників з трьох (PB2-3) [75, 80, 150].

З обстежуваним проводили інструктаж і тренування на швидкостях пред'явлення подразників: 30, 40, 50 за хвилину. Це давало можливість обстежуваному не тільки концентрувати увагу на виконанні завдання, але й

ознайомитися з ритмом подачі сигналів та загасити орієнтувальний рефлекс. Основне дослідження починали з пред’явлення образних сигналів на швидкості 30 подразників за 1 хвилину. Потім швидкість пред’явлення подразників збільшувалась дискретно на 30 кадрів і переходили до 60, 90 і 120 подразників за хвилину і далі у тій же послідовності швидкість знижувалась. Закінчували роботу на швидкості пред’явлення 30 сигналів за 1 хвилину. Після короткого відпочинку робота з реверсом для випробовуваного повторювалась, але для переробки інформації були використані вербальні сигнали.

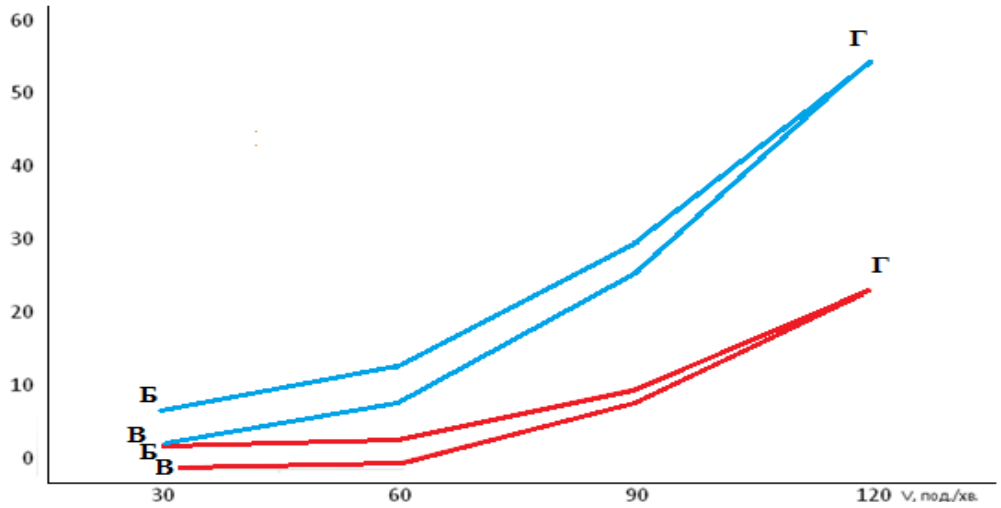

Рис. 2.1. Зміна швидкості пред’явлення подразників у тесті та кількість помилок у період виконання роботи за замкнутим циклом для образних та вербальних сигналів. Примітки. БГ – кількість помилок під час виконання розумової роботи з поступовим підвищенням швидкості пред’явлення подразників; ВГ– кількість помилок під час виконання розумової роботи з поступовим зниженням швидкості пред’явлення подразників.

Усього обстежувані послідовно виконували 7 серій. Час пред'явлення кожної серії був незмінний і тривав 1 хвилину. Час виконання роботи по переробці інформації з реверсом становив 420 с. Кількість помилок та їх відсоток для кожної швидкості висвітлювався на екрані і записували у протокол [114]. За результатами тестування встановили залежність кількості помилок від швидкості пред’явлення сигналів у вигляді петлі гістерезису [33]. За умови аналізу петлі гістерезису виділили діагностичні ділянки і вирахували

показники РП та отримували інформацію про адаптивні реакції та резервні можливості обстежуваного.

Для проведення оцінки результатів тесту ми виділили 7 показників:

1. Початкова швидкість переробки інформації – 30 сигналів за хвилину.

2. Зміна швидкості переробки інформації. Ця величина є постійною – 30 сигналів за хвилину.

3. Показник кількості переробленої інформації. Для наших обстежуваних завжди дорівнював 480 сигналів.

4. Значення показника, який реєструється в умовах реверсу (на швидкості 120 подр/хв.).

5. Тривалість розумової роботи під час виконання навантаження з поступовим підвищенням темпу (t_1) пред'явлення сигналів від 30 до 120 за хвилину – 240 с.

6. Тривалість розумової роботи під час виконанні навантаження з поступовим зниженням темпу (t_2) пред'явлення сигналів від 90 до 30 за хвилину – 180 с.

7. Загальна тривалість розумової роботи при виконання навантаження ($T_{заг.}$) з поступовим підвищенням та зниженням темпу пред'явлення сигналів від 30 до 120 і далі до 30 за хвилину становила 420 с.

Показник РП обстежуваних за умови переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення сигналів (з реверсом) визначали за формулою:

$$РП = К/Т \qquad (2.1)$$

де К – кількість переробленої інформації (480 сигналів) мінус кількість помилкових реакцій; Т – загальний час роботи (420 с).

Рівень функціонального резерву головного мозку (ФРГМ) розраховували за формулою:

$$ФРГМ = S1 / S2 \qquad (2.2)$$

де S1 – кількість помилок при поетапному підвищенні швидкості пред'явлення сигналів; S2 – чисельність помилок при поетапному зниженні швидкості.

Вважаємо, що чим вищий показник ФРГМ тим вищими були функціональні резерви головного мозку обстежуваного [40, 114, 122].

2.3. Методи дослідження нейродинамічних та сенсомоторних властивостей розумової працездатності

Дослідження латентних періодів реакції вибору двох із трьох (РВ2-3) сигналів проводили за методикою М.В. Макаренко [81] із застосуванням комп’ютерної системи «Діагност-1» [202] окремо на геометричні фігури та вербальні (слова) стимули. Визначення часу на складні реакції диференціювання фігур РВ2-3 здійснювали в режимі «оптимального ритму». Кількість сигналів в одній серії дорівнювало 30, експозиція яких для простого реагування становила 0.7 с, для реакцій вибору -0.9 с, інтервал між пред’явленнями – від 0,5 до 1,9 с. Результати виконання завдання виводились на екран і фіксувались в архіві даних, чи заносились в протокол. Обстежуваному пред'являли на екрані комп’ютера позитивні і гальмівні подразники у вигляді геометричних фігур (коло, квадрат і трикутник). Перед початком роботи обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності з якою необхідно було виконувати завдання у режимі РВ2-3: при появі на екрані фігури «коло» швидко натискати пальцем лівої руки на ліву кнопку, на «квадрат» – правою рукою на праву кнопку, а при пред’явлення «трикутника» – гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок [150].

Для визначення швидкості реакції РВ2-3 на пред’явлення вербальних сигналів використовували групу слів (рослини, тварини, предмети). Обстежуваний отримував інструкцію, у відповідності з якою необхідно було виконувати завдання у режимі диференціювання РВ2-3. При появі на екрані слова «тварин» швидко натискати пальцем правої руки на праву кнопку, на «рослини» натискати пальцем лівої руки на ліву кнопку, а при пред’явлення «предметів» – гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок. Після закінчення роботи на екрані монітора висвітлювався середній час латентного періоду РВ2-3 (x) в мілісекундах, помилка середнього арифметичного (m),

дисперсія (S) та коефіцієнт варіації (V). Реєстрували середній час здійснення реакції та кількість помилок [122].

2.4. Дослідження моторного компоненту розумової працездатності із застосуванням стабілографії

Дослідження моторного забезпечення РП ми проводили у спосіб коли обстежувані переробляли інформацію різної модальності на приладі Діагност-1. Всім обстежуваним пред'являли у режимі «зворотний зв'язок» 120 подразників. З них 40 були збудливими (коло) для лівої руки, 40 (квадрат) для правої руки та 40 (трикутник) – гальмівні, на які не слід було натискати кнопку на пульті пацієнта. Визначали кількість переробки інформації та встановлювали швидкісні і якісні характеристики диференціювання збудливих та гальмівних сигналів. Крім того, моторний компонент забезпечення РП ми досліджували під час переробки інформації за умови виконання подвійних моторних та нейродинамічних завдань з використанням стабілографа. Як відомо, що регуляція вертикальної стійкості, як провідної ознаки функціонального стану опорно-рухового апарату, визначається психофізіологічними і психологічними особливостями особистості. Така залежність виражається у взаємозв'язку параметрів стабілометрії (довжини траєкторії, площі статокінезіограми і розподілом ваги на нижні кінцівки) за кількісними і якісними характеристиками переробки інформації, станом психічної напруженості [75].

Останнім часом став широко використовуватися метод стабілометрії для діагностики рухових порушень, а також оцінки результативності реабілітаційних заходів [29, 118, 132]. Реєстрація різних параметрів зміни центру тиску є ефективним діагностичним показником в клінічній практиці [73].

В ході тестування досліджуванні підтримували зручну вертикальну позу, стоячи на платформі (40х40 см) стабілографа («МПФИ стабилограф-1»), за допомогою якого реєстрували зміни коливання тіла. Статокінетичну стійкість оцінювали за КФР. Стопи досліджуваних знаходилися в зручному положенні,

при цьому вони були розгорнуті по відношенню один до одного на кут 20^0, а п’ятки віддалині на відстань 6 см. один від одного. Для дослідження змін коливань тіла людини на нестабільній платформі ми на платформу стабілографа клали паралон, а на нього дощечку (40х40 см), з наклеєними мітками для стопи.

Починали дослідження з визначення утримання вертикальної пози стоячи на стабілографі на стабільній та нестабільній платформі. Потім переходили до виконанням роботи з переробки образної інформації, а потім вербальних сигналів стоячи на стабільній платформі. Далі досліди з образними та вербальними подразниками повторювали на нестабільній платформі. Реєстрували зміни коефіцієнту функції рівноваги (КФР,%), значення довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкість переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.) у здорових дітей, підлітків та юнаків і їх однолітків з порушеннями постави. Це обумовлено тим, що, ми зробили акцент на біологічну модель вибіркового ураження моторної системи (порушень позно-тонічних рефлексів, статокінетичної стійкості) людини.

Експериментальне завдання складалося з 8 тестів: 1 – визначали здатність утримувати рівновагу на стабільній платформі стабілографа; 2 – визначали здатність утримувати рівновагу на нестабільній платформі стабілографа; 3 – досліджували розумову працездатність за умови диференціювання образних сигналів стоячи на підлозі; 4 – теж саме виконували під час диференціювання вербальних сигналів; 5 – досліджували розумову працездатність за умови диференціювання образних сигналів стоячи на стабільній платформі стабілографа; 6 – теж саме виконували під час переробки вербальних сигналів; 7 – проводили дослідження розумової працездатності за умови переробки образних сигналів стоячи на нестабільній платформі стабілографа; 8 – теж саме виконували під час диференціювання вербальних сигналів.

2.5 Методи дослідження вегетативного компоненту розумової працездатності за показниками варіативності серцевого ритму

Контроль за станом роботи серця може дати уявлення про функціональні можливості організму та «фізіологічну ціну» того чи іншого виду розумової діяльності [57, 78, 84, 90]. Найбільш інформативними є показники ВСР, які можуть слугувати об'єктивною характеристикою напруженості розумової діяльності [78]. Значення варіабельності серцевого ритму відображає життєво важливі показники управління фізіологічними функціями організму – вегетативний баланс і функціональні резерви механізмів його управління [52, 157].

Для дослідження стану регуляції серцево-судинної системи та взаємовідношення відділів автономної нервової системи у стані спокою, а потім під час виконання завдань використовували методику кардіоінтервалографії (КІГ) («КардіоЛаб», ХАІ МЕДІКА 2006). КІГ це класичний та найбільш вивчений метод оцінки роботи серця, що рекомендований Європейським товариством кардіологів [222]. В дослідженні ми використали методи аналізу статистичних, варіаційних показників, спектральних серцевого ритму та кореляційну ритмографію (КР). У фоні та під час виконання завдань реєстрували показники варіативності та хвильової структури серцевого ритму. Показники ВСР реєстрували з чітким дотриманням інструкцій. Дані обстежень заносили до протоколу для кожного обстежуваного окремо.

Для дослідження статистичних та варіаційних показників регуляції серцевого ритму ми реєстрували такі показники ВСР: частота серцевих скорочень – HR (уд/хв) та індекс напруження регуляторних систем (стрес індекс) – IS (ум. од.). Стрес індекс характеризує активність механізмів симпатичної регуляції та стан центрального контуру управляння СР [61]. Активація цього контуру, підсилення симпатичної регуляції під час психічних або фізичних навантажень проявляється стабілізацією ритму, зменшенням розмаху тривалості кардіоінтервалів, збільшенням кількості однотипних за

тривалістю циклів. В нормі IS дорівнює 80-150 ум. од. Цей показник надмірно чутливий до посилення тонусу симпатичної нервової системи.

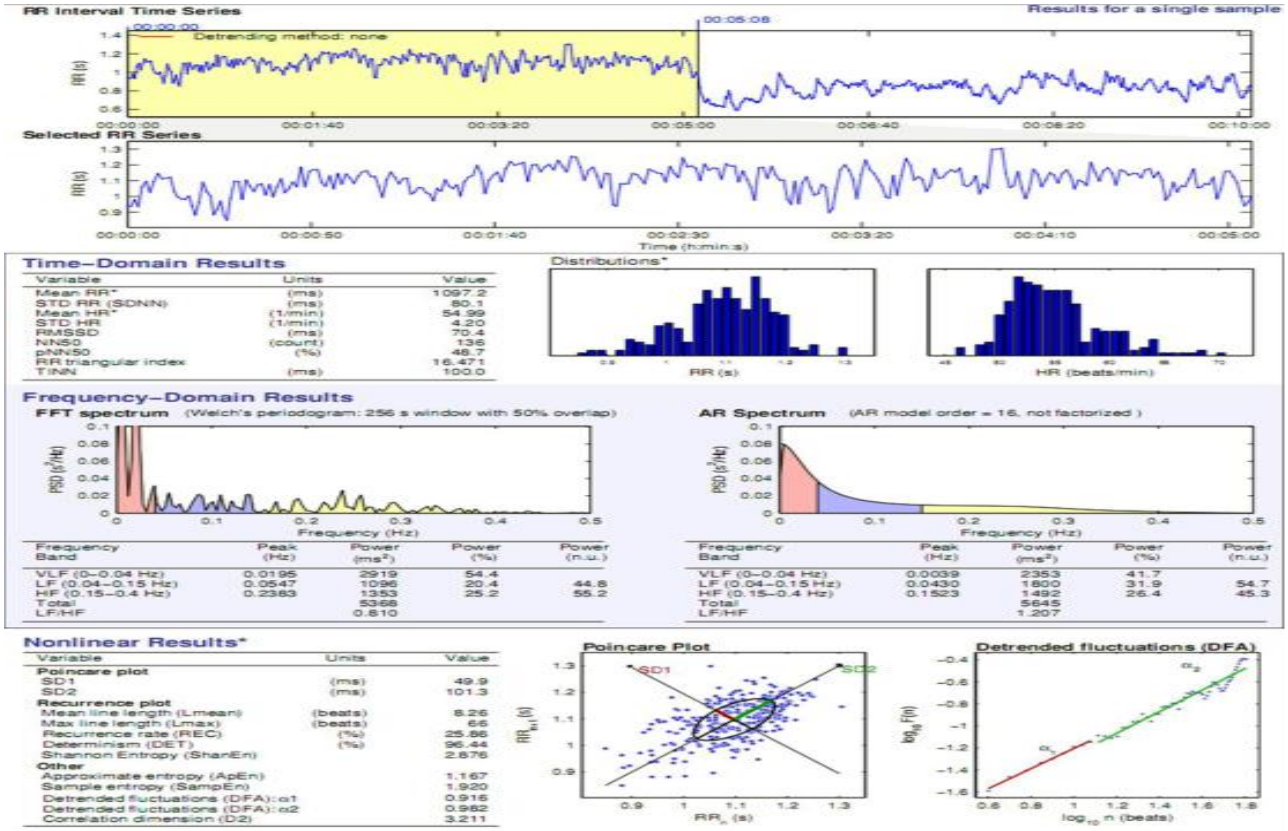

Рис. 2.2. Приклад протоколу дослідження варіабельності ритму серця.

Зміна цих показників варіаційного аналізу ВСР в напрямку збільшення та зменшення пов’язана відповідно з посиленням парасимпатичних впливів і з активацією симпатичного тонусу ВНС.

Спектральний аналіз хвильової структури серцевого ритму надає інформацію про розподіл потужності в залежності від частоти коливань. На сьогодні спектральний аналіз є найбільш інформативним методом оцінки стану тонусу автономної нервової системи, який дозволяє кількісно охарактеризувати активність різних відділів АНС через їх вплив на функцію синусового вузла [30].

Загальна потужність спектра (TPower) або повний спектр частот, який характеризує ВСР – це потужність у діапазоні від 0,003 до 0,4 Гц – відображає сумарну активність вегетативного впливу на серцевий ритм.

Для визначення активації функцій автономної нервової системи застосовували кореляційну ритмографію. У стані спокою та під час виконання

тестового завдання з поступово зростаючим темпом пред'явлення образних і вербальних сигналів визначали показники нелінійного аналізу ВСР, періодичні та аперіодичні коливання і характеристики КР [36, 182]. Визначали максимальну амплітуду періодичних коливань SD^2 мс, що відображає активацію парасимпатичного відділу, амплітуду аперіодичних коливань R-R-інтервалів, які представлені поперечною віссю скатерограми SD^1 мс, що відображає активацію симпатичної ланки вегетативної регуляції ритму серця та площу скатерограми (S, мс^2), за формулою S = (n x l x w)/4, як сумарну активність обох відділів автономної регуляції [6, 28, 36, 182].

2.6. Методи математичної статистики

Весь отриманий експериментальний матеріал оброблений з використанням статистичних програм Statgraphics, Microsoft Excel, методом параметричної і непараметричної статистики за програмами Statistica for Windows 5. Цифрові масиви всіх обстежуваних показників обробляли для кожного учня окремо. Показники нейродинамічних, психічних та вегетативних функцій порівнювали між собою в кожній віковій групі окремо.

Обраховували такі показники: середнє значення показників (x), похибка середнього (m), середнє квадратичне відхилення (SD), медіана (Me), перцентилі розподілу: нижній квартиль (LQ) – відсікає 25% об'єктів з найменшими значеннями ознаки, верхній квартиль (UQ) – відсікає 25% об'єктів з найбільшими значеннями ознаки. Ці методи описані і рекомендовані в багатьох посібниках з математичної статистики.

Статистична значущість різниць між вибірками, в разі нормального розподілу, оцінювали за критерієм Стьюдента, а у випадку непараметричного розподілу – з використанням критеріїв Wilcoxon та Mann-Whitney. Значимість вірогідних значень приймалась $p<0.05$.

РОЗДІЛ 3. ВІКОВІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НЕЙРОДИНАМІЧНОГО, ВЕГЕТАТИВНОГО ТА МОТОРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДІТЕЙ, ПІДЛІТКІВ ТА ЮНАКІВ

3.1. Нейродинамічні характеристики розумової працездатності у дітей, підлітків та юнаків

3.1.1. Особливості розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків

Дослідженню вікових особливостей розумової працездатності в учнів присвячена не мала кількість наукових праць [10, 21, 114]. Результати досліджень переконують у тому, що з віком відбувається удосконалення та формування сенсомоторної і психічної діяльності. Розумова працездатність учнів потребує напруження основних психічних функцій – пам’яті, уваги (особливо її концентрація та стійкість) та сприйняття. Крім того учбовий процес супроводжується стресовими ситуаціями (екзамени, контрольні роботи, заліки).

Однією з найважливіших особливостей сьогодення є лавиноподібне зростання дії на людину різних видів інформації. Тому, на сьогодні актуальність ефективного розв’язання проблеми психофізіологічного забезпечення РП зростає з кожним роком [57, 100]. Розумова діяльність зв’язана з процесом прийому, збереження і переробки інформації, що вимагає напруження сенсорних систем, уваги, пам’яті, активації процесів мислення, емоційної сфери та вегетативних систем [52, 156, 173]. Для більшості видів розумової діяльності характерною рисою є прискорений темп, різке збільшення об’єму і різноманітності інформації та дефіцит часу для прийняття рішення, а також значна соціальна значимість прийнятих рішень та особиста відповідальність за ці рішення [84, 161]. Все це приводить до зростання нервово-емоційної напруги і є однією з причин виникнення захворювань. Тому проблема дослідження і оцінки розумової працездатності (РП) та її механізмів вважається однією із найважливіших завдань психофізіології і прикладних

наук [52, 84, 130, 203]. Та, на жаль, можна констатувати, що її зміст не дивлячись на велике число досліджень у цьому напрямку, поки-що незадовільний. Відсутня стандартизована методика дослідження розумової працездатності, якісні і кількісні характеристики її оцінки.

Тому, для усунення вище перелічених недоліків ми висунули припущення та здійснили дослідження, коли кожний обстежуваний переробляв однакову за змістом інформацію з поетапним підвищенням і зниженням швидкості пред'явлення сигналів. На нашу думку, виконання завдання по переробці інформації з реверсом швидкості дозволило нам, перш за все, підібрати оптимальний темп подачі сигналів, яка б відповідала закону Йоркса-Додсона [232] та отримати інформацію про рівень РП, а також мобілізацію функціональних резервів і адаптивних реакцій головного мозку обстежуваних.

Більшість розумової діяльності відбувається в умовах, коли одночасно вирішуються дві або декілька завдань. Успішне виконання розумових операцій у складних умовах традиційно важливе для професійної діяльності спортсменів, у військовій справі, мистецтві, де пред'являються максимальні вимоги до швидкості переробки інформації, прийняття рішень, точності планування рухових актів [13, 54]. Для розумової діяльності, у складних умовах, коли обробка сигналів, що надходять з різних аферентних каналів, у тому числі і поєднання моторного завдання з когнітивним та нейродинамічним, використовують подвійні завдання (dual-task) [54, 89, 95]. У літературі описані різні варіанти подвійних задач [150, 167, 220,]. У якості конітивного та нейродинамічного компоненту подвійної задачі використовують промовляння слів, рахунок, спів [167, 186, 216] визначення кольору, виду, форми предметів або значення слова [79, 177, 180, 217]. Моторне завдання складається з одночасного виконуванання рухових та когнітивних завдань [50, 174, 177, 203], а також дослідження швидкості простих та складних сенсомоторних реакцій [79, 89, 150]. У ряді робіт [179, 225] представлені результати дослідження кортикальної електричної активності за умов гальмування

попередньої рухової установки у парадигмі Stop-Signal task порівняно із альтернативним моторним завданням у парадигмі Stop-Change task.

Як модель більш складних інформаційних навантажень переробки інформації різної модальності, що вимагають постійної взаємодії моторної, нейродинамічної та когнітивної систем, переключення уваги, обробки сигналів в пам’яті запропонований трьохстимульний тест диференціювання сигналів у режимі вибору двох подразників з трьох (РВ2-3) [75, 80, 150].

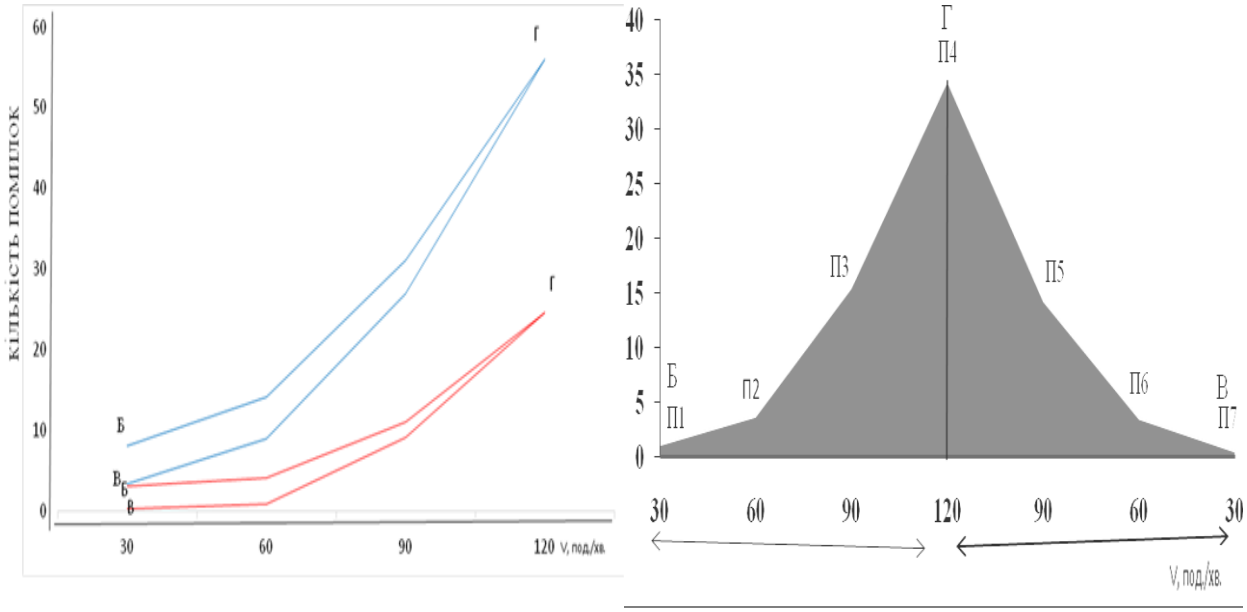

Рис. 3.1 Зміна швидкості пред’явлення сигналів у тесті та кількість помилок у період виконання роботи по замкнутому циклу: де БГ (t_1) – час роботи на швидкості 30, 60, 90 та 120 подр/хв. (240 с.); $П_1 + П_2 + П_3 + П_4$ – кількість помилок під час виконання розумової роботи з поступовим підвищенням швидкості пред’явлення сигналів; ГВ (t_2) – час роботи на швидкості 90, 60 та 30 подр/хв. (180 с.); $П_5 + П_6 + П_7$ – кількість помилок під час виконання розумової роботи з поступовим зниженням швидкості пред’явлення сигналів [114, 122].

У групі обстежуваних дітей, підлітків та юнаків розрахували показники, що характеризували розумову працездатність. Кожному обстежуваному пропонували сигнали у парадигмі РВ2-3, при появі на екрані фігури «коло» або назви «рослин» (збудження) швидко натискати пальцем лівої руки на ліву

кнопку, при появі фігури «квадрат» або назви «тварин» (переробка інформації) – правою рукою на праву кнопку, а при пред'явленні «трикутника» або назви «предметів» (гальмівний подразник) – не натискати на кнопки. Визначення розумової працездатності проводили у режимі нав'язаного ритму. Починали дослідження з пред'явлення фігур на швидкості 30 подразників за 1 хв. Потім швидкість збільшували ступенево і переходили до 60, 90 і 120 подр/хв, далі у тій самій послідовності швидкість знижували. Закінчували роботу на швидкості 30 подразників за 1 хв. Після короткого відпочинку розумова робота для обстежуваного повторювалася, але для переробки інформації застосовували вербальні подразники.

Оскільки петля гістерезису, яка побудована за кількістю помилкових реакцій на образні і вербальні сигнали, характеризується однаковою кількістю пред'явлених сигналів та часом виконання роботи, постійністю зміни швидкості подачі сигналів, імовірно, що її площа буде відображати рівень РП. Окрім того, якби організм не виконував «внутрішньої роботи», низхідна частина петлі повинна була б співпадати з висхідною. Але, у більшості випадків, низхідна частина петлі гістерезису проходить нижче за висхідну і тому може характеризувати мобілізацію функціональних резервів, які залучені для виконання розумової роботи. Тому ми вважали, що площа петлі гістерезису буде відповідати рівню РП обстежуваного, а також характеризувати рівень мобілізації функціональних резервів, спрямованих на виконання завдання по переробці інформації [114, 122].

Показники РП на образні та вербальні сигнали під час переробки інформації з різною швидкістю їх пред'явлення з віком покращуються (табл. 3.1 Додаток А).

Вікові особливості розумової працездатності за умови переробки образних та вербальних сигналів у дітей, підлітків та юнаків представлені на рисунку 3.2.

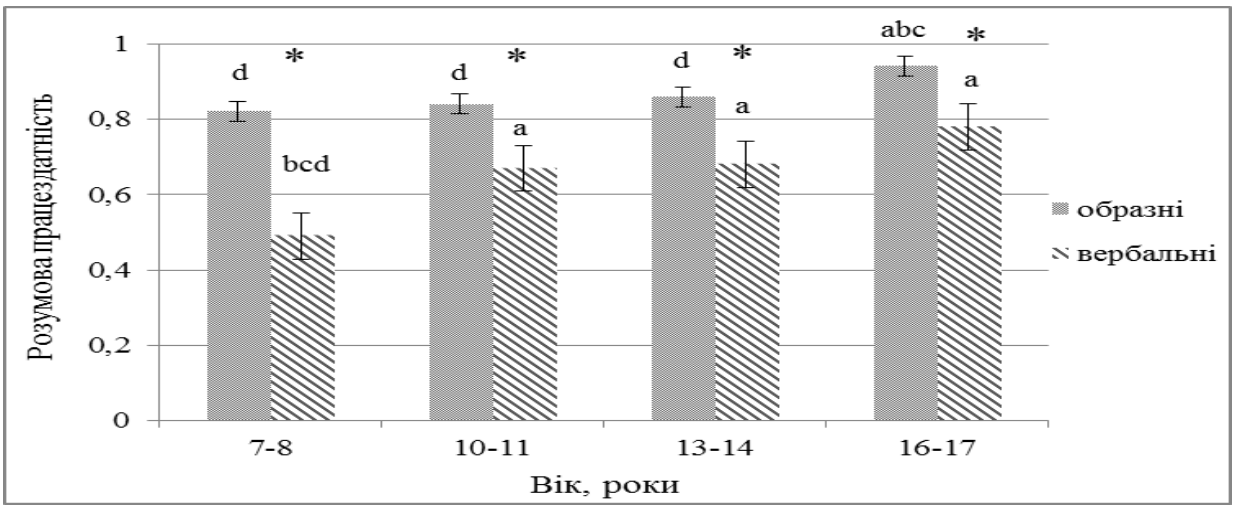

Рис. 3.2 Вікові особливості розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків на образні та вербальні подразники. Примітка:* – статистична вірогідність різниць між показниками РП на образні та вербальні сигналів; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З рисунку видно, що РП за умови переробки образних та вербальних сигналів з віком покращується. Розумова працездатність під час переробки інформації на образні вища, ніж на вербальні сигнали. За умови однакової швидкості пред'явлення подразників та однакового часу роботи обстежувані переробляли постійну кількість інформації, але допускали різну кількість помилок. На вербальні подразники кількість помилок була більша, ніж на образні, тому показник розумової працездатності у дітей 7–8 років для образних був вищий і становив 0,82 н. о. та 0,49 н. о. для вербальних сигналів. У групі підлітків 10–11 років він був в межах 0,84 н. о. для образних і 0,67 н. о. для вербальних сигналів. У підлітків 13–14 років показник РП для предметних подразників становив 0,86 н. о., тоді як для вербальних сигналів 0,68 н. о. У юнаків 16–17 років показник РП був найвищим і становив 0.94 н. о. для образних та 0.78 н. о. для вербальних сигналів.

Отже, пропонована методика тестування РП з різною швидкістю пред'явлення подразників за замкнутим циклом дозволила виявити більш високий рівень розумової працездатності, та менше залучення функціональних резервів при переробці інформації з використанням геометричних фігур, ніж

вербальних сигналів. Визначення розумової працездатності у такий спосіб узгоджується з думкою інших авторів [49, 76, 140] про те, що найкраще цей показник визначається в експерименті, у якому процес обробки інформації оптимальний, оскільки швидкість її переробки суттєво залежить від швидкісних характеристик нервових процесів. Чим вищий показник РП тим вищий її рівень у обстежуваних, що відповідало високій якості виконання завдання по переробці інформації. І, навпаки, зниження показника РП вказує на те, що обстежувані у тесті з реверсом допускали більшу кількість помилок, а якість розумової роботи по переробці інформації знижувалась.

Вважаємо за необхідне підкреслити, що обрана нами методика не претендує на всеосяжність та вичерпність. При відпрацюванні тесту (швидкості пред’явлення сигналів) та оцінки його результатів ми виходили з принципу оптимальної їх кількості, що на нашу думку є інформативним показником.

3.1.2. Вікові особливості швидкості реакції диференціювання під час переробки образних та вербальних сигналів в тесті з реверсом

До вивчення швидкості сенсомоторного реагування у людини є висока зацікавленість, як в області фізіології та психофізіології, так і в потребі практиків. Визначення швидкості сенсомоторного реагування використовується для оцінки та контролю функціонального стану організму в стані спокою за умов виконання фізичних навантажень різної складності на виробництві, в спортивній та розумовій діяльності, перебування людини в екстремальних ситуаціях, при дії найрізноманітніших факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, для виявлення індивідуальних відмінностей між людьми [75].

Визначення швидкості реакції РВ2-3 проводили, окремо на образні та вербальні сигнали. Обстежуваному пред'являли на екрані комп’ютера подразники у вигляді геометричних фігур (коло, квадрат, трикутник) та групи слів (рослини, тварини, предмети). Реєстрували середній час здійснення реакції (табл.3.2 Додаток А).

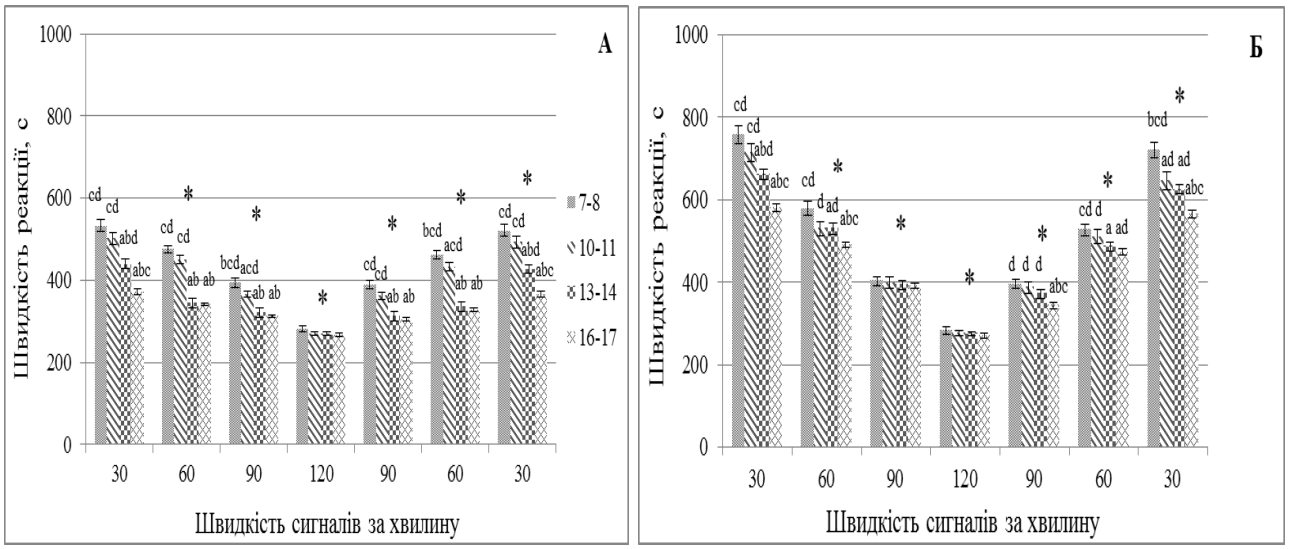

Рис. 3.3. Швидкість реакції під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів залежно від швидкості пред'явлення подразників у обстежуваних різного віку. Примітка: * – статистична вірогідність різниць між показниками РП на образні та вербальні сигналів; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Встановили залежність швидкості пред’явлення сигналів у тесті з поетапним підвищенням темпу подачі сигналів до її максимуму і поступовим зниження до мінімальної швидкості (рис. 3.3). З рисунку видно, що швидкість реакції під час переробки образних та вербальних сигналів у тесті з реверсом з віком покращується на всіх швидкостях диференціювання сигналів. Крім того, з підвищенням швидкості пред’явлення сигналів швидкість реакції знижується (час реакції покращується). Найкращий час реакції встановлений на швидкості пред’явлення 120 сигналів за хвилину для всіх вікових груп.

З підвищенням швидкості час реакції поступово зростає. У дітей 7–8 років час реакції диференціювання образних сигналів починаючи від 30 і до 120 сигналів за хвилину покращився від 532,9±14,7 до 282,1±8,0, у підлітків 10–11 років він був у межах від 501,7±14,3 до 270,4±4,3, у досліджуваних 13–14 років швидкість диференціювання образних сигналів на швидкості пред’явлення 30 подразників за хвилину була 439,5±11,2, тоді як на швидкості пред’явлення 120 сигналів – 269,9±3,8. Юнаки 16–17 років мали кращий час реакції на швидкості пред’явлення 30 подразників за хвилину 373,0±87,9 та 267,4±64,8 на швидкості

пред'явлення 120 сигналів за хвилину. Під час диференціювання вербальних сигналів швидкість реакції достовірно була вищою у досліджуваних всіх вікових груп порівняно з переробкою образних подразників.

Отже, встановили, що найбільший час рухових реакцій як на образні, так і вербальні сигнали, був на швидкості пред'явлення 30 сигналів за хвилину в обстежуваних кожної вікової групи. З підвищенням швидкості пред'явлення подразників час рухової реакції для всіх обстежуваних поступово зменшувався і найвищих значень досягав на швидкості пред'явлення 120 сигналів за хвилину як для образних, так і вербальних подразників. Аналіз цих результатів нам дав змогу виявити наявність статистично значимих відмінностей між часом рухової реакції на образні і вербальні сигнали. Встановлено, що час реакції в обстежуваних усіх вікових груп на образні сигнали в тестах з низькою 30 та середньою 60, 90 інтенсивністю пред'явлення сигналів менший, ніж на вербальні подразники. На високій швидкості пред'явлення 120 подразників за хвилину час рухових реакцій як на образні, так і вербальні подразники був меншим, ніж у випадку переробки інформації при інтенсивності 30, 60 та 90 сигналів за хвилину.

3.1.3. Вікові особливості якості (кількості помилок) виконання завдання за умови переробки образних та вербальних сигналів в тесті з реверсом

Результати виконання тесту з реверсом виявив залежність швидкості рухових реакцій та якості (кількість помилок) переробки образної і вербальної інформації в режимі РВ2-3 від інтенсивності подачі сигналів та віку обстежуваних. У дітей, підлітків та юнаків у більшості випадків підвищення інтенсивності пред'явлення сигналів приводило до збільшення кількості помилок (табл.3.3 Додаток А).

За результатами тестування встановили залежність кількості помилок від швидкості пред'явлення подразників у обстежуваних кожної вікової групи на подразники різної модальності (рис. 3.4).

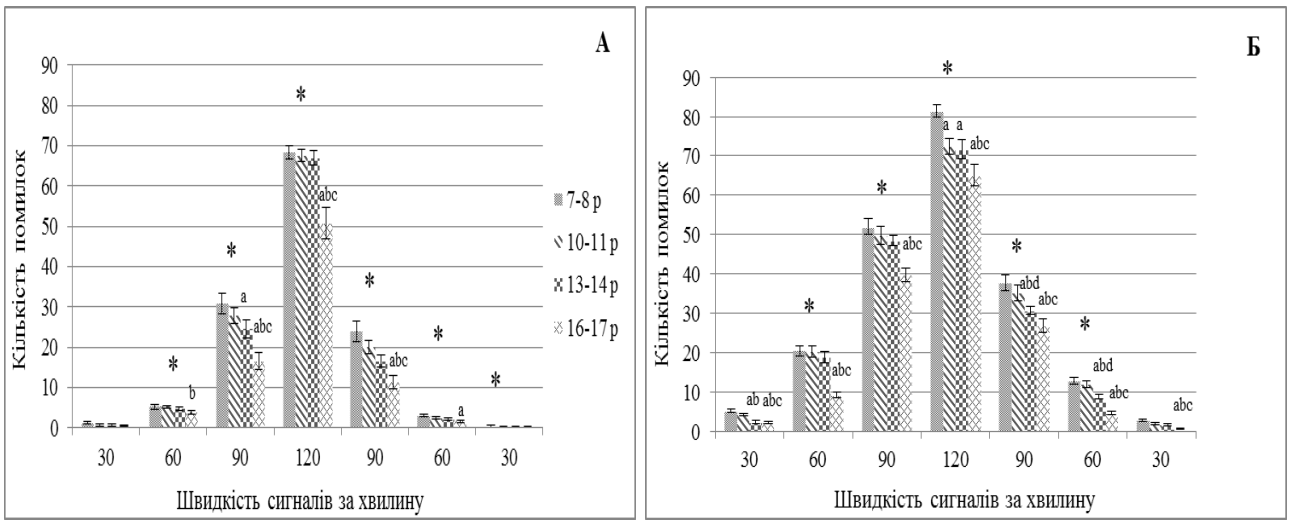

Рис. 3.4. Кількість помилок під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів залежно від швидкості пред'явлення подразників у обстежуваних різного віку. Примітка: * – статистична вірогідність різниць за кількістю помилок на різних швидкостях пред’явлення образних сигналів; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З рисунку видно, що кількість помилок зростає з підвищенням швидкості пред’явлення образних та вербальних сигналів та зменшується зі зниженням швидкості. Юнаки 16–17 років на всіх швидкостях пред’явлення як образних так і вербальних сигналів робили меншу кількість помилок ніж обстежувані інших вікових груп. Найбільшу кількість помилок обстежувані всіх вікових груп робили на швидкості пред’явлення 90–120 подразників за хвилину, найменшу на швидкості 30–60 подразників за хвилину. За умов переробки вербальних подразників кількість помилок у обстежуваних всіх вікових груп завжди була більшою ніж при переробці образних сигналів.

Результати наведені у рисунку 3.4 показали, що кількість помилок знаходилась у залежності від швидкості пред’явлення сигналів, їх модальності та віку обстежуваних. Найбільшу кількість помилок обстежувані допускали на високій (90–120 подр/хв.) і значно менше на низькій швидкості – 60–30 подр./хв. Ще одна закономірність, яку ми виявили, була зв’язана з видом подразників. Кількість помилок при переробці інформації на образні сигнали завжди була меншою, ніж на вербальні подразники. Крім того, за умови зростання швидкості пред’явлення подразників від 30 і до 120 сигналів за

хвилину кількість помилок була завжди більша, ніж під час зниження навантаження. Отже, за результатами тестування виявили залежність кількості помилок від швидкості пред'явлення подразників у вигляді петлі гістерезису [114].

Отже кількість помилок за умови поступового зростання інтенсивності пред'явлення сигналів від 30 і далі до 60, 90 та 120 за хвилину збільшується у всіх вікових групах. Зі зниженням швидкості кількість помилок у обстежуваних дітей, підлітків та юнаків зменшується. Найменшу кількість помилок під час переробки інформації обстежувані всих вікових груп робили за умови пред'явлення 30 сигналів за хвилину, а найбільшу при інтенсивності пред'явлення 120 подразників за хвилину. Крім того, встановлено, що кількість помилок в режимі диференціювання РВ2-3 у завданнях на образні сигнали вірогідно менша, ніж на вербальні сигнали ($p<0.034–0.047$), це спостерігається у обстежуваних кожної вікової групи. Результати показали, що якість виконання завдання з переробки образних та вербальних сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення знаходиться в залежності від інтенсивності пред'явлення, модальності сигналів та віку обстежуваних. У обстежуваних всіх вікових груп при зростанні інтенсивності пред'явлення сигналів від 30 і до 120 сигналів за хвилину поступово підвищується кількість помилок, а при зниженні – зменшується. Встановлено, що кількість помилок у обстежуваних всих вікових груп на образні сигнали у тестах з низькою 30 та середньою 60, 90 швидкістю пред'явлення сигналів нижча, ніж на вербальні подразники. На високій швидкості пред'явлення 120 сигналів за хвилину кількість помилок як на образні, так і на вербальні подразники була більшою, ніж у разі переробки інформації зі швидкістю 30, 60 та 90 сигналів за хвилину.

3.1.4 Особливості функціонального резерву головного мозку дітей, підлітків та юнаків

Функціональні резерви головного мозку – це можливості центральної нервової системи людини протистояти дії різного виду розумових навантажень,

адаптуватися до них, забезпечуючи необхідний рівень ефективності розумової діяльності. Для оцінки функціонування центральної нервової системи та розумової працездатності людини широко використовують показники швидкості та якості обробки різних за складністю сенсомоторних реакцій. Кількісною характеристикою функціональних резервів головного мозку може бути відношення між максимально можливим результатом розумової працездатності і результатом на рівні стану відносного спокою.

Функціональні резерви головного мозку пов'язані з процесом прийому та переробкою інформації, яка вимагає напруження сенсорних систем, уваги, пам'яті, активації процесів мислення, емоційної сфери та вегетативних систем [52, 84, 100, 161]. Знання про закономірності формування функціональних резервів головного мозку (ФРГМ), її дослідження й оцінка вважаються одними із найважливіших завдань психофізіології та прикладних наук і потрібні широкому колу спеціалістів [76, 140]. ФРГМ характеризують можливі зміни функціональної активності структурних елементів головного мозку та цілого організму, їх взаємодію для досягнення корисного результату [100, 140]. Такі можливості проявляються в зміні інтенсивності й швидкості перебігу збудливих і гальмівних процесів, енергетичних та пластичних процесів обміну речовин на всіх рівнях організації організму, у зміні швидкості, обсягу і якості переробки інформації, покращенні психофізіологічних характеристик, у здатності до вироблення нових й удосконалення вже наявних навичок [100]. Визначення рівня функціонального резерву головного мозку людини є надзвичайно важливим для виявлення її індивідуальних здібностей та спроможності виконувати певні види трудової діяльності в екстремальних умовах.

Встановили, що ФРГМ з віком покращується (табл. 3.6. Додаток А).

На рисунку 3.5 показано рівень функціонального резерву головного мозку дітей, підлітків та юнаків на образні та вербальні подразники. Видно, що показник ФРГМ з віком зростає. У дітей він становить 3,84 на образні подразники і 2,97 на вербальні сигнали, тоді як у юнаків 16–17 років 5,48 та

3,61 відповідно. На образні сигнали показник більший ніж на вербальні подразники, це проявляється у обстежуваних кожної вікової групи, тому що переробка образної інформації здійснюється переважно за участі першої сигнальної системи, вимагає значно меншого залучення енергетичних ресурсів та характеризується високим рівнем ФРГМ. Вербальні сигнали належать до другої сигнальної системи, вони менш стійкі та мають менший нейрофізіологічний ресурс [10].

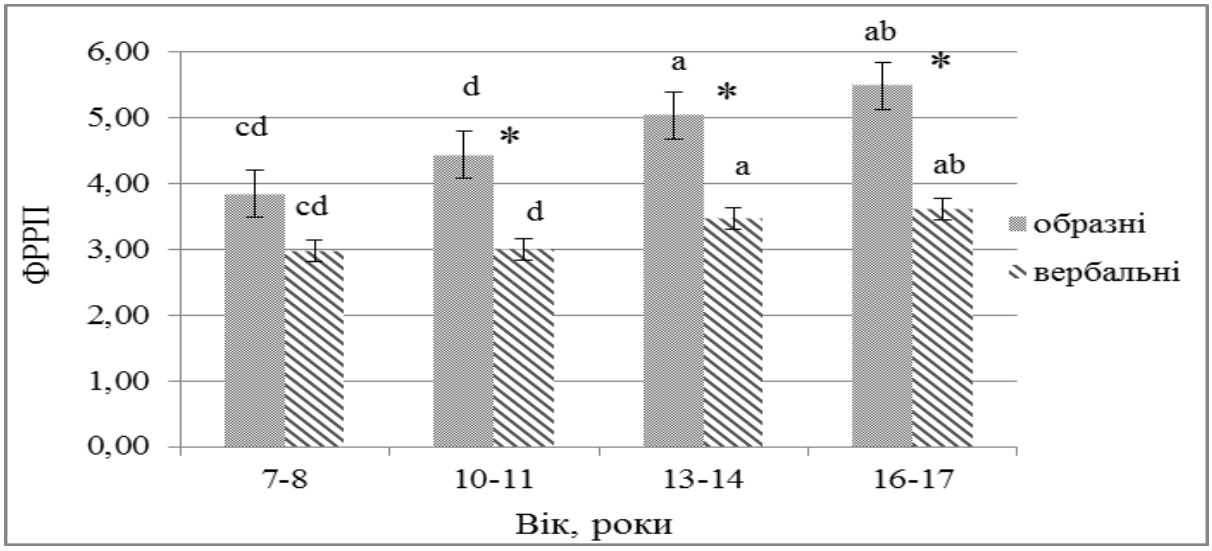

Рис. 3.5. Вікові особливості функціонального резерву головного мозку дітей, підлітків та юнаків на образні та вербальні подразники. Примітка: *– статистична вірогідність різниць за ФРГМ на пред'явлення образних і вербальних сигналів; літери a, b, c, d– між віковими групами.

Резервні можливості розумової працездатності під час переробки інформації на образні сигнали були вищими, порівняно з вербальними подразниками. За умови однакової швидкості пред'явлення сигналів та однакового часу роботи обстежувані переробляли однакову кількість інформації, але допускали різну кількість помилок. На вербальні сигнали таких помилок було більше, ніж на образні, тому показник ФРГМ для образних сигналів вищий, а для вербальних він був нижчий, що засвідчує значно вищий рівень функціональних резервів під час виконання тесту з переробки образної інформації за замкнутим циклом, ніж на вербальні сигнали.

Нами встановлено динаміку змін ФРГМ для образних та вербальних подразників у різні вікові періоди (рис.3.6).

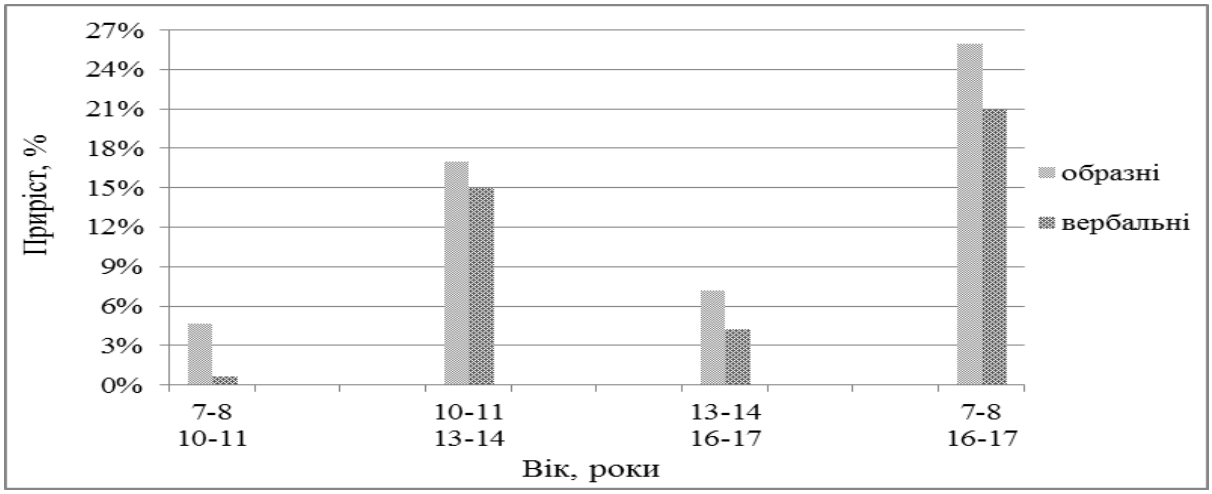

Рис. 3.6. Динаміка змін ФРГМ для образних та вербальних сигналів у різні вікові періоди

З рисунка 3.6 видно, що за досліджуваний період онтогенезу у дітей 7–8 років та юнаків 16–17 років показник ФРГМ підвищився на 26% для образних та 21% для вербальних сигналів. Виділяються періоди прискореного (10–11 років та 13–14 років) та уповільненого 7–8 та 10–11 років та 13–14 та 16–17 років.) розвитку ФРГМ. Ці результати вказують на гетерохроність та нерівномірність змін. З 10–11 років до 13–14 років проходить період статевого дозрівання, відбуваються зміни в ендокринній системі організму, на нашу думку, в цей період і відбувається прискорений розвиток функціонального резерву головного мозку.

Отже, визначення індивідуального рівня функціонального резерву головного мозку людини запропонованим способом забезпечує точність та достовірність показників прихованих можливостей людини по переробці інформації, які можуть бути реалізовані в умовах екстремальної розумової діяльності [10].

Таким чином, визначений за допомогою даної методики показник РП є інтегральною величиною всіх швидкісних характеристик нервових процесів. Він залежить як від часу здійснення сенсомоторної реакції (швидкості

сприйняття, аналізу, прийняття рішення, видачі його на ефектор), так і від часу післядії, відновлення готовності рефлекторного апарату до нової реакції, здатності до засвоєння ритму, в тому числі позитивних і гальмівних реакцій [49]. Показник РП відповідає уяві про «працездатність нервових процесів» у Павловському розумінні, але він також не суперечить поняттю РП [57, 131]. Однак, відрізняється від останнього тим, що є швидкісною характеристикою цілої працюючої функціональної системи та характеризує здатність нервової системи до виконання за одиницю часу певної кількості робочих циклів, включаючи як позитивні, так і гальмівні реакції [49, 84, 130, 203].

Порівняно з відомими методами дослідження і оцінки РП, запропонований тест може бути більш інформативним, займає менше часу і не вимагає високої напруги систем та механізмів, які її регулюють та забезпечують.

Як було справедливо вказано М.В. Макаренком психофізіологічні методики дослідження РП повинні бути максимально інформативними та практично доступними, оскільки це найцінніше їх прогностичне значення [122]. Подібної думки дотримуються і інші автори [84, 100]. Саме тому при виборі дослідницьких і оптимізаційних методів, які можуть бути застосовані при вирішенні завдань психофізіологічного забезпечення розумової діяльності, ми виходили з того, що ці методи, як уже вказувалось вище, повинні відповідати таким вимогам: відносна простота, інформативність, надійність, валідність, ефективність та зручність їх застосування. Адже тільки при дотриманні зазначених умов можна реально розв’язувати проблему психофізіологічного забезпечення різних видів діяльності в масштабах країни.

Успішність та швидкість переробки інформації знаходиться в залежності від модальності сигналів, інтенсивності їх пред’явлення та віку обстежуваних. Можна припустити, що обстежувані мають неусвідомлену навичку підвищувати швидкість рухових реакцій за умови зростання інтенсивності пред’явлення для диференціювання сигналів у режимі РВ2-3 до 30 та 60 за

хвилину. Водночас ми спостерігали значне зростання помилкових реакцій, що вказує на зниження ефективності, успішності та якості переробки інформації, а також переважання гальмівних процесів [150, 209]. Відомо, що гальмівний контроль лежить в основі регуляції стресових станів, і якість гальмівного контролю обумовлює ефективність рішень, які приймаються [196], а інтенсивність 90 для вербальних та 120 за хвилину для образних сигналів можна вважати сильним стресором. Переробка нейродинамічної стимульної інформації знаходиться в залежності від вибору модальності пред'явлення сигналів. Так, у тестах із диференціювання РВ2-3 слів збільшувався час реакції (швидкість знижувалась) і знижувалась успішність виконання (зростала кількість помилок) порівняно з нейродинамічними завданнями із застосуванням фігур. Імовірно, що в нейродинамічному завданні із застосуванням вербальних сигналів, крім сенсорної і моторної інтеграції, мають місце більш складні нейродинамічні процеси вищих відділів ЦНС, що характеризуються розподілом і переключенням уваги, мобілізацією пам'ятних слідів, диференційованим аналізом і формуванням програми дій [165, 166]. Найбільш цікаві результати отримали під час дослідження швидкості виконання нейродинамічного завдання на вербальні подразники. Визначили, що швидкість виконання комбінованого нейродинамічного завдання у 3-стимульній парадигмі РВ2-3 для образних сигналів проходить швидше, ніж для вербальних сигналів ($p<0.023–0.043$). Можна висловити припущення стосовно механізмів таких відмінностей. Насамперед, аналіз образних сигналів забезпечується роботою першої сигнальної системи, до складу якої входить велика кількість коркових і підкоркових структур, що характеризуються високою надійністю [14, 186]. На відміну від них, більш філогенетично молоді вербальні функції забезпечуються роботою другої сигнальної системи, яка більш кортикалізована в лобних ділянках, менш стабільна і має обмежений нейрофізіологічний ресурс [77]. Нейрофізіологічним механізмом, який пояснює зниження швидкості та успішності переробки інформації для нейродинамічного тесту із застосуванням вербальних сигналів у парадигмі РВ2-3 може бути і інтерференція. Можливо,

що під час виконання нейродинамічного завдання із застосуванням слів мала місце різниця в часі збудження різних ділянок мозку. Саме таке просторово - часове рознесення мозкової активності при виконанні нейродинамічних завдань описано раніше [163].

Результати, які отримані в процесі дослідження ФРГМ за умови виконання завдання по переробці сигналів різної модальності за умови різної швидкості їх пред'явлення, були вищими для образних, ніж для вербальних сигналів. Припускаємо, що в основі таких різниць ФРГМ для подразників різної модальності простежується декілька механізмів. По-перше, переробка образної інформації для фігур здійснюється переважно за участю першої сигнальної системи [149] і вимагає значно більшого залучення фізичних, нейродинамічних й енергетичних ресурсів [221] та, за нашими даними, характеризується високим рівнем функціональних резервів головного мозку. По-друге, аналіз образних сигналів забезпечується роботою першої сигнальної системи, до складу якої входить більше коркових та підкоркових систем, які певною мірою дублюють одна одну, тим самим підвищуючи надійність системи [186, 200] й участь вищих функціональних резервів головного мозку. Більш молоді вербальні функції, які належать до другої сигнальної системи та більше, зв'язані з корою великих півкуль, особливо з лобними ділянками, менш стабільні й мають менший нейрофізіологічний ресурс [49, 77], а за результатами, наведеними в цій статті, характеризуються нижчими ФРГМ.

Узагальнюючи результати цього підрозділу можна зробити наступний підсумок:

- розумова працездатність дітей, підлітків та юнаків знаходиться у залежності від віку обстежуваних, часу реакції диференціювання, якості переробки (кількості помилок) та модальності сигналів, а також швидкості пред'явленої для переробки інформації;

- встановлено, що розумова працездатність та час реакції диференціювання в онтогенезі, підпорядковані віковим особливостям обстежуваних (у дітей час реакції був більший, а у юнаків менший), швидкості

пред'явлення сигналів (на швидкості 30 сигналів за хвилину час реакції диференціювання був більший, а на швидкості 90 та 120 сигналів за хвилину він був меншим), модальності сигналів (для вербальної інформації час реакції був більший, а для образних сигналів він був меншим); встановили, що час рухових реакцій диференціювання як на образні, так і вербальні подразники, найбільший був на швидкості пред'явлення 30 сигналів за хвилину в обстежуваних кожної вікової групи. З підвищенням швидкості пред'явлення подразників час рухової реакції для всіх обстежуваних поступово зменшувався і найвищих значень досягав на швидкості пред'явлення 120 сигналів за хвилину як для образних, так і вербальних подразників; аналіз результатів виявив наявність статистично значимих відмінностей між часом рухової реакції на образні і вербальні сигнали; встановлено, що час реакції в обстежуваних усіх вікових груп на образні сигнали в тестах з низькою 30 та середньою 60, 90 інтенсивністю пред'явлення сигналів менший, ніж на вербальні подразники. На високій швидкості пред'явлення 120 подразників за хвилину час рухових реакцій як на образні, так і вербальні подразники був меншим, ніж у випадку переробки інформації при інтенсивності 30, 60 та 90 сигналів за хвилину;

- доведено, що розумова працездатність під час переробки образної та вербальної інформації у тесті з реверсом знаходилась у залежності від кількості помилок, від вікових особливостей обстежуваних, швидкості пред'явлення та модальності сигналів; кількість помилок за умови поступового зростання інтенсивності пред'явлення сигналів від 30 і далі до 60, 90 та 120 за хвилину збільшується у всіх вікових групах. Зі зниженням швидкості кількість помилок у обстежуваних дітей, підлітків та юнаків зменшується; результати показали, що якість виконання завдання з переробки образних та вербальних сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення знаходиться в залежності від інтенсивності пред'явлення, модальності сигналів та віку обстежуваних; у обстежуваних всіх вікових груп при зростанні інтенсивності пред'явлення сигналів від 30 і до 120 сигналів за хвилину поступово підвищується кількість помилок, а при зниженні – зменшується; встановлено, що кількість помилок у обстежуваних всіх вікових

груп на образні сигнали у тестах з низькою 30 та середньою 60, 90 швидкістю пред'явлення сигналів нижча, ніж на вербальні подразники. На високій швидкості пред'явлення 120 сигналів за хвилину кількість помилок як на образні, так і на вербальні подразники була більшою, ніж у разі переробки інформації зі швидкістю 30, 60 та 90 сигналів за хвилину.

- під час визначення функціонального резерву головного мозку у дітей, підлітків та юнаків встановлено більш високий рівень функціонального резерву головного мозку під час переробки образних, ніж вербальних сигналів; функціональний резерв головного мозку знаходиться в залежності від віку обстежуваних, модальності та швидкості пред'явлення сигналів; доведено, що з віком функціональний резерв головного мозку у дітей, підлітків та юнаків поступово, гетерохронно та нерівномірно зростає.

3.2. Особливості вегетативного забезпечення розумової працездатності в онтогенезі

Нервово-емоційна та вегетативна компоненти переробки інформації пов'язані з активацією регуляторних функцій автономної нервової системи. У дослідженнях взаємодії нейровісцеральних функцій звертають увагу на участь кіркових структур у орієнтації, мобілізації властивостей уваги та пам'яті, у тому числі і автономної нервової системи за показниками серцевого ритму [192, 150, 209]. Доведено, що переробка складної інформації різної модальності у режимі диференціювання РВ2-3 і переключення уваги супроводжується різними перебудовами не тільки у взаємодії нейродинамічних систем мозку [156, 163], а й кількісними і якісними характеристиками регуляції серцево-судинної системи [36]. Крім того, дослідники звернули увагу на діагностичну і прогностичну цінність нелінійного аналізу ВСР та характеристик КР [6, 182]. Цей метод дозволяє виділити періодичні та аперіодичні коливання ВСР на графіку Пуанкаре-Лоренца [36, 209]. Тому для з'ясування вікових особливостей вегетативного забезпечення розумової працездатності в онтогенезі і були закладені питання дослідження ВСР, ХССР

та КР, що супроводжують переробку інформації різної модальності та складності у дітей, підлітків та юнаків.

3.2.1. Статистичні та спектральні характеристики варіабельності серцевого ритму у вегетативному забезпеченні розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків

Адаптація до зростаючого інформаційного навантаження і постійно змінених умов соціального середовища потребує переключення фокусів діяльності і ефективної регуляції сомато-вегетативного стану. Відомо, що під час переробки інформації у нейронну активність включаються не тільки власне коркові процеси, що відповідають за психомоторну діяльність, а і велика кількість підкоркових структур. В організації функцій переключення діяльності центральною ланкою є лобна, сингулярна та інсулярна кора [153, 188]. З іншого боку, ці відділи головного мозку не тільки є важливими для переключення діяльності, а і розглядаються важливими у реалізації гомеостатичного балансу [61, 111, 138, 153, 188], то можливо припустити, що імовірно існує спільний нервово-гуморальний механізм, який лежать в основі пристосувальних реакцій серцево-судинної системи до переробки інформації різної модальності та швидкості пред’явлення сигналів. Крім того, імовірно у дітей, підлітків та юнаків переробка складної інформації різної модальності та швидкості буде супроводжуватись різними перебудовами у взаємодії інформаційних систем мозку та вегетативних механізмів регуляції. За цих умов виникає потреба дослідити кортико-вісцеральні механізми регуляції психомоторної діяльності. Тому особливий інтерес становлять дослідження переробки різномодальної інформації з різною швидкістю пред’явлення сигналів у дітей, підлітків та юнаків та варіабельності серцевого ритму (ВСР).

Нами було проведено дослідження та аналіз статистичних, варіаційних і спектральних характеристик СР у дітей, підлітків та юнаків у стані спокою та під час переробки образної (фігури) та вербальної (слова) інформації з різною швидкістю пред’явлення для диференціювання подразників. Дослідження

виявило ряд статистично відтворюваних у групі вірогідних різниць показників ВСР у активному стані у порівнянні з референтним станом спокою, що свідчило про підвищення рівня функціонування серцево-судинної системи і зміну активації механізмів ВСР.

Аналіз показників вікових особливостей статистичних і варіаційних характеристик регуляції СР у дітей, підлітків та юнаків під час переробки образних сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення (табл. 3.7. Додаток А) показав, що у стані спокою для більшості обстежуваних у регуляції роботи серця переважає парасимпатична ланка ВНС на фоні достатньо вираженого тонусу симпатичної іннервації серця, що підтверджується даними, одержаними і іншими авторами [5, 157, 209].

Статистичний аналіз серцевого ритму у обстежуваних дітей, підлітків та юнаків під час виконання завдань з різним темпом пред'явлення інформації виявив достовірні різниці показників ВСР в активному стані в порівнянні зі станом спокою і на пред'явлення вербальних сигналів (табл. 3.8. Додаток А).

Під час виконання роботи з поступовим підвищенням швидкості пред'явлення інформації у всіх досліджуваних вікових групах спостерігали загальну тенденцію зростання досліджуваних показників ВСР.

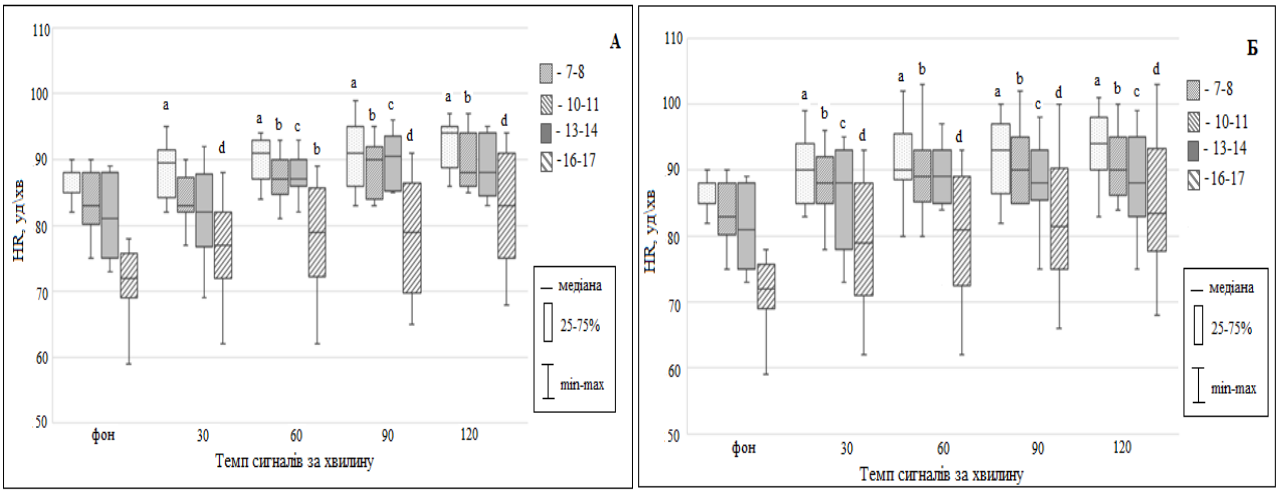

Рис. 3.7. Особливості HR (уд/хв.) у обстежуваних різного віку у фоні та під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення. Примітка: a – статистична значимість різниць HR, уд/хв. $p < 0.05$ у фоні та на різних швидкостях переробки образних та вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

Відповідно до результатів нашого дослідження, які представлені на рисунку 3.7 підвищення швидкості пред'явлення для переробки образної та вербальної інформації супроводжувалось поступовим зростанням HR у порівнянні з фоновими показниками для обстежуваних всіх вікових груп. Причому, чим вищою була швидкість пред'явлення сигналів, тим вищими були зміни HR. Доведено, що починаючи від стану спокою HR поступово зростала і знаходилась у залежності від швидкості пред'явлення сигналів, досягала найвищого значення на швидкості пред'явлення 120 сигналів за хвилину, такі зміни відбувались у обстежуваних всіх вікових груп. Статистично значущі відмінності HR під час переробки образних та вербальних сигналів виявлені у дітей 7–8 років між фоновими значеннями та швидкістю пред'явлення 30, 60, 90 та 120 сигналів за хвилину. У групі підлітків 10–11 років статистично значущі відмінності встановлені на швидкості пред'явлення 60, 90 та 120 образних сигналів за хвилину, та на швидкості 30, 60, 90 і 120 для вербальних сигналів. У підлітків 13–14 років статистично значущі відмінності встановлені між значеннями HR у фоні та швидкістю пред'явлення образних сигналів на швидкості 60 і 90 подразників за хвилину, тоді як для вербальних сигналів на швидкості пред'явлення 30, 90 і 120 подразників за хвилину. У юнаків 16–17 років виявлено статистично значущі відмінності на швидкості пред'явлення 30, 60, 90 і 120 образних та вербальних сигналів за хвилину у порівнянні із фоновими значеннями.

Таким чином доведено, що починаючи від стану спокою (фону) HR поступово зростала, як при переробці образних, так і вербальних сигналів і знаходилась у залежності від швидкості пред'явлення подразників та віку обстежуваних.

Крім значень HR у стані спокою перед виконанням розумової роботи і в ситуації переробки з різною швидкістю пред'явлення образних та вербальних сигналів для кожної вікової групи обстежуваних аналізували показник SI (рис.3.8). У вітчизняній літературі широке застосування знайшов показник «індекс напруженості регуляторних систем (ІН, «Стрес-індекс (SI)»), який є

досить чутливим індикатором загальної активації симпатичної системи організму, яка відбувається за умови фізичної діяльності, емоційному стресі, ряді соматичних і психічних захворювань [5, 124, 148]. Встановлено, що SI є вельми чутливим маркером стресу, викликаного самими різними чинниками: необхідністю вирішення математичних завдань в умовах дефіциту часу, захворюванням серцево-судинної системи, екзаменаційним стресом [124].

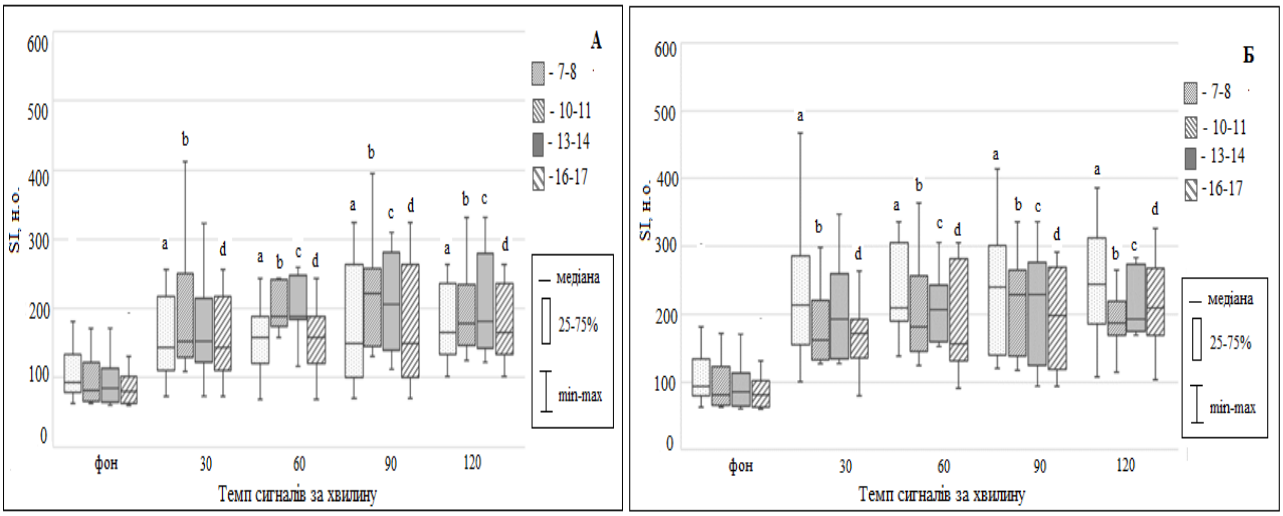

Рис. 3.8. Особливості SI (н.о.) у обстежуваних різного віку у фоні та під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення. Примітка: * – статистична значимість різниць SI, н.о. $p < 0.05$ у фоні та на різних швидкостях переробки образних та вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

З рисунку видно, що з підвищенням швидкості пред'явлення образних та вербальних сигналів показник SI зростає у обстежуваних кожної вікової групи. Найвищих значень він досяг на швидкості пред'явлення як образних так і вербальних 120 подразників за хвилину. У дітей 7–8 років цей показник на всіх швидкостях був вищим, ніж у обстежуваних старших вікових груп. Статистично значущі відмінності виявлені на всіх швидкостях пред'явлення образних сигналів порівняно з фоном у обстежуваних кожної вікової групи. У дітей 7–8, підлітків 10–11 та юнаків 16–17 років статистично значущі відмінності встановлені на всіх швидкостях пред'явлення вербальних сигналів порівняно з фоновими значеннями. У групі підлітків 13–14 років статистично

значущі відмінності виявлені на швидкості 60, 90 та 120 вербальних сигналів за хвилину.

За умови аналізу спектральних характеристик хвильової структури серцевого ритму у дітей, підлітків та юнаків під час переробки образних та вербальних сигналів виявлено негативну динаміку показників ТР і позитивну ІС в процесі підвищення швидкості пред'явлення сигналів (рис.3.9 та 3.10).

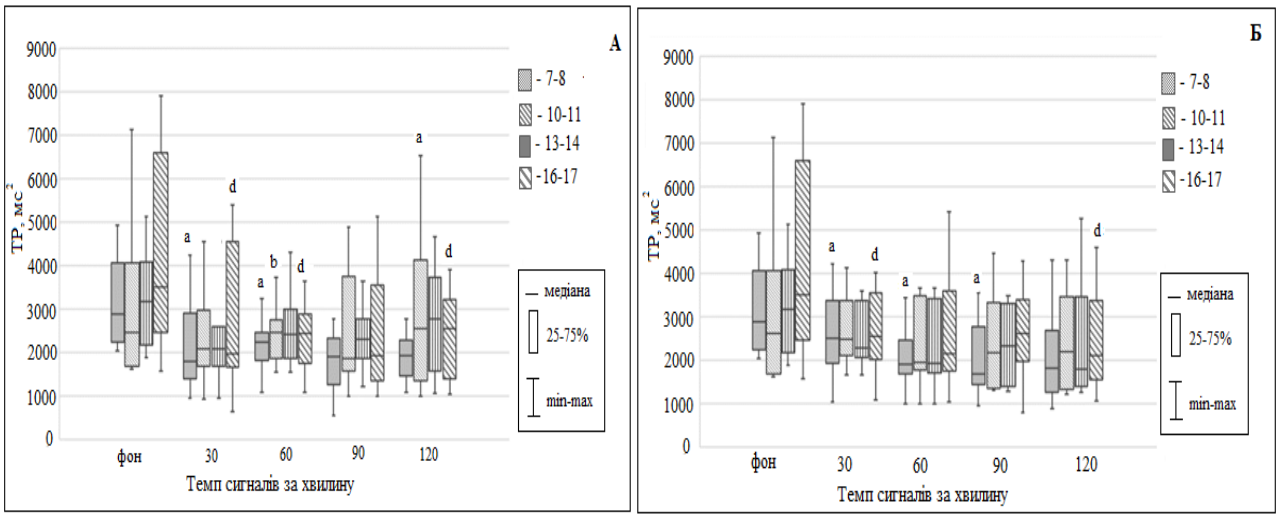

Рис. 3.9. Особливості ТР (мс²) у обстежуваних різного віку у фоні та під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення. Примітка: * – статистична значимість різниць ТР, мс² $p < 0.05$ у фоні та на різних швидкостях переробки образних та вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

Встановлено, що з підвищенням швидкості пред'явлення як образних, так і вербальних сигналів знижувалась загальна потужність спектру. У дітей 7–8 років потужність спектру на всіх швидкостях пред'явлення подразників була нижчою, ніж у обстежуваних старших вікових груп. Статистично значущі відмінності у дітей 7–8 років виявили між фоном та швидкостями пред'явлення 30, 60 і 120 образних сигналів, а за умови переробки вербальних сигналів – на швидкості пред'явлення 30, 60 та 90 подразників. У підлітків 10–11 років статистично вірогідні відмінності встановлені на швидкості пред'явлення 60 та 120 образних сигналів. Статистично значущі відмінності у юнаків 16–17 років

виявлено між фоновими значеннями та на швидкості пред'явлення 30, 60 і 120 образних і 30 та 120 у випадку з вербальними сигналами.

Встановлено, що під час переробки образних сигналів, на швидкості 30 подразників за хвилина, показник ІС знизився, порівняно з фоновими значеннями, і далі зростав з відповідно до підвищення швидкості предявлення сигналів, такі зміни відбувались у всіх вікових групах (рис.3.10).

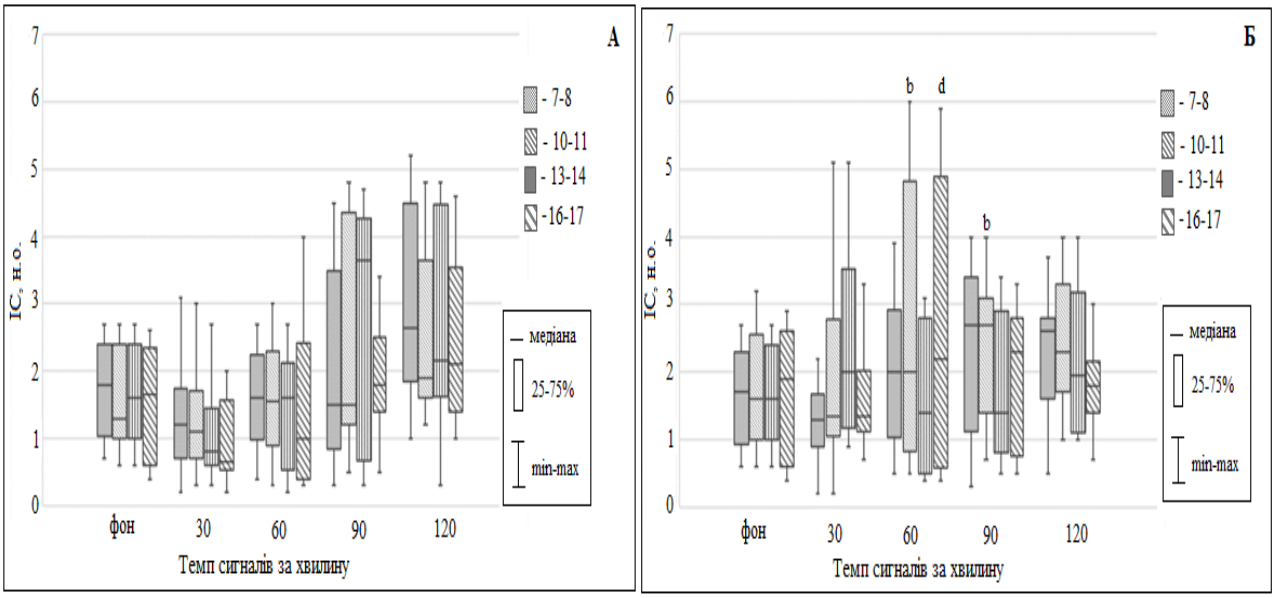

Рис. 3.10. Особливості ІС (н.о.) у обстежуваних різного віку у фоні та під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення. Примітка: a – статистична значимість різниць ІС, н.о. $p < 0.05$ у фоні та на різних швидкостях переробки образних та вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

На пред'явлення вербальних сигналів показник ІС змінювався хвилеподібно. Найвищим він був на швидкості пред'явлення 60 сигналів за хвилину, у всіх вікових групах, а на швидкості 90 і 120 він знизився, що імовірно може свідчити про застосування захисного механізму регуляції. Статистично значущі відмінності виявлено у підлітків 10–11 років між фоном та швидкістю пред'явлення 60 та 90 вербальних сигналів. У юнаків 16–17 років статистично вірогідні відмінностей виявлено на швидкості пред'явлення 60 вербальних сигналів.

Отже, такі показники варіабельності серцевого ритму, як HR, SI поступово підвищувались і знаходились у залежності від швидкості пред'явлення подразників.

Аналіз спектральних характеристик хвильової структури серцевого ритму у дітей, підлітків та юнаків виявив, що з підвищенням швидкості пред'явлення як образних, так і вербальних сигналів знижувалась загальна потужність спектру.

Зниження варіативності серцевого ритму під час роботи на високій швидкості пред'явлення інформації свідчить про зростання ролі центральних механізмів регуляції та напруженості механізмі регуляції серця за рахунок симпато-адреналової вегетативної нервової системи [5]. Ми можемо відмітити, що максимальний рівень напруження механізмів регуляції відмічається на швидкості пред'явлення 120 сигналів за хвилину. За умови переробки вербальних стимулів напруження механізмів регуляції варіативності серцевого ритму дещо більше (хоча вірогідних різниць не виявлено), ніж при переробці образних сигналів. Більш виразно це відмічається на низькій швидкості пред'явлення сигналів (30-60) і нівелюється на високій швидкості (90-120) та у фоні.

Отримані результати свідчать про те, що існують різниці потужності серцевого ритму між усіма видами розумової діяльності у порівнянні активних станів зі станом спокою. Можемо відмітити, що при переробці інформації на вербальні сигнали на всіх швидкостях показники серцевого ритму були дещо вищі ніж на пред'явлення образних сигналів. Це може свідчити, що в роботу включається друга сигнальна система кори головного мозку.

Результати дослідження варіабельності серцевого ритму виявили зміни ряду часових осциляторних характеристик варіабельності серцевого ритму, що свідчать про зменшення модуляції парасимпатичного і підвищення симпато-адреналової активності автономної регуляції серця під час диференціювання і переробки інформації у порівнянні з фоновими показниками ВСР.

У механізмах регуляції серцевого ритму при переробці інформації на швидкості пред'явлення 120 подразників за хвилину переважав захисний тип регуляції серцевого ритму, що підтверджувалось достовірно меншим підвищенням HR, SI і пригніченням потужності високочастотної дихальної модуляції. Вказаний комплекс реакцій, імовірно характеризує розсіяну увагу орієнтовану на вивільнення спонтанної інформації з пам'яті [138, 157].

Основними фізіологічними механізмами пристосування до умов психомоторної діяльності під час переробки інформації різної складності є залежність механізмів регуляції серцевого ритму від складності виконання завдання по переробці інформації, а також поступове підвищення участі центральних регуляторних механізмів серцевого ритму і одночасне зниження варіабельності та участі автономної регуляції при пред'явленні подразників зі швидкістю від 30–60 подразників за хвилину до пред'явлення 90 і 120 подразників за хвилину.

Таким чином, за умови поступового підвищення швидкості переробки інформації рівень активації регуляторних механізмів серцевого ритму автономною нервовою системою поступово зростає. Високий рівень активації механізмів регуляції серцевого ритму зареєстрований під час пред'явлення сигналів на швидкості 90–120 подразників за хвилину, а низький у стані спокою та на швидкості 30–60 подразників за хвилину.

3.2.2. Характеристика кореляційної ритмографії ВСР у вегетативному забезпеченні розумової працездатності дітей, підлітків та юнаків за умов переробки сигналів різної модальності

Активація автономної нервової системи за характеристиками КР знаходилась у залежності від швидкості пред'явлення сигналів. В ході виконання завдання з поступовим зростанням швидкості пред'явлення як образної, так вербальної інформації від 30 і далі до 60, 90 та 120 сигналів за хвилину спостерігали зниження показників S, SD1 і SD2 (табл. 3.9, 3.10 Додаток А).

На рисунку 3.11. показано динаміку показників нелінійного аналізу ВСР за характеристиками площі регулювання (S, мс²).

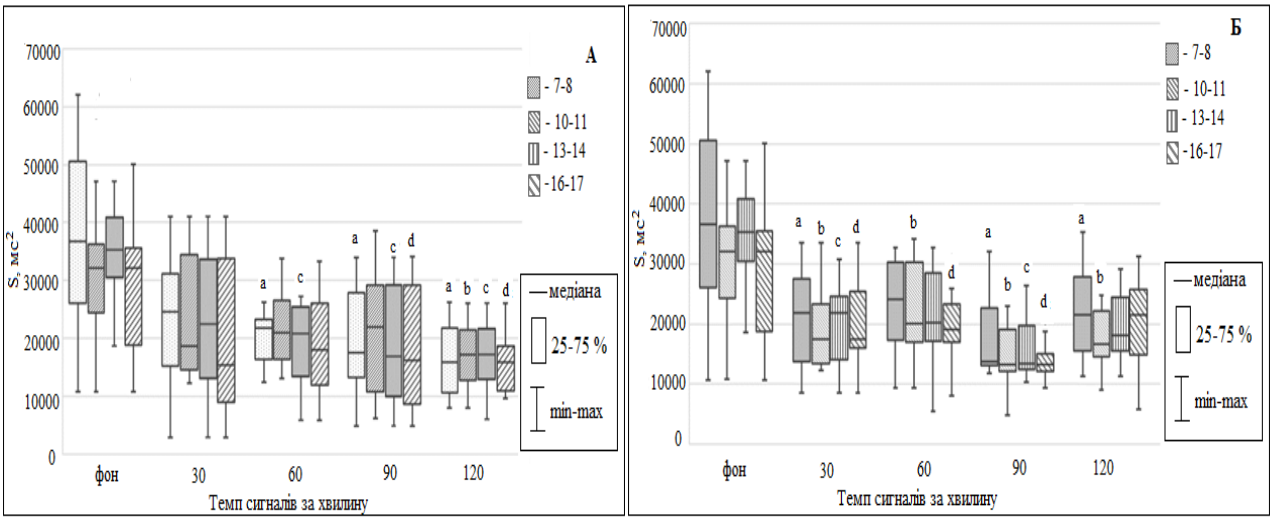

Рис. 3.11. Особливості S (мс²) у обстежуваних різного віку у фоні та під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення. Примітка: a – статистична значимість різниць S, мс² $p < 0.05$ у фоні та на різних швидкостях переробки образних та вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

Зростання інтенсивності переробки інформації в режимі РВ2-3 супроводжувалось зниженням показників площі регулювання S мс^2 у обстежуваних всіх вікових груп. За умови виконання завдань з поступовим зростанням швидкості пред'явлення подразників 30, 60, 90 та 120 сигналів за хвилину показники площі регулювання поступово зменшувались і досягали найнижчих значень для образних сигналів на швидкості пред'явлення 120 сигналів за хвилину, а для вербальних на швидкості 90 сигналів за хвилину. Зниження показників S у обстежуваних всіх вікових груп під час виконання нейродинамічних завдань з переробки інформації з поступовим підвищенням інтенсивності пред'явлення сигналів від 30 до 120 за хвилину може свідчити про зростання напруження у регуляторних системах СР за рахунок зниження впливу як періодичних, так і аперіодичних коливань кардіоінтервалів. Поступове зниження площі скатерограми можна пояснити, як вплив

зростаючого нейродинамічного навантаження на зниження активації автономної нервової системи, її парасимпатичної і симпатичної ланки [6, 182].

Аналіз аперіодичних коливань за показниками SD1 кореляційної ритмографії (рис.3.12) до початку виконання нейродинамічного завдання у обстежуваних не виявив суттєвих відмінностей середніх значень на образні та вербальні сигнали (p>0,067).

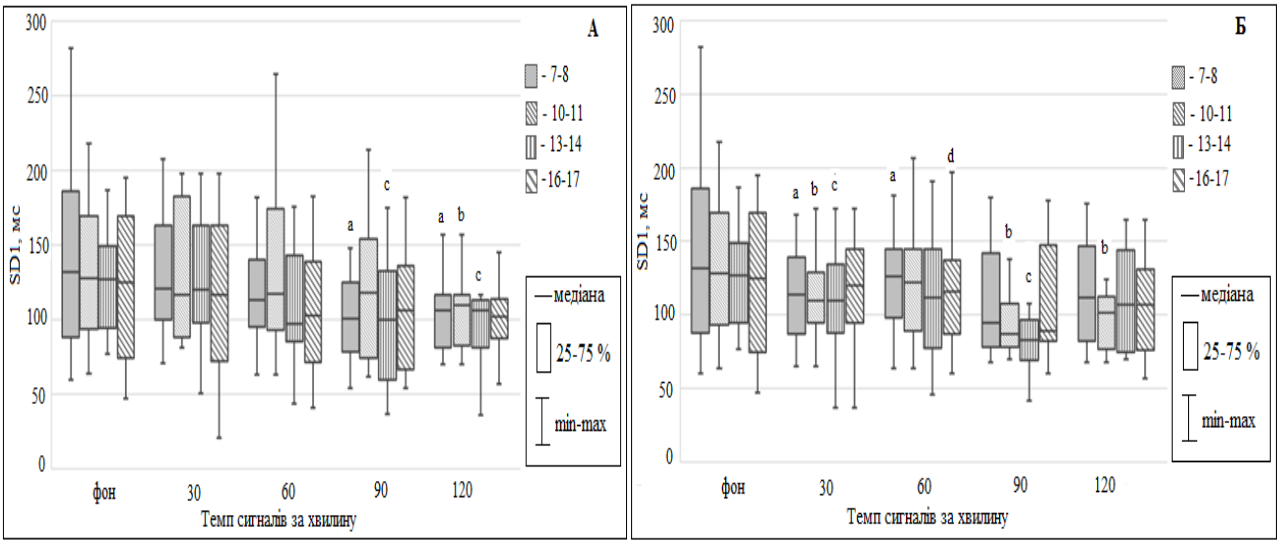

Рис. 3.12. Особливості SD1, мс у обстежуваних різного віку у фоні та під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення. Примітка: a – статистична значимість різниць SD1, мс $p < 0.05$ у фоні та на різних швидкостях переробки образних та вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

З рисунку видно, що під час виконання завдань з поступовим зростанням інтенсивності пред'явлення образної та вербальної інформації в режимі РВ2-3 від 30 і далі до 60, 90 та 120 сигналів за хвилину спостерігали поступове зниження показників SD1 (p<0.01–0.001) у обстежуваних всіх вікових груп. Найбільше зниження цих показників виявлено у дітей 7–8 років при пред'явленні образних сигналів на швидкості 120 подразників за хвилину. На пред'явлення вербальних сигналів зміни показників SD1 відбувались хвилеподібно. У всіх обстежуваних найбільше зниження відбувалось на швидкості пред'явлення 120 образних сигналів за хвилину, а для вербальних на швидкості пред'явлення 90 подразників за хвилину. З цих результатів можна

зробити узагальнення, що з підвищенням інтенсивності зростаючого нейродинамічного навантаження на автономну нервову систему спостерігається поступове зменшення амплітуди аперіодичних коливань SD1, що свідчить про зниження активаційних процесів у симпатичному відділі АНС [6, 28].

В ході виконання нейродинамічного завдання з поступовим зростанням швидкості пред'явлення інформації від 30 і далі до 60, 90 та 120 сигналів за хвилину спостерігали (рис. 3.13) уповільнення SD2 (p<0,01–0,001).

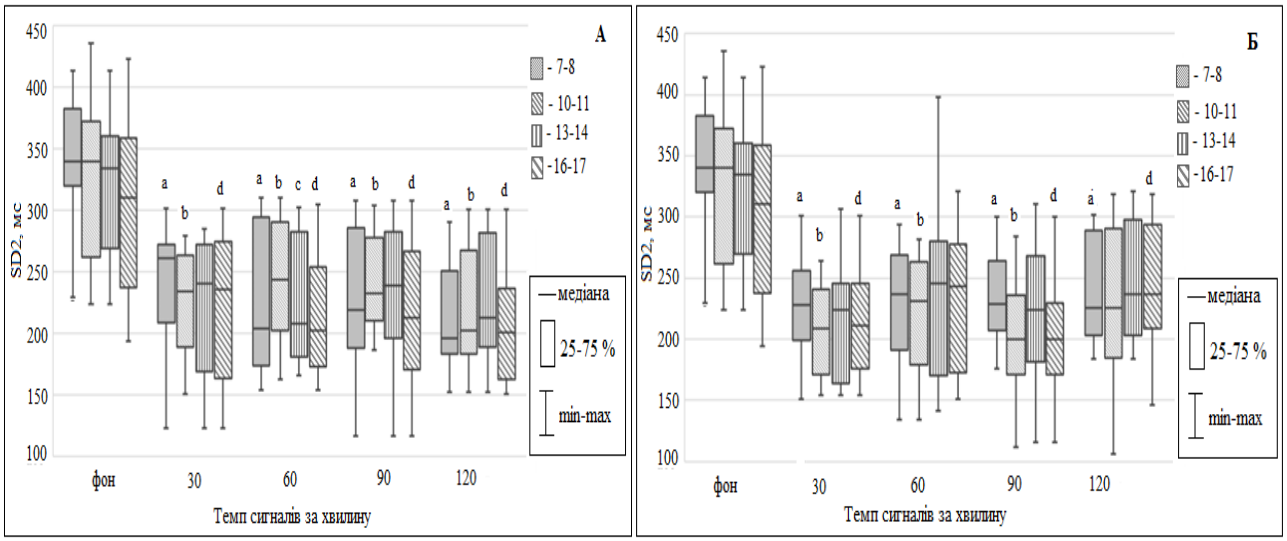

Рис. 3.13. Особливості SD2, мс у обстежуваних різного віку у фоні та під час переробки образних (А) та вербальних (Б) сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення. Примітка: a – статистична значимість різниць SD2, мс p < 0.05 у фоні та на різних швидкостях переробки образних та вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

З рисунка видно, що показник SD2 кореляційної ритмографії з поступовим підвищенням інтенсивності пред'явлення образних та вербальних сигналів знижується, такі зміни відбуваються у обстежуваних всіх вікових груп. Наведені результати дозволяють стверджувати, що поступове зниження SD2 вказує на вплив зростаючого нейродинамічного навантаження на періодичні коливання СР і може свідчити про зниження активаційних процесів у парасимпатичній ланці автономної нервової системи [6, 28, 182].

Таким чином, функціональна взаємодія нейродинамічної та автономної нервової систем знаходиться в залежності від темпу пред'явлення сигналів та віку обстежуваних.

Отже, нами встановлена залежність швидкості переробки інформації і показників кореляційної ритмографії S, SD1 та SD2. Чим вищою була інтенсивність пред'явлення сигналів, тим вищою виявилась участь механізмів регуляції серцевого ритму (p<0,034–0,047).

Зазначимо, що підвищення швидкості пред'явлення нейродинамічної інформації супроводжувалось зниженням S, SD1, SD2. Зростання швидкості пред'явлення образної та вербальної інформації поступово пригнічувало активність механізмів регуляції серця. Встановили, що чим швидше пред'являли сигнали, тим більшим було пригнічення механізмів регуляції серцевого ритму. Високі значення КР S, SD1 та SD2 були зареєстровані у фоні та на швидкості 30–60 сигналів за хвилину. На швидкості 90–120 сигналів за хвилину показники S, SD1, SD2 знизилися до найнижчих значень. Звертає увагу той факт, що підвищення активності автономної нервової системи у відповідь на поступове зростання швидкості пред'явлення інформації відбувалось не шляхом активації симпатичного, а більш вираженими змінами у парасимпатичному її контурі. Це підтверджується тим, що у відповідь на підвищення швидкості пред'явлення інформації зміни SD1 були менш вираженими, ніж для SD2. Виявлена нами асиметрія ВСР відображає різний вклад періодичних і аперіодичних коливань серцевого ритму у загальну варіабельність. Якщо взяти до уваги результати нашого дослідження та концепцію вагальної асиметрії серцевого ритму [182, 208], то можна висунути припущення щодо участі вагального комплексу у знятті гальмівного впливу з синусо-передсердного вузла. Імовірно, що під час переробки інформації з поступовим підвищенням темпу пред'явлення інформації зростає рівень функціонування серцево-судинної системи за рахунок підвищення активності блукаючого нерву автономної нервової системи, що знімає гальмівний ефект з

синусо-передсердного вузла, тим самим зберігає метаболічні ресурси організму і не залучає більш значні метаболічні витрати [182, 208].

Інше пояснення асиметрії у регуляції серцевого ритму під час виконання завдань з поступовим підвищенням швидкості пред'явлення сигналів різної модальності можна пояснити різною чутливістю барорефлеку на підвищення та зниження артеріального тиску [182], механічний механізм асиметрії, яким є респіраторна синусова аритмія [208], а також інші механізми асиметрії: зміни потенціалу дії, концентрації калію і натрію у пазухо-передсердному вузлі, концентрація ацетилхоліну і адреналіну або інших медіаторів [169]. Можна припустити, що асиметрія КР генерується комбінацією всіх, які наведені вище, або інших механізмів, які тут не згадувались.

Встановлено, що поступове підвищення швидкості диференціювання вербальних сигналів від 30 і до 60 за хвилину, а для образних до 90 подразників приводить до підвищення активації механізмів регуляції автономної нервової системи, їх узгодженої взаємодії і посилення інтегративних процесів. Виконання завдання з диференціюванням позитивних та гальмівних сигналів на такій швидкості супроводжувалось узгодженим підвищенням активаційних процесів у автономній нервовій системі за рахунок активацій парасимпатичного відділу, що свідчить про переважання орієнтувального типу регуляції [36, 61, 137].

Підвищення швидкості пред'явлення інформації для вербальних до 90, а образних до 120 сигналів за хвилину приводило до зниження активаційних процесів у автономній нервовій системі і характеризувалось різноспрямованими змінами у регуляції серцевого ритму. Розузгодження автономної нервової системи за рахунок зниження активаційних процесів у парасимпатичному та симпатичному її відділі, може вказувати на переважання захисного типу регуляції [36].

Отже, дослідження показали, що активація автономних механізмів регуляції серцевого ритму при переробці інформації знаходиться в залежності від швидкості пред'явлення сигналів та віку обстежуваних. Необхідно

підкреслити, що інформаційний метаболізм у взаємодії з нейродинамічними системами мозку та його операційними компонентами відіграє більш важливу роль, ніж енергетичний, що відображається у консервативних змінах автономної нервової системи. Обстежувані на високій швидкості пред'явлення інформації (90–120 сигналів за хвилину) не можуть успішно переробити інформацію і створити який-небудь операційний порядок із хаосу, виникає нейродинамічний дисонанс [172] та вегетонейродинамічна інтерференція [204].

У таблиці 3.1 представлені коефіцієнти кореляції між показниками нейродинамічних властивостей розумової працездатності за умов диференцювання образних сигналів та автономною нервовою системою.

Таблиця 3.1

Коефіцієнти кореляції та їх вірогідність між показниками нейродинамічних властивостей розумової працездатності за умов диференцювання образних сигналів та автономною нервовою системою

Вік, роки	Показники серцевого ритму						
	HR, уд/хв	SI, у.о.	TP, мс²	IC, у.о.	SD1, мс	SD2, мс	S, мс²
7–8 (n=34)	**0,46 (p<0,01)**	**0,41 (p<0,05)**	-0,17 (p>0,05)	-0,05 (p>0,05)	-0,29 (p>0,05)	**0,55 (p<0,05)**	0,18 (p>0,05)
10–11 (n=34)	**0,34 (p<0,05)**	**0,38 (p<0,05)**	**-0,39 (p<0,05)**	-0,09 (p>0,05)	**-0,37 (p<0,05)**	-0,14 (p>0,05)	**-0,38 (p<0,05)**
13–14 (n=34)	**0,55 (p<0,01)**	**0,38 (p<0,05)**	0,13 (p>0,05)	**0,55 (p<0,01)**	-0,16 (p>0,05)	**0,39 (p<0,05)**	0,07 (p>0,05)
16–17 (n=34)	**-0,36 (p<0,05)**	-0,01 (p>0,05)	**-0,36 (p<0,05)**	0,06 (p>0,05)	-0,05 (p>0,05)	**-0,35 (p<0,05)**	-0,19 (p>0,05)

З результатів таблиці 3.1 видно, що в разі переробки образних сигналів під час виконання завдання на розумову працездатність зв'язок нейродинамічних показників, що характеризують механізми автономної нервової системи (HR, уд/хв; SI, у.о.; TP, мс²; IC, у.о.; SD1, мс; SD2, мс; S, мс²) з віком поступово зростає. Отже виходить, що у разі підвищення показників розумової працездатності у кожній віковій групі зростають і характеристики активації механізмів регуляції автономної нервової системи. І, низькі значення розумової працездатності співпадали з меншою активацією механізмів регуляції автономної системи.

У разі переробки вербальної інформації ми не встановили залежності між нейродинамічними властивостями розумової працездатності та спектральними і кореляційними характеристиками автономної нервової системи (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2

Коефіцієнти кореляції та їх вірогідність між показниками нейродинамічних властивостей розумової працездатності за умов диференцювання вербальних сигналів та автономною нервовою системою

Вік, роки	Показники серцевого ритму						
	HR, уд/хв	SI, у.о.	TP, мс^2	IC, у.о.	SD1, мс	SD2, мс	S, мс^2
7–8 (n=34)	0,24 (p>0,05)	0,13 (p>0,05)	-0,02 (p>0,05)	-0,13 (p>0,05)	0,17 (p>0,05)	**0,36 (p<0,05)**	0,27 (p>0,05)
10–11 (n=34)	0,01 (p>0,05)	0,06 (p>0,05)	-0,03 (p>0,05)	0,07 (p>0,05)	-0,13 (p>0,05)	-0,29 (p>0,05)	-0,15 (p>0,05)
13–14 (n=34)	0,14 (p>0,05)	0,28 (p>0,05)	**-0,35 (p<0,05)**	**0,37 (p<0,05)**	-0,25 (p>0,05)	-0,15 (p>0,05)	-0,25 (p>0,05)
16–17 (n=34)	**-0,41 (p<0,05)**	-0,01 (p>0,05)	-0,17 (p>0,05)	**0,45 (p<0,01)**	0,02 (p>0,05)	0,05 (p>0,05)	0,04 (p>0,05)

У більшості вікових груп кореляція між показниками розумової працездатності та результатами, що характеризують активацію механізмів регуляції автономної нервової системи була відсутня.

Отже, можна стверджувати, що встановлений зв’язок характеристик ВСР, ХССР та КР з показниками розумової працездатності може свідчити на користь інтегративних процесів та існування спільного механізму нервової регуляції автономної нервової системи та нейродинамічних властивостей. Доведено, що для дітей, підлітків та юнаків кращим показникам розумової працездатності та переробки інформації відповідає вища активність регуляторних механізмів СР. Для завдань на розумову працездатність з переробки вербальних сигналів такої залежності не виявили. Імовірно, що в основі переробки складної інформації, якою є вербальні сигнали, інтегративні процеси мозку та автономної нервової системи змінювались на процеси інтерференції та перевагу захисного типу реакції [36, 204, 209].

Таким чином, з результатів підрозділу 3.2 можна зробити узагальнення про те, що вегетативне забезпечення розумової працездатності знаходиться у

залежності від вікових особливостей обстежуваних, та швидкості пред'явлення сигналів. З віком у дітей, підлітків та юнаків активність регуляторних процесів за показниками ВСР (HR, SI, TP, IC) поступово підвищується, а КР (S, SD1, SD2) знижується і досягає високого рівня регуляторних функцій у юнаків 16–17 років. Активність вегетативних регуляторних процесів поступово зростає на швидкості 30, 60, 90 сигналів за хвилину і найвищого рівня досягає за умови переробки інформації з темпом 120 подразників за хвилину. Не виявили залежності активності регуляторних процесів у обстежуваних різного віку від модальності сигналів. Рівень активації автономних і центральних механізмів регуляції серцевого ритму у всіх вікових групах за умови переробки вербальних та образних сигналів був однаковий. Встановлений зв'язок характеристик ВСР, ХССР та КР з показниками експериментального інформаційного навантаження може вказувати на існування спільного механізму нервової регуляції автономної нервової системи та нейродинамічних властивостей розумової працездатності, який лежить в основі пристосувальних реакцій та збереження гомеостазу. Доведено, що для дітей, підлітків та юнаків кращим показникам розумової працездатності та переробки інформації відповідає вища активність регуляторних механізмів автономної нервової системи.

3.3. Роль моторного компоненту у забезпеченні розумової працездатності здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з порушеннями постави

На тепер у вивченні функціональної організації мозкових процесів за умови різних видів розумової діяльності до складу якої входять різні чинники переробки інформації маємо значний прогрес [43, 50, 156, 220]. Дослідження, які ми провели раніше показали, що існує залежність між нейродинамічною та моторною системами і особливостями їх формування в онтогенезі [9, 157, 209]. Доведено різний характер їх формування в онтогенезі. Це дозволяє висловити припущення про різну участь нейродинамічної та моторної системи у забезпеченні розумової працездатності і у осіб з порушеннями постави. Раніше

для осіб з порушеннями постави дослідження розумової працездатності не проводилось.

У цьому підрозділі ми досліджували розумову працездатність під час переробки інформації за умови виконання подвійних моторних та нейродинамічних завдань з сигналами різної модальності не тільки для здорових дітей, підлітків та юнаків, а і їх однолітків з порушенням постави, тим самим, зробили інтуїтивний вибір на біологічну модель вибіркового ураження моторної системи (порушень позно-тонічних рефлексів, статокінетичної стійкості) людини.

Вибір був обумовлений тим, що у літературі показано, як виконання однієї задачі позитивно впливає на виконання іншої [9, 150, 209]. Наприклад, прослуховування музики підвищує результативність просторово-часових завдань, покращує показники вербальної пам’яті [158] і пам’яті на образні сигнали [158], а також підвищує результат концентрації уваги і пізнавальну діяльність. Дослідження, які були проведені у цьому напрямку методично були побудовані за домінантним принципом. На жаль, автори часто застосовували тільки якісний аналіз (кількість правильних відповідей, або кількість помилкових реакцій, словесних відповідей) без застосування кількісного аналізу (швидкісних характеристик переробки інформації).

Перспективною методикою для встановлення інтегративних функцій мозку під час розумової діяльності є дослідження психофізіологічних корелятів виконання подвійних задач, які включають одночасне виконання різних за складністю нейродинамічних та моторних актів. Така модель роботи дозволяє по-новому підійти до аналізу мозкової організації різних видів розумової діяльності на етапі мотивації, сприйняття, програмування, прийняття рішення, виконання програми і контролю за отриманим результатом [220]. Накопичено значний клінічний матеріал подвійного виконання рухових та нейродинамічних задач [95, 166, 170, 190, 206], який виявився надзвичайно перспективним для оцінки можливостей людей з церебральною патологією в умовах розподілу уваги на декілька видів діяльності. Поряд з цим психофізіологічні основи

інтегративної функції мозку людини під час спільної розумової та моторної діяльності вивчені відносно слабо [98, 99, 209].

В залежності від компонентів вибору подвійних завдань результати виявилися суперечливими. Ряд досліджень показали, що якість виконання розумових операцій змінюється, коли порушуються можливості утримання рівноваги чи функції ходьби [91, 163]. Також наводяться результати коли змінюються рухові функції у залежності від стану нейродинамічної діяльності [42, 43].

Таким чином, у літературі описані різні результати виконання подвійних нейродинамічних і моторних завдань. Це дає нам підстави думати, що функціональна організація мозку різна як для переробки нейродинамічної інформації різної модальності так і за умови виконання складних рухових завдань. Зазначимо, що велику практичну значимість набуває питання про інтегративні функції мозку під час виконання спільної розумової та моторної діяльності для розробки ергономічних умов праці та реабілітації хворих з церебральною патологією [96].

З вище викладеного видно, що на сучасному етапі розвитку нейрокогнітивних наук велику увагу приділяють дослідженню розумової працездатності та аналізу взаємодії різних систем організму, які лежать в основі психофізіологічних процесів виконання подвійних завдань, але механізми такої взаємодії все ще залишаються дискусійним питанням. Крім того, особливості розумової працездатності під час виконання подвійних завдань здоровими обстежуваними різного віку та їх однолітків з порушеннями постави натепер вивчені недостатньо. Тому представляється важливим з’ясувати особливості формування розумової працездатності в онтогенезі дітей, підлітків та юнаків з порушеннями постави та їх здорових однолітків під час подвійного виконання моторних актів за стабілографічними і нейродинамічними завданнями. Все вище викладене обумовило мету, завдання, організацію та методи дослідження цього підрозділу.

3.3.1. Вікові особливості виконання моторних завдань на стабільній та нестабільній платформі стабілографа у здорових та у осіб з порушеннями постави різного віку

Моторне завдання включало довільний контроль вертикального положення тіла стоячи на стабільній та нестабільній платформі стабілографа. Визначали коефіцієнт функції рівноваги (КФР, %), довжину траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкость переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.) у здорових дітей, підлітків та юнаків і осіб з порушеннями постави.

В таблиці 3.3 представлено результати виконання моторного завдання, що полягало в утриманні вертикального положення тіла стоячи на стабільній платформі стабілографа у здорових дітей, підлітків та юнаків і у їх однолітків з порушеннями постави.

Таблиця 3.3

Результати (Me [25%; 75%]) виконання моторного завдання з утримання рівноваги на стабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники стабілографії		
		Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с
7–8 (a)	здорові	841,0 [628,5; 913,0]	67,3 [b c d] [63,2; 68,2]	10,4 [9,8; 12,6]
	з порушеннями постави	657,2 [581,9; 797,7]	62,3 [53,8; 70,1]	11,0 [9,7; 13,3]
10–11 (b)	здорові	617,0 [a] [521,0; 723,3]	72,8 [a] [67,7; 80,8]	9,9 [8,6; 11,8]
	з порушеннями постави	662,0 [565,5; 725,3]	66,2 [58,2; 73,1]	10,4 [8,8; 11,9]
13–14 (c)	здорові	589,5 [a] [439,3; 645,5]	77,9 [a] [71,2; 80,9]	9,4 [7,6; 10,1]
	з порушеннями постави	564,1 [a] [495,8; 622,3]	74,8 [68,4; 75,9]	9,1 [8,2; 10,1]
16–17 (d)	здорові	468,0 [a] [424,5; 512,0]	89,8 [a] [85,6; 92,7]	5,1 [a] [4,6; 6,4]
	з порушеннями постави	495,3 [a] [431,5; 534,0]	75,2 * [69,5; 76,8]	7,8 [a] * [6,4; 9,1]

Примітка: * – статистична вірогідність різниць між здоровими і особами з порушенням постави; літери a, b, c, d – між віковими групами

З таблиці видно, що завдання з утримання рівноваги на стабільній платформі стабілографа характеризується високим моторним автоматизмом. Встановили поступове підвищення з віком показників статокінетичної стійкості та характеристик функції рівноваги, як у здорових, так і осіб з порушеннями постави. Виявили, що здатність утримувати рівновагу як у здорових осіб так і з порушеннями постави на стабільній платформі стабілографа з віком поступово зростає, про це свідчать результати поступового підвищення КФР, зменшення значень довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.). Крім того, у здорових осіб показники КФР у всіх обстежуваних вікових групах були статистично значуще вищими, а Length та AvgSpeed нижчими, ніж у однолітків з деформаціями постави.

Таблиця 3.4

Результати (Me [25%; 75%]) виконання моторного завдання з утримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники стабілографії		
		Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с
7–8 (a)	здорові	1605,5 [1380,3;1865,3]	45,6[c d] [39,3; 49,4]	14,5 [13,6; 16,8]
	з порушеннями постави	1407,2 [1114,7;1841,8]	45,4 [39,9; 47,5]	15,9 [13,4; 18,6]
10–11 (b)	здорові	1090,5 [944,0; 1227,3]	51,3 [47,7; 58,5]	17,5 [14,7; 19,4]
	з порушеннями постави	1238,4 [1173,7;1360,7]	47,3 [37,7; 54,0]	19,3 [17,9; 20,3]
13–14 (c)	здорові	947,0[a] [838,5; 1115,8]	60,7[a] [56,5; 63,3]	14,4 [13,2; 18,1]
	з порушеннями постави	963,4[a] [860,7; 1147,4]	55,0 * [46,5; 58,5]	14,8 [13,9; 16,2]
16–17 (d)	здорові	671,0[a b c] [611,0; 735,0]	66,3[a] [61,1; 75,3]	9,2[a b c] [7,8; 11,6]
	з порушеннями постави	785,9[a b] [675,4; 896,3]	56,4 * [52,2; 58,6]	12,8[a b] [11,6; 14,2]

Примітка: * – статистична вірогідність різниць між здоровими і особами з порушенням постави; літери a, b, c, d – між віковими групами

Спостерігається поступове підвищення з віком статокінетичної стійкості та характеристик функції рівноваги на нестійкій платформі стабілографа, як у здорових, так і осіб з порушеннями постави про, що свідчить підвищення КФР, зменшення значень довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.). Крім того, у всіх досліджуваних вікових групах здорових осіб утримання вертикального положення тіла за умови нестабільної платформи стабілографа характеризувалося вищими показники КФР та нижчими Length і AvgSpeed порівняно з їх однолітками, які мали деформацію постави.

Варто відмітити, що утримання статокінетичної стійкості залежить від участі зорової, пропріорецептивної та вестибулярної сенсорних систем [168, 219], тому за умови виконання моторного завдання, утримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа, показник КФР, як у здорових, так і у осіб з порушеннями постави суттєво знизився порівняно з утриманням рівноваги на стабільній платформі стабілографа. Пояснити цей факт можна тим, що на зорову, пропріорецептивну та вестибулярну системи нестабільна платформа створює додаткове суглобово-м’язове навантаження. Тому, у корі мозку та найближчих до нього підкіркових структур виникає інтерференція [204], що і знижує результат утримання рівноваги на нестабільній платформі.

Порівняння показників виконання моторного завдання на стабільній і нестабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави різного віку представлені на рис. 3.14. Моторне завдання включало довільний контроль вертикального положення тіла стоячи на стабільній та нестабільній платформі стабілографа. Встановили поступове підвищення з віком статокінетичної стійкості та здатності утримувати рівновагу, як у здорових дітей, підлітків та юнаків так і у осіб з порушеннями постави. Найвищі показники статокінетичної стійкості на стійкій та нестійкій платформі стабілографа встановлено у юнаків 16–17 років. На нашу думку покращення

здатності до утримання рівноваги, імовірно пов’язано з віковими особливостями дозрівання моторної системи та окремих структур мозку.

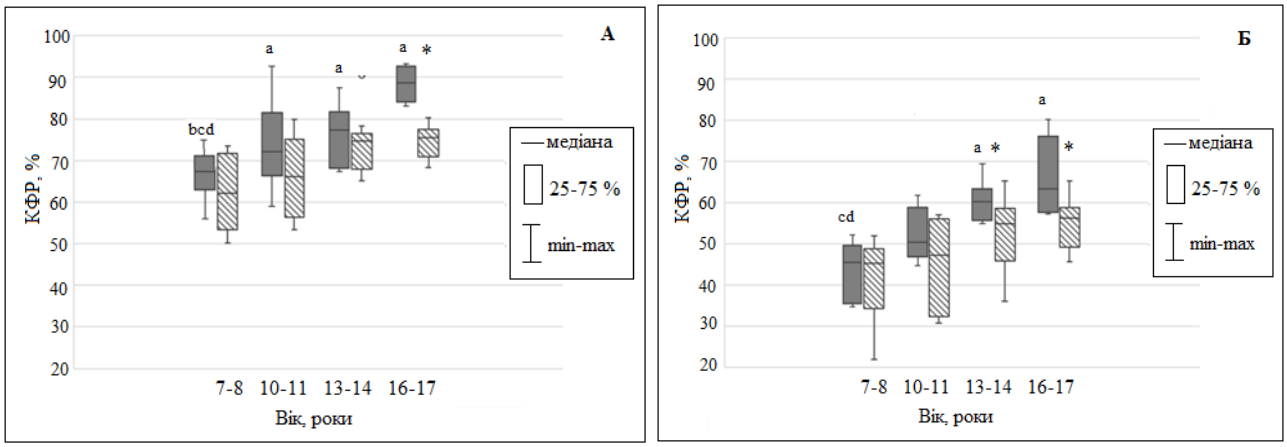

Рис.3.14. Вікові особливості моторного завдання з утримання рівноваги на стабільній (А) та нестабільній (Б) платформі стабілографа у здорових ■ та осіб з порушеннями постави ▨. Примітка: * – статистична вірогідність різниць між здоровими та особами з порушеннями постави; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З рисунку 3.14 видно, що у обстежуваних всіх вікових груп результати виконання моторного завдання на стабільній платформі стабілографа вищі, ніж за умови утримання рівноваги на нестабільній платформі. Досліджувані 7–8, 10–11, 13–14 та 16–17 років, які не мали порушень постави статистично значуще переважали своїх однолітків із порушеннями постави за показниками статокінетичної стійкості.

Утримання рівноваги і вертикальної пози забезпечується великою кількістю кіркових і підкіркових структур, які певною мірою дублюють один одного, що підвищує надійність моторного автоматизму [54, 186, 200]. Показано, що завдання на рівновагу на нестабільній платформі стабілографа характеризується більш низьким моторним автоматизмом та супроводжувалось перерозподілом зорової уваги і вимагало більше фізіологічних затрат, ніж завдання на стабільній платформі. Виконання моторного завдання на нестабільній платформі стабілографа характеризувалося зниженням показників КФР,% і збільшенням Length, мм та AvgSpeed, мм/с. Наведені результати імовірно свідчать про те, що за цих умов в роботі моторних, сенсорних систем,

які залучені до формування функціональної системи статокінетичної стійкості має місце інтерференція [167]. Маємо ситуацію, коли накладання на систему регуляції рівноваги додаткового фактору нестабільної платформи приводить до зниження успішності виконання моторного завдання.

На нашу думку на зорову, пропріорецептивну та вестибулярну системи нестабільна платформа створює додаткове аферентне суглобово-м'язове навантаження. За свідченнями вчених показники статокінетичної стійкості залежать від обсягу рухової активності, кількості та характеру фізичних вправ спрямованих на стимулювання розвитку вестибулярного апарату. Імовірно у дітей з порушеннями постави обмежена рухова активність, обумовлює низький рівень розвитку загальної моторики, порушення координації рухів та здатності до утримання рівноваги.

3.3.2. Розумова працездатність та успішність виконання нейродинамічних завдань у здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з порушеннями постави

Досліджували вікові особливості розумової працездатності у здорових дітей, підлітків і юнаків та у їх однолітків, які мали порушенням постави під час виконання нейродинамічних завдань з переробки образної інформації. Дослідження та оцінку кількісних і якісних характеристик розумової працездатності (РП, с) у здорових осіб різного віку та з порушеннями постави проводили за показниками швидкості реакції диференціювання сигналів (РВ2-3, мс) і кількості помилок (таблиця 3.5). Для цього обстежуваним необхідно було при появі на екрані фігури «квадрат» або «назви тварин» швидко натискати правою рукою на праву кнопку, «коло» чи «назви рослин» – лівою рукою на ліву кнопку, а при пред'явлення «трикутника» та «предметів» – гальмівний подразник – не натискати на жодну з кнопок.

З таблиці 3.5 видно, що діти 7–8 років, які не мали порушень постави переробляли образну інформацію швидше – за 87,2±1,1 с ($p<0,019$), тоді як їх однолітки з порушеннями постави виконували роботу з диференціювання 120

образних сигналів у режимі зворотного зв'язку (тест Т120) за 104,7±3,0 с. Можемо констатувати статистично значимі відмінності за показниками РП між групами обстежуваних дітей 7–8 років.

Таблиця 3.5

Розумова працездатність (X±m) під час переробки образної інформації у здорових та осіб з порушеннями постави різного віку

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники нейродинаміки		
		РП, с	РВ2-3, мс	К-сть помилок
7–8 (a)	здорові	$87,2±1,1^{b\,c\,d}$	$387,3±8,2^{c\,d}$	50,9±1,0
	з порушеннями постави	$102,8±3,0^{b\,c\,d}$ *	$474,9±23,2^{d}$ *	54,0±1,4
10–11 (b)	здорові	$82,4±1,7^{a\,c\,d}$	$377,0±13,8^{c\,d}$	$46,8±0,6^{a}$
	з порушеннями постави	$94,9±2,6^{a}$ *	$414,8±11,5^{d}$ *	49,0±0,9
13–14 (c)	здорові	$75,2±0,7^{a\,b}$	$366,7±9,9^{a}$	$45,6±0,6^{a\,b}$
	з порушеннями постави	$92,6±2,0^{a}$ *	$407,1±10,0^{a\,d}$ *	49,0±0,6*
16–17 (d)	здорові	$70,5±2,0^{a\,b\,c}$	$338,2±9,1^{a\,b\,c}$	$44,9±0,9^{a\,b\,c}$
	з порушеннями постави	$76,5±1,8^{a\,b\,c}$ *	$392,5±9,8^{a}$ *	$46,4±0,7^{a\,b\,c}$

Примітка: *– статистична вірогідність різниць виконання нейродинамічного завдання між здоровими і особами з порушенням постави; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Підлітки без порушень постави демонстрували статистично значущо кращі результати розумової працездатності і виконували завдання швидше: за 82,4±1,7 с. та 75,2±0,7 с., відповідно. Підлітки 10–11 та 13–14 років з порушеннями постави виконували розумову роботу з переробки образних сигналів за 94,9±2,6 с. та 92,6±2,0 с., відповідно. Юнаки 16–17 років, які не мали порушень постави виконували завдання по диференціюванню образних сигналів за 70,5±2,0 с., тоді як юнаки, які мали порушення постави за 76,5±1,8 с. Порівняльний аналіз результатів переробки образної інформації досліджуваних груп, дозволив виявити статистично значущі відмінності, що вказують на нижчий рівень РП у дітей, підлітків та юнаків з порушеннями постави.

Необхідно підкреслити, що як у здорових дітей, підлітків та юнаків так і однолітків з порушеннями постави результати швидкості переробки образної інформації з віком поступово покращувались, що свідчить про підвищення кількісних характеристик РП в онтогенезі. Рівень розумової працездатності під час переробки образних сигналів у всіх вікових групах здорових осіб був статистично вищий, ніж для їх однолітків з дефектами постави.

Аналіз часу сенсомоторної реакції РВ2-3 та якість виконання роботи показав, що швидкість переробки інформації підвищується (час РВ2-3 зменшується), а кількість помилок з віком поступово зменшується у здорових осіб, а також у їх однолітків з порушеннями постави. Дослідження показало, що швидкість реакції (РВ2-3, мс) здорових дітей, підлітків та юнаків під час виконання нейродинамічного завдання знаходилися в межах від 387,3±8,2 до 338,2±9,1 мс., тоді як у обстежуваних з порушеннями постави – від 474,9±23,2 до 392,5±9,8 мс. Ймовірно це можна пояснити тим, що діти, підлітки та юнаки з порушеннями постави мають слабші адаптаційні механізми, ніж здорові, що призводить до зниження обсягу, швидкості переробки та якості виконаної нейродинамічного завдання з переробки образної інформації.

В таблиці 3.6 представлено результати дослідження розумової працездатності під час виконання завдань з переробки вербальної інформації у здорових дітей (7–8 років), підлітків (10–11 і 13–14 років) та юнаків (16–17 років), а також їх однолітків з порушеннями постави.

Таблиця 3.6

Розумова працездатність (X±m) під час переробки вербальної інформації у здорових та осіб з порушеннями постави різного віку

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники нейродинаміки		
		РП, с	РВ2-3, мс	К-сть помилок
7–8 (a)	здорові	114,8±2,3	572,8±14,5	62,0±0,6
	з порушеннями постави	123,0±2,4*	634,9±19,3*	69,3±3,1*
10–11 (b)	здорові	106,9±2,1[a c d]	572,4±18,3[c]	53,3±0,9[a d]
	з порушеннями постави	121,3±1,6*	633,7±16,9*	63,8±2,1*

Продовж. табл. 3.6

13–14 (c)	здорові	98,7±2,6 [a b d]	547,1±17,2 [a b d]	52,5±1,7
	з порушеннями постави	112,3±2,5*	591,1±13,6*	56,8±1,3 [a b]
16–17 (d)	здорові	90,1±1,9 [a b c]	500,5±9,8 [a b c]	48,3±0,8 [a b c]
	з порушеннями постави	95,4±1,4 [a b c] *	534,6±12,9 [a b c] *	51,2±1,5 [a b c]

Примітка: *– статистична вірогідність різниць виконання нейродинамічного завдання між здоровими і особами з порушенням постави; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З таблиці видно, що діти 7–8 років, які не мали порушень постави виконували роботу по диференціюванню 120 вербальних сигналів у режимі зворотного зв’язку швидше за 114,8±2,3 с., тоді як їх однолітки з порушеннями постави виконували аналогічне завдання за 123,0±2,4 с. Між групами встановлено статистично достовірні відмінності, що вказують на нижчий рівень РП при переробці вербальної інформації у дітей із порушеннями постави.

Підлітки 10–11 та 13–14 років без порушень постави виконували нейродинамічне завдання з вербальними сигналами за 106,9±2,1 с. та 98,7±2,6 с., а підлітки з порушеннями постави за 121,3±1,6 с. та 112,3±2,5 с. відповідно. Юнаки 16–17 років, які не мали порушень постави виконували завдання по диференціюванню вербальних сигналів за 90,1±1,9 с., тоді як юнаки, які мали порушення постави за 95,4±1,4 с. Порівняння обстежуваних даного віку з порушеннями постави та здорових дозволило виявити статистичні відмінності між ними, що вказують на нижчий рівень РП за умов переробки вербальних сигналів у підлітків з порушеннями постави.

Аналіз часу сенсомоторної реакції РВ2-3 та якості виконання роботи показав, що швидкість переробки інформації з віком у здорових осіб, а також у їх однолітків з порушеннями постави покращується, а кількість помилок поступово зменшується. Дослідження показало, що швидкісні реакції здорових дітей, підлітків та юнаків під час виконання нейродинамічних завдань (по переробці вербальних сингалів) знаходилися в межах від 572,8±14,5 мс до 500,5±9,8 мс., тоді як у обстежуваних з порушеннями постави ці показники

нижчі – від 634,9±19,3 до 534,6±12,9 мс. Імовірно, це можна пояснити тим, що діти та підлітки з порушеннями постави мають слабші адаптаційні механізми ніж здорові діти, підлітки та юнаки і це призводить до зниження обсягу, швидкості та якості виконаної роботи.

Результати таблиць 3.15 і 3.16 показали, що показники розумової працездатності, кількісні та якісні характеристики виконання завдань по переробці образних і вербальних сигналів у дітей, підлітків та юнаків з віком покращуються, як у здорових, так і у обстежуваних з порушеннями постави. За досліджуваними кількісними (швидкість реакції диференціювання РВ2-3) і якісними (кількість помилок) характеристиками РП на образні та вербальні сигнали у здорових осіб встановлені кращі результати РП, ніж у їх однолітків з порушеннями постави, що підтверджується результатами які представлені на рис. 3.15.

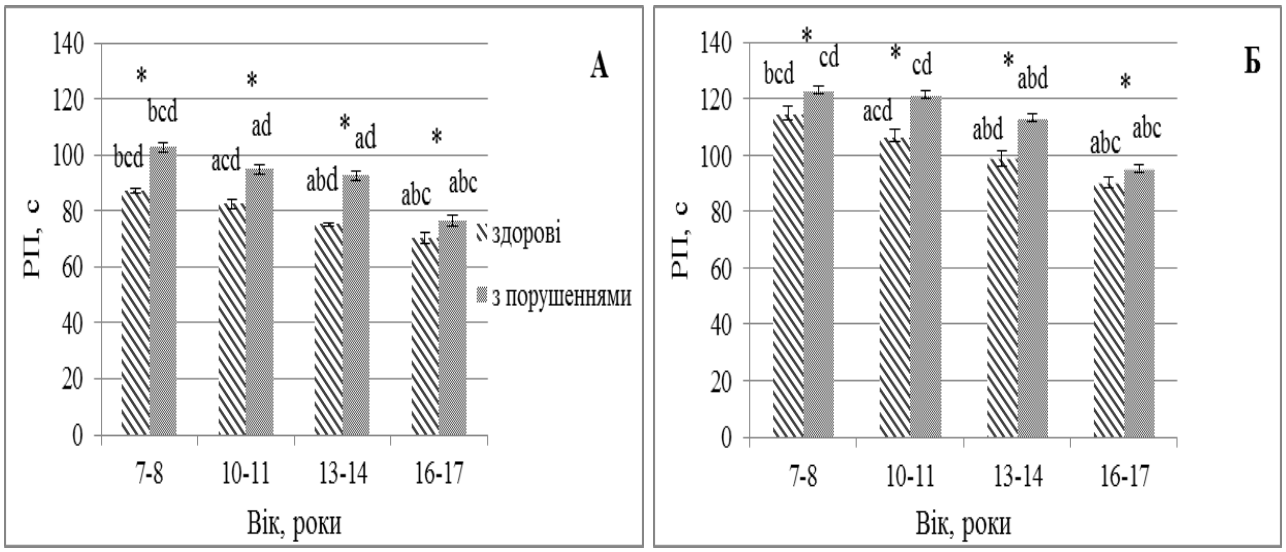

Рис. 3.15. Вікові особливості розумової працездатності у здорових дітей, підлітків і юнаків та з порушеннями постави під час виконання нейродинамічних завдань з переробки образної (А) та вербальної (Б) інформації. Примітка: * – статистична вірогідність різниць між образними і вербальними сигналами; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З рисунку видно, що з віком час переробки 120 образних, так і вербальних сигналів поступово покращується, що свідчить про підвищення РП в онтогенезі

для здорових дітей, підлітків та юнаків так і їх однолітків з деформацією постави. Встановлено, що результати виконання нейродинамічних завдань з віком покращуються, ймовірно це знаходить своє пояснення у формуванні психофізіологічних функцій в онтогенезі [12]. Крім того, виявили, що у всіх вікових групах показники РП під час переробки образних сигналів у здорових та осіб з порушеннями постави були статистично кращі, ніж під час диференціювання вербальних подразників. Це можна пояснити тим, що аналіз образних сигналів забезпечується роботою першої сигнальної системи, до складу якої входить велика кількість коркових і підкоркових структур, що характеризуються високою надійністю [14, 186, 150, 200, 221]. На відміну, філогенетично молода вербальна функції забезпечуються роботою другої сигнальної системи, яка більш кортикалізована у лобних ділянках, менш стабільна і має обмежений нейрофізіологічний ресурс [77]. Крім того, для вербальних функцій характерна відносна ригідність – нездатність до швидкого перемикання з однієї дії на іншу, що пов’язано з низьким рівнем їх автоматизації та залученням додаткових нейронних мереж [52, 57].

Отже, усі обстежувані на виконання завдання з переробки 120 образних сигналів витрачали менше часу, швидше диференціювали сигнали та допускали меншу кількість помилок порівняно з вербальною інформацією.

Показники розумової працездатності під час диференціювання образних і вербальних сигналів у осіб з порушеннями постави були гірші, ніж у здорових обстежуваних, ймовірно це можна пояснити тим, що у осіб з порушеннями постави адаптаційні механізми слабші, ніж у здорових дітей, підлітків та юнаків. Це призводить до зниження обсягу та якості виконаної роботи, а в організмі відбуваються несприятливі функціональні зміни, що характеризуються втомою [67].

3.3.3. Особливості розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань у здорових та осіб з порушеннями постави різного віку

У цьому досліджені обстежувані одночасно виконували моторні та нейродинамічні завдання і повинні були максимально швидко диференціювати 120 образних та вербальних сигналів, вид фігури (образні сигнали), або значення слів (вербальні сигнали) та реагувати, відповідно до інструкції, натисканням на кнопку лівою чи правою рукою. Моторне завдання складалося з довільного контролю за рівновагою стоячи на стабілографічній стабільній та нестабільній платформі.

Результати, які представлені у підрозділі 3.3.2 показали, що виконання моторного завдання на нестабільній платформі стабілографа характеризувалося зниженням показників КФР,% і збільшенням Length, мм та AvgSpeed, мм/с. у порівнянні з результатами, що отримані на стабільній платформі стабілографа. Крім того, з літератури відомо, що функція рівноваги забезпечується великою кількістю кіркових та підкіркових систем, що дублюються і, таким чином підвищують її надійність [54, 186, 200]. В ряді робіт показано, що приєднання до більш стабільних моторних задач менш стабільних нейродинамічних задач, які, в еволюційному плані, сформувалися пізніше і мають менший нейрофізіологічний ресурс не змінюють результати успішності моторного завдання [54, 150].

Можемо констатувати, що на взаємодію моторної та нейродинамічної системи здійснює помітний вплив фактор нестабільної платформи. Тоді, як приєднання до моторного завдання на стабільній платформі стабілографа нейродинамічної діяльності різної модальності не вплинуло на результати успішність виконання моторного завдання. Результати засвідчують, що успішне виконання моторного завдання характеризується високими фізіологічними резервами, а приєднання нейродинамічного завдання не вимагає додаткового перерозподілу уваги для утримання рівноваги та залучення нейродинамічного компоненту. В цьому наші результати суперечать думці ряду авторів, які

показали, що для утримання рівноваги необхідна участь вищих психічних функцій [94, 108]. Слід зазначити, що, фактор модальності нейродинамічного сигналу, у наших дослідах, не змінив результати статокінетичної стійкості. Такі результати можуть бути пояснені з позиції системно-еволюційною теорії [2]. У відповідності до цієї теорії слід вважати моторну діяльність з утримання рівноваги на платформі стабілографа еволюційно старішою, життєво важливою функцією. Наші результати також демонструють, що фізіологічні процеси, що лежать в основі утримання рівноваги більш прості, надійні і характеризуються високим рівнем автоматизму та резервними можливостями. Це дозволяє утримувати рівновагу на високому рівні і не бути залежними від нейродинамічних процесів, які сформувалися еволюційно пізніше і тому є менш надійними функціями мозку. Справедливість такого узагальнення підтверджують результати виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань з переробки образних сигналів стоячи на стабільній платформі стабілографа (таблиця 3.7).

Таблиця 3.7

Вікові особливості (X±m) розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (образних сигналів) та моторних завдань стоячи на стабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники нейродинаміки		
		РП, с	РВ2-3, мс	К-ть помилок
7–8 (a)	здорові	$86,6\pm0,9^{b\,c\,d}$	$386,1\pm6,9^{b\,c\,d}$	$49,5\pm0,4^{b\,c\,d}$
	з порушеннями постави	$103,7\pm1,9^{c\,d}*$	$521,7\pm18,9^{b\,c\,d}*$	$53,4\pm0,7^{b\,c}*$
10–11 (b)	здорові	$78,9\pm2,0^{a\,c\,d}$	$347,2\pm9,4^{a}$	$46,7\pm0,6^{a\,d}$
	з порушеннями постави	$94,5\pm2,2^{c\,d}*$	$429,2\pm9,9^{a\,c\,d}*$	$50,2\pm0,7^{a}*$
13–14 (c)	здорові	$73,5\pm0,9^{a\,b}$	$334,7\pm9,1^{a}$	$45,7\pm0,5^{a}$
	з порушеннями постави	$88,3\pm1,8^{a\,b\,d}*$	$392,1\pm10,8^{a\,b}*$	$49,2\pm0,8^{a}*$
16–17 (d)	здорові	$70,3\pm1,8^{a\,b}$	$323,0\pm7,3^{a}$	$44,5\pm0,7^{a\,b}$
	з порушеннями постави	$76,0\pm1,7^{a\,b\,c}*$	$380,5\pm9,8^{a\,b}*$	$48,6\pm0,6^{a\,b}*$

Примітка: * – статистична вірогідність різниць між здоровими та особами з порушеннями постави; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З таблиці 3.7 видно, що показники розумової працездатності, швидкість і якість переробки 120 образних сигналів за умови підтримання рівноваги на стабільній платформі стабілографа з віком покращуються, як у здорових осіб так і у осіб з порушеннями постави. Здорові діти, підлітки та юнаки мали кращий час та швидкість реакції, робили меншу кількість помилок ніж їх однолітки з порушенням постави.

Встановлені статистично вірогідні різниці у обстежуваних всіх вікових груп за показником розумової працездатності, швидкістю реакції диференціювання образних сигналів та кількістю помилок між здоровими та їх однолітками з порушеннями постави.

В таблиці 3.8 представлені вікові особливості розумової працездатності, швидкості і якості переробки 120 образних сигналів за умови підтримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з деформацією хребта.

Таблиця 3.8

Вікові особливості (X±m) розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (образних сигналів) та моторних завдань на нестабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники нейродинаміки		
		РП, с	РВ2-3, мс	К-ть помилок
7–8 (a)	здорові	85,9±0,9$^{b\,c\,d}$	373,8±6,5	49,5±0,3
	з порушеннями постави	100,8±2,3$^{c\,d}$*	528,1±11,1*	54,0±1,0
10–11 (b)	здорові	78,8±1,7^{a}	343,6±10,7^{a}	47,6±0,8^{a}
	з порушеннями постави	94,8±2,6$^{c\,d}$*	426,1±13,7*	50,7±0,6
13–14 (c)	здорові	72,0±1,0$^{a\,c}$	321,3±9,5^{a}	45,1±0,6$^{a\,b}$
	з порушеннями постави	85,3±2,4$^{a\,b\,d}$*	398,4±16,3*	48,8±0,6
16–17 (d)	здорові	70,8±2,1$^{a\,b}$	322,8±7,5^{a}	45,1±0,8$^{a\,b}$
	з порушеннями постави	75,8±2,3$^{a\,b\,c}$*	379,4±12,3$^{a\,b}$*	48,9±0,6$^{a\,b}$

Примітка: * – статистична вірогідність різниць між здоровими та особами з порушеннями постави; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З таблиці видно, що кількісні і якісні характеристики розумової працездатності під час переробки образних сигналів стоячи на нестабільній платформі стабілографа, як і за умови стабільної платформи, з віком покращуються у здорових дітей, підлітків і юнаків та у їх однолітків з порушеннями постави.

Здорові діти, підлітки та юнаки мали кращий час та швидкість диференціювання 120 образних сигналів стоячи на нестабільній платформі стабілографа і меншу кількість помилок ніж їх однолітки з порушеннями постави.

Вікові особливості розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань по переробці вербальних сигналів на стабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави представлені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Вікові особливості (X±m) розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (вербальних сигналів) та моторних завдань на стабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники нейродинаміки		
		РП, с	РВ2-3, мс	К-ть помилок
7–8 (a)	здорові	$112,9\pm2,0^{b\,c\,d}$	$563,2\pm11,4^{c\,d}$	$59,1\pm0,8^{b\,c\,d}$
	з порушеннями постави	$122,8\pm2,0^{c\,d}*$	$635,4\pm17,9^{d}*$	$63,6\pm2,9^{c\,d}*$
10–11 (b)	здорові	$101,8\pm2,2^{a\,c\,d}$	$545,5\pm20,3^{c\,d}$	$53,4\pm0,8^{a\,c\,d}$
	з порушеннями постави	$117,4\pm1,9^{c\,d}*$	$615,8\pm14,8^{d}*$	$61,0\pm1,0^{c\,d}*$
13–14 (c)	здорові	$93,2\pm2,1^{a\,b}$	$483,7\pm7,1^{a\,b}$	$49,7\pm0,6^{a\,b}$
	з порушеннями постави	$108,6\pm2,4^{a\,b\,d}*$	$595,2\pm16,1^{d}*$	$56,8\pm1,5^{a\,b\,c}*$
16–17 (d)	здорові	$89,0\pm1,0^{a\,b}$	$486,7\pm8,4^{a\,b}$	$49,0\pm0,7^{a\,b}$
	з порушеннями постави	$93,7\pm1,8^{a\,b\,c}*$	$532,7\pm12,5^{a\,b\,c}*$	$51,1\pm1,3^{a\,b\,c}$

Примітка: * – статистична вірогідність різниць між здоровими та особами з порушеннями постави; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З результатів, які представлені у таблиці ми встановили поступове підвищення кількісних та якісних характеристик розумової працездатності, як у здорових осіб так і у обстежуваних з порушеннями постави, що проявлялось у зменшенні часу переробки інформації, часу реакції диференціювання та кількості помилкових реакцій, а також посиленням функціональної взаємодії нейродинамічної та моторної системи. У всіх обстежуваних дітей, підлітків та юнаків розумова працездатність та функціональна взаємодія нейродинамічної і моторної системи з віком поступово підвищувалась і досягала найвищого рівня у юнаків 16–17 років.

Порівняльний аналіз результатів переробки вербальної інформації за умов утримання рівноваги на стабільній платформі стабілографа дозволив виявити статистично значущі відмінності між здоровими обстежуваними та їх однолітками з порушеннями постави.

В таблиці 3.10 представлені показники розумової працездатності, швидкості і якості переробки 120 вербальних сигналів за умови підтримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа у здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з порушеннями постави.

Таблиця 3.10

Вікові особливості (X±m) розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (вербальних сигналів) та моторних завдань на нестабільній платформі стабілографа у здорових та осіб з порушеннями постави

Вік, роки, код групи	Групи обстежуваних	Показники нейродинаміки		
		РП, с	РВ2-3, мс	К-ть помилок
7–8 (a)	здорові	$111{,}8\pm1{,}5^{b\,c\,d}$	$561{,}1\pm10{,}7^{c\,d}$	$58{,}6\pm0{,}8^{b\,c\,d}$
	з порушеннями постави	$123{,}1\pm2{,}0^{c\,d}*$	$659{,}9\pm26{,}7^{c\,d}*$	$62{,}7\pm3{,}0^{c\,d}$
10–11 (b)	здорові	$100{,}5\pm1{,}9^{a}$	$543{,}1\pm21{,}0^{c\,d}$	$52{,}0\pm0{,}8^{a\,c\,d}$
	з порушеннями постави	$117{,}5\pm2{,}0^{c\,d}*$	$626{,}8\pm16{,}5^{c}*$	$60{,}0\pm1{,}1^{c\,d}*$
13–14 (c)	здорові	$86{,}9\pm1{,}8^{a\,b}$	$459{,}5\pm11{,}4^{a\,b}$	$49{,}4\pm0{,}7^{a\,b}$
	з порушеннями постави	$102{,}2\pm1{,}7^{a\,b\,d}*$	$545{,}2\pm19{,}6^{b}*$	$54{,}9\pm1{,}1^{b\,c\,d}*$
16–17 (d)	здорові	$85{,}6\pm1{,}2^{a\,b}$	$471{,}1\pm6{,}9^{a\,b}$	$48{,}0\pm0{,}8^{a\,b}$
	з порушеннями постави	$88{,}4\pm1{,}7^{a\,b\,c}$	$528{,}7\pm13{,}5^{a\,b}*$	$50{,}2\pm1{,}4^{a\,b\,c}$

Примітка: * – статистична вірогідність різниць між здоровими та особами з порушеннями постави; літери a, b, c, d – між віковими групами.

З таблиці видно, що кількісні і якісні характеристики розумової працездатності під час диференціювання 120 вербальних сигналів стоячи на нестабільній платформі стабілографа, як і за умови стабільної платформи, з віком покращуються,як у здорових дітей, підлітків і юнаків так і у їх однолітків з порушеннями постави.

За умов диференціювання вербальних сигналів стоячи на нестабільній платформі стабілографа у здорових осіб встановлені кращі результати РП, ніж у їх однолітків з порушеннями постави.

Таким чином, в онтогенезі у здорових дітей, підлітків та юнаків і осіб з порушеннями постави вікові особливості формування розумової працездатності та інтегративних функцій мозку під час виконання подвійних завдань, які включають одночасне виконання різних за складністю нейродинамічних та моторних завдань стоячи на нестабільній платформі стабілогорафа знаходяться у залежності від вікових морфо-функціональних характеристик обстежуваних, модальності сигналів, пред’явлених для переробки та умов утримання рівноваги на стабільній та нестабільній платформі стабілографа. У всіх вікових групах результати виконання подвійних моторних і нейродинамічних завдань з образними сигналами були статистично вищими, ніж з вербальними сигналами. Виконання нейродинамічного завдання стоячи на нестабільній платформі стабілографа у більшості випадків погіршувало статокінетичну стійкість у порівнянні з результатами, які отримані на стабільній платформі і не впливало на РП та інтегративні процеси нейродинамічної та моторної систем.

З малюнку 3.16 видно, що при переробці образної інформації одночасно з виконанням моторного завдання з утримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа, простежується тенденція до зростання показників розумової працездатності. Крім того результатами наших досліджень було встановлено, що показники розумової працездатності під час одночасного виконання нейродинамічних та моторних завдань були вищими, ніж ті, що були отримані під час їх ізольованого дослідження (підрозділ 3.3.1).

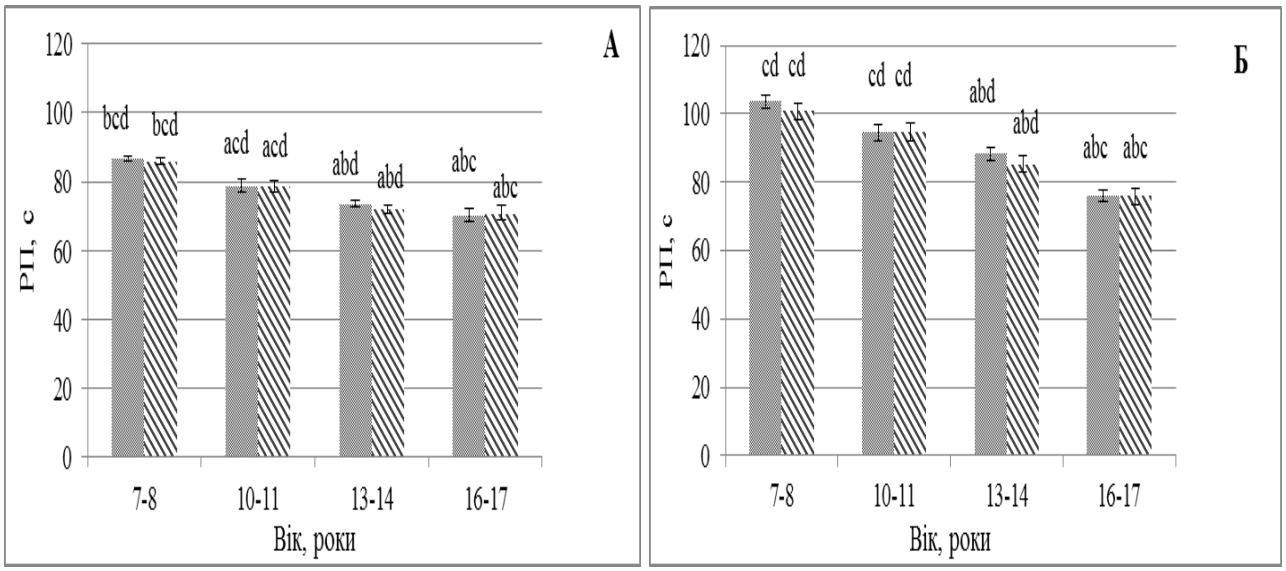

Рис. 3.16. Вікові особливості розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (образні сигнали) та моторних завдань стоячи на стабільній ■ і нестабільній ▨ платформі стабілографа у здорових (А) та осіб з порушеннями постави (Б). Примітка: літери a, b, c, d – статистична вірогідність різниць між віковими групами.

Отже, такі результати можуть свідчити на користь того, що успішне виконання нейродинамічного завдання з образними сигналами характеризується більш високим нейрофізіологічним резервом, а приєднання моторної складової не тільки не вимагає додаткового перерозподілу уваги, не послаблює взаємодію цих систем, а покращує інтегративні функції мозку [54]. Наші результати ще раз підтверджують думку ряду авторів, які показали, що для успішної нейродинамічної діяльності необхідна участь не тільки вищих психічних, а і моторних функцій. Така інтеграція моторної та нейродинамічної систем мозку можлива на рівні неокортексу, який є морфо-функціональним центром для вищих моторних, психічних і нейродинамічних функцій, уваги, робочої пам’яті, мотивації, інтеграції сенсорних систем.

З рисунку 3.17 видно, що приєднання моторного компоненту до завдання з переробки вербальної інформації, як і у випадку з образними сигналами, сприяло підвищенню показників розумової працездатності, як на стабільній так і на нестабільній платформі стабілографа. У підлітків 13–14 та юнаків 16–17

років, як здорових так і з порушенням постави, за умови виконання нейродинамічного завдання з вербальними сигналами на нестабільній платформі стабілографа результати розумової працездатності та швидкості диференціювання РВ2-3 достовірно покращувались, що на нашу думку сідчить про процеси інтеграції, тоді як у дітей 7–8 та підлітків 10–11 років приєднання до нейродинамічного завдання моторного, на нестабільній платформі, майже не змінювало результати розумової працездатності і швидкості диференціювання (РВ2-3) та кількості помилкових реакцій, інтеграція була відсутня, мала місце інтерференція нейродинамічної і моторної систем.

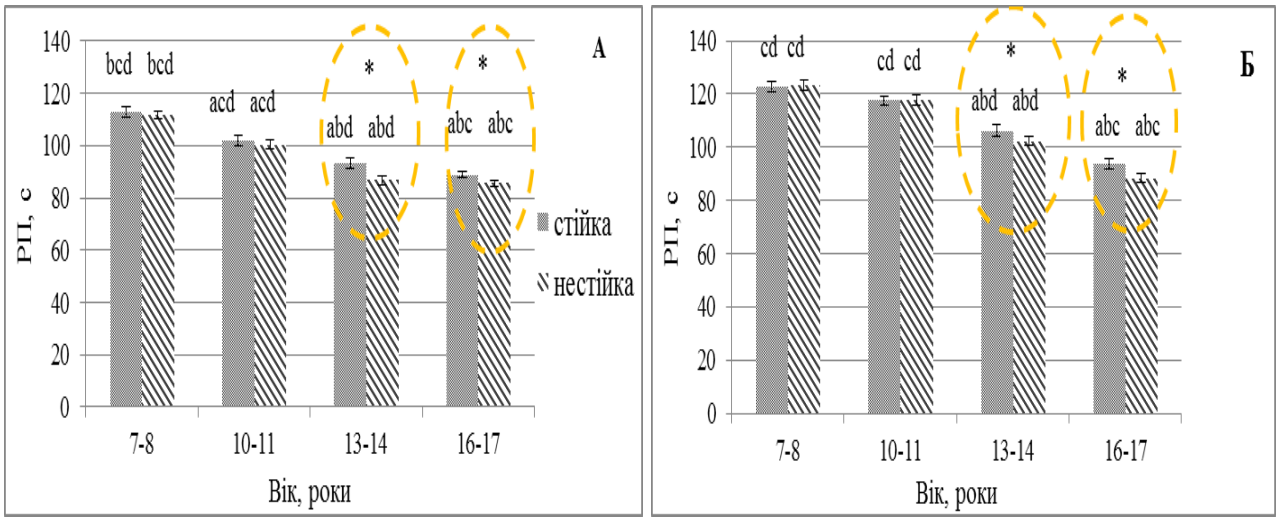

Рис. 3.17. Вікові особливості розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (вербальні сигнали) та моторних завдань стоячи на стабільній ■ і нестабільній ▨ платформі стабілографа у здорових (А) та осіб з порушеннями постави (Б). Примітка: * – статистична вірогідність різниць за показниками РП за умови стійкої та нестійкої платформи стабілографа; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Для уточнення виявлених особливості розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (диференціювання образних і вербальних сигналів) та моторних завдань (утримання рівноваги за умов стабільної та нестабільної опори) у здорових та осіб з порушеннями постави різного віку ми провели кореляційний аналіз.

Аналіз коефіцієнтів кореляції між показником розумової працездатності за умови переробки образних сигналів і стабілографічних показників в різних умовах утримання рівноваги для обстежуваних різних вікових груп показав, що з віком взаємодія між цими системами посилюється.

Таблиця 3.11

Коефіцієнти кореляції та їх вірогідність між розумовою працездатністю (образні сигнали) і показниками стабілографії за різних умов утримання рівноваги у здорових дітей, підлітків та юнаків

Вік, роки	Умови утримання рівноваги					
	Стабільна			Нестабільна		
	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с
7–8 (n=34)	0,01 (p>0,05)	0,15 (p>0,05)	0,01 (p>0,05)	-0,24 (p>0,05)	**-0,40 (p<0,05)**	**0,36 (p<0,05)**
10–11 (n=34)	0,33 (p>0,05)	-0,20 (p>0,05)	0,33 (p>0,05)	**0,45 (p<0,01)**	**-0,62 (p<0,01)**	**0,52 (p<0,01)**
13–14 (n=34)	-0,13 (p>0,05)	0,20 (p>0,05)	**0,34 (p<0,05)**	0,31 (p>0,05)	-0,22 (p>0,05)	0,33 (p>0,05)
16–17 (n=34)	-0,24 (p>0,05)	**-0,56 (p<0,01)**	**0,58 (p<0,01)**	-0,23 (p>0,05)	0,02 (p>0,05)	0,16 (p>0,05)

Аналіз представлених в таблиці 3.11 коефіцієнтів кореляції між розумовою працездатністю, за умови переробки образних сигналів та показниками стабілографії на стабільній платформі свідчить про відсутність достовірного взаємозв’яку між ними у дітей 7–8 річного віку (Length – r =0,01; KFR – r=0,15; AvgSpeed – r =0,01), про те за умов нестабільної платформи між розумовою працездатністю та коефіцієнтом фунції рівноваги (r =-0,40 при p<0,05) та швидкістю переміщення центру маси (AvgSpeed – r=0,36) встановлено статистично достовірний кореляційний взаємозв’язок, p<0,05.

У підлітків 10–11 років за умов стабільної платформи стабілографа не виявлено достовірних взаємозв’язків між розумовою працездатністю (диференціювання образних сигналів) та показниками стабілографії (Length – r=0,30; KFR – r=-0,20; AvgSpeed – r=0,33), про те за умов нестабільної платформи стабілографа розумова працездатність статистично достовірно корелювала з довжиною траєкторії коливання центру тиску (Length – r=0,45),

швидкістю переміщення центру маси (AvgSpeed – r=0,52) та коефіцієнтом фунції рівноваги (KFR – r=-0,62).

У групі підлітків 13–14 років статистично достовірний взаємозв'язок розумової працездатності (диференціювання образних сигналів) встановлено лише зі швидкістю переміщення центру маси (AvgSpeed – r=0,34) за умов стабільної платформи стабілографа.

У юнаків 16–17 років встановлена кореляція між розумовою працездатністю і такими показниками стабілографії, як швидкість переміщення центру маси (AvgSpeed – r=0,58) та коефіцієнт функції рівноваги (KFR – r=-0,56) лише за умов стабільної платформи стабілографа.

Таблиця 3.12

Коефіцієнти кореляції та їх вірогідність між розумовою працездатністю (образні сигнали) і показниками стабілографії за різних умов утримання рівноваги у дітей, підлітків та юнаків з порушеннями постави

Вік, роки	Умови утримання рівноваги					
	Стабільна			Нестабільна		
	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с
7–8 (n=32)	0,12 (p>0,05)	0,25 (p>0,05)	0,11 (p>0,05)	0,24 (p>0,05)	**-0,39 (p<0,05)**	**0,38 (p<0,05)**
10–11 (n=32)	0,02 (p>0,05)	-0,04 (p>0,05)	-0,03 (p>0,05)	-0,03 (p>0,05)	**-0,77 (p<0,01)**	**0,76 (p<0,01)**
13–14 (n=32)	-0,16 (p>0,05)	-0,21 (p>0,05)	-0,23 (p<0,05)	-0,24 (p>0,05)	0,22 (p>0,05)	0,17 (p>0,05)
16–17 (n=32)	-0,14 (p>0,05)	**-0,36 (p<0,01)**	-0,28 (p>0,05)	0,33 (p>0,05)	0,10 (p>0,05)	0,26 (p>0,05)

У дітей 7–8 років, які мали порушення постави встановлено статистично достовірний взаємозвязок між розумовою працездатністю і такими показниками стабілографії, як коефіцієнт функції рівноваги (KFR – r =-0,39) та швидкість переміщення центру маси (AvgSpeed – r=0,38) за умов диференціювання образних сигналів на нестабільній платформі стабілографа.

У підлітків 10–11 років з порушенями постави розумова працездатність корелювала з коефіцієнту функції рівноваги (KFR – r=-0,77) та швидкістю переміщення центру маси (AvgSpeed – r=0,76) за умов диференціювання образних сигналів на нестабільній платформі стабілографа.

У підлітків 13–14 років, які мали порушення постави між розумовою працездатністю і показниками стабілографії за умов диференціювання образних сигналів як на стабільній так і на нестабільній платформі стабілографа достовірних коєфіцієтів кореляції на виявлено.

У юнаків 16–17 років з порушенями постави встановлена кореляція між розумовою працездатністю і коефіцієнтом функції рівноваги (KFR – r=-0,36) лише за умов стабільної платформи стабілографа.

У таблиці 3.13 та 3.14 представлено результати кореляційного аналізу показників розумової працездатності та стабілографії за умов диференціювання вербальних сигналів під виконання моторного задання, що полягало в утриманні рівноваги на стабільній та нестабільній платформі стабілографа здорових дітей, підлітків та юнаків та їх однолітків із порушеннями постави.

Таблиця 3.13

Коефіцієнти кореляції та їх вірогідність між розумовою працездатністю (вербальні сигнали) і показниками стабілографії за різних умов утримання рівноваги у здорових дітей, підлітків та юнаків

Вік, роки	Умови утримання рівноваги					
	Стабільна			Нестабільна		
	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с
7–8 (n=34)	**0,35 (p<0,05)**	-0,18 (p>0,05)	0,07 (p>0,05)	**0,45 (p<0,01)**	-0,14 (p>0,05)	0,04 (p>0,05)
10–11 (n=34)	-0,25 (p>0,05)	-0,32 (p>0,05)	**0,35 (p<0,05)**	**0,62 (p<0,01)**	**-0,71 (p<0,01)**	**0,62 (p<0,01)**
13–14 (n=34)	**0,57 (p<0,01)**	**-0,70 (p<0,01)**	**0,54 (p<0,01)**	**0,52 (p<0,01)**	**-0,46 (p<0,01)**	**0,58 (p<0,01)**
16–17 (n=34)	**0,56 (p<0,01)**	-0,10 (p>0,05)	0,16 (p>0,05)	**0,67 (p<0,01)**	**-0,38 (p<0,05)**	**0,36 (p<0,05)**

Вивчення особливостей розумової працездатності залежно від складності моторного завдання з утриманя рівноваги дало такі результати. Коефіцієнти кореляції між розумовою працездатністю і такими показниками стабілографії, як довжина траєкторії центру тиску, швидкість переміщення центру маси та коефіцієнт функції рівноваги в одних випадках указували на достовірний зв'язок між ними, в інших – вони були слабко виражені, або зовсім відсутні.

Так, у групі дітей 7–8 років між розумовою працездатністю та показником довжини траєкторії коливання центру тиску на стабільній та нестабільній платформі стабілографа встановлено статистично достовірні коефіцієнти кореляції, відповіно $r=0,35$ та $r=0,45$, ($p<0,05$).

У групі підлітків 10–11 років за умов стабільної платформи між розумовою працездатністю та показником швидкості переміщення центру маси коефіцієнт кореляції дорівнював $r=0,35$ ($p<0,05$); за умов нестабільної платформи, у підлітків даного віку між розумовою працездатністю та довжиною траєкторії коливання центру тиску, швидкістю переміщення центру маси та коефіцієнтом функції рівноваги коефіцієнти кореляції дорівнювали відповідно $r=0,62$, $r=0,62$ та $r=-0,71$, ($p<0,05$).

Найбільш щільний кореляційний взаємозв'язок між розумовою працездатністю та показниками стабілографії встановлено у підлітків 13–14 років. Так коефіцієнти кореляції між розумовою працездатністю та довжиною траєкторії коливання центру тиску, швидкістю переміщення центру маси та коефіцієнтом функції рівноваги за умов стабільної платформи дорівнювали відповідно $r=0,57$, $r=0,54$ та $r=-0,70$, ($p<0,05$), за умов нестабільної платформи $r=0,52$, $r=0,58$ та $r=-0,46$ відповідно, ($p<0,05$).

У юнаків 16–17 років за умов стабільної платформи між розумовою працездатністю та показником довжини траєкторії коливання центру тиску коефіцієнт кореляції дорівнював $r=0,56$ ($p<0,05$); за умов нестабільної платформи між розумовою працездатністю та довжиною траєкторії коливання центру тиску, швидкістю переміщення центру маси та коефіцієнтом функції

рівноваги коефіцієнти кореляції дорівнювали відповідно r=0,67, r=0,36 та r=-0,38, (p<0,05).

Таблиця 3.14

Коефіцієнти кореляції та їх вірогідність між розумовою працездатністю (вербальні сигнали) і показниками стабілографії за різних умов утримання рівноваги у дітей, підлітків та юнаків з порушеннями постави

Вік, роки	Умови утримання рівноваги					
	Стабільна			Нестабільна		
	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с	Length, мм	KFR, %	AvgSpeed, мм/с
7–8 (n=34)	0,19 (p>0,05)	-0,26 (p>0,05)	0,02 (p>0,05)	**0,41 (p<0,05)**	0,24 (p>0,05)	0,22 (p>0,05)
10–11 (n=34)	-0,04 (p>0,05)	-0,12 (p>0,05)	-0,11 (p>0,05)	**0,44 (p<0,05)**	**-0,38 (p<0,05)**	0,23 (p>0,05)
13–14 (n=34)	**0,44 (p<0,05)**	**-0,36 (p<0,05)**	**0,36 (p<0,05)**	**0,48 (p<0,01)**	**-0,43 (p<0,05)**	**0,51 (p<0,01)**
16–17 (n=34)	**0,39 (p<0,05)**	-0,16 (p>0,05)	-0,21 (p>0,05)	**0,43 (p<0,05)**	**-0,37 (p<0,05)**	0,31 (p>0,05)

Аналіз представлених в таблиці 3.23 коефіцієнтів кореляції у дітей 7–8 річного віку з порушеннями постави між розумовою працездатністю, за умови переробки вербальних сигналів та показниками стабілографії на стабільній платформі свідчить про відсутність достовірного взаємозв’яку між ними (Length – r=0,19; KFR – r=-0,26; AvgSpeed r=0,02), про те за умов нестабільної платформи між розумовою працездатністю та довжиною траєкторії коливання центру тиску (Length – r=0,41) встановлено статистично достовірний кореляційний взаємозв’язок, (p<0,05).

У підлітків 10–11 років, які мали порушення постави розумова працездатність корелювала з такими показниками стабілографії, як довжина траєкторії коливання центру тиску (Length – r=0,44) та коефіцієнт функції рівноваги (KFR – r=-0,38) за умов диференціювання вербальних сигналів на нестабільній платформі стабілографа, (p<0,05).

У підлітків 13–14 років з порушеннями постави, як і у групі здорових обстежуваних 13–14 років, встановлено найбільш щільний кореляційний взаємозв’язок, між розумовою працездатністю та показниками стабілографії.

Так, коефіцієнти кореляції між розумовою працездатністю та довжиною траєкторії коливання центру тиску, швидкістю переміщення центру маси та коефіцієнтом функції рівноваги за умов стабільної платформи дорівнювали відповідно r=0,44, r=0,36 та r=-0,36, ($p<0,05$), за умов нестабільної платформи r=0,48, r=0,51 та r=-0,43 відповідно, ($p<0,05$).

У юнаків 16–17 років, які мали порушення постави, встановлена кореляція між розумовою працездатністю і довжиною траєкторії коливання центру тиску r =-0,39 в умовах диференціювання вербальних сигналів на стабільній платформі стабілографа, тоді як в умовах утримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа розумова працездатність корелювала з такими показниками стабілографії, як довжина траєкторії коливання центру тиску r=0,43 та коефіцієнт функції рівноваги r=-0,37, ($p<0,05$).

Таким чином, кореляційний аналіз показників розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних (образних сигналів) та моторних завдань стоячи на стабільній і нестабільній платформі стабілографа у здорових осіб різного віку та з порушеннями постави дозволив стверджувати:

1. При переробці образних сигналів за умов виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань стоячи на стабільній і нестабільній платформі стабілографа у здорових осіб різного віку та з порушеннями постави кореляційний зв’язок відсутній.

2. При переробці вербальних сигналів за умов виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань стоячи на стабільній і нестабільній платформі стабілографа у здорових осіб різного віку та з порушеннями постави встановлений кореляційний зв’язок.

3. Кореляційний зв’язок між показниками розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань стоячи на стабільній і нестабільній платформі стабілографа з віком посилюється. Низькі коефіцієнти кореляції між показниками розумової працездатності під час виконання подвійних нейродинамічних та моторних завдань стоячи на

стабільній і нестабільній платформі стабілографа виявлені у дітей 7–8 років, а високі - у юнаків 16–17 років.

Отже, результати стабілографічних досліджень та РП виявили різні варіанти інтеграції та інтерференції у взаємодії моторної та нейродинамічної системи мозку, що проявлялось у підвищенні та зниженні РП. Інтегративні процеси мозку за умови одночасного виконання моторних і нейродинамічних завдань знаходилися у залежать від умов контролю за рівновагою на стабільній та нестабільній платформі та модальності інформації.

В умовах утримання вертикальної пози на нестабільній платформі значно підвищилась амплітуда коливання тіла, але це негативно не вплинуло на показники швидкості переробки образної та вербальної інформації. Кількісні та якісні показники переробки вербальної інформації знизилися в умовах приєднання до нейродинамічного завдання моторного компоненту з утримання постави на нестабільній платформі. Можливо, що зниження кількісних та якісних показників переробки інформації на вербальні сигнали на нестабільній платформі зв’язані з частковим ігноруванням зорової інформації, яка надходила у вищі відділи кори головного мозку та у зв’язку з додатковою інформацією про положення тіла від інших сенсорних систем (вестибулярної та м’язово–суглобової сенсорної сигнальної системи). Тобто мали ситуацію коли у корі головного мозку виникала інтерференція, яка зв’язана з конкуренцією інформаційних систем [122]. Вона була більш виражена на вербальні і меншою на образні сигнали. Конкуренція сигналів викликала інтерференцію, яка більше позначалась і на утриманні рівноваги і на кількісних, і якісних характеристиках переробки інформації та РП. У більшій мірі це спостерігалось під час переробки нейродинамічної інформації з вербальними подразниками, які з точки зору системно-еволюційної теорії [143] нейрофізіологічно є більш молодими і відносяться до другої сигнальної системи та мають менший нейрофізіологічних ресурс, ніж образні сигнали, які еволюційно старші, мають більший психофізіологічний резерв і відносяться до першої сигнальної системи [1].

Таким чином, важливим результатом цього дослідження є те, що встановлені різні варіанти інтеграції та інтерференції функціональній взаємодії моторної та нейродинамічної системи мозку. Виявили, як підвищення, так і зниження успішності спільної розумової та моторної діяльності. Підвищення результативності одного завдання супроводжувалось зниженням успішність іншого, а також зниження успішності виконання моторної задачі підвищувало результативність розумової діяльності. Вважаємо, що взаємодія моторних і нейродинамічних систем мозку при виконанні завдань по переробці інформації різної модальності та складності є важливою складовою інтегративної діяльності мозку. Результати роботи та методика дослідження можуть бути використані для прогностичної оцінки розумової діяльності людини в умовах складних інформаційних навантажень та за умови нейродегенеративних захворювань.

Результати досліджень цього підрозділу дозволили встановити вікову динаміку розумової працездатності, швидкості реакції вибору та кількості помилок під час виконання подвійних моторних та нейродинамічних завдань з переробки образної та вербальної інформації у здорових осіб різного віку та їх однолітків з порушеннями постави. Отримані результати засвідчують, що при переробці 120 образних сигналів у здорових дітей, підлітків та юнаків і осіб з порушеннями постави встановили поступове підвищення кількісних та якісних характеристик РП, що проявлялось у зменшенні часу переробки інформації, часу реакції диференціювання та кількості помилкових реакцій, а також посиленням функціональної взаємодії нейродинамічної та моторної системи. У всіх обстежуваних дітей, підлітків та юнаків РП та функціональна взаємодія нейродинамічної та моторної системи поступово підвищувалась і досягала високого рівня у юнаків 16–17 років.

В разі переробки вербальної інформації встановили, що з віком час переробки 120 вербальних сигналів поступово покращується, що свідчить про підвищення РП в онтогенезі для здорових дітей, підлітків та юнаків, так і їх однолітків з деформацією постави. Крім того, виявили, що час

диференціювання вербальних сигналів був вищий (гірший), ніж при переробці образних сигналів. Це можна пояснити тим, що аналіз образних сигналів забезпечується роботою першої сигнальної системи, до складу якої входить велика кількість коркових і підкоркових структур, що характеризуються високою надійністю [14, 150, 186, 200, 221]. На відміну, філогенетично молода вербальна функції забезпечуються роботою другої сигнальної системи, яка більш кортикалізована у лобних ділянках, менш стабільна і має обмежений нейрофізіологічний ресурс [77]. Крім того, для вербальних функцій характерна відносна ригідність – нездатність до швидкого перемикання з однієї дії на іншу, що пов’язано з низьким рівнем їх автоматизації та залученням додаткових нейронних мереж [52, 57].

Ми припустили, що на вербальні сигнали генерується більша відповідь кори, ніж на образні подразники. Хоча вербальні сигнали викликають додаткову роботу з визначення семантичного значення слова і, таким чином, послаблюють увагую. Оскільки прийняття рішень послаблює ресурси мозку в обробці вербальної інформації, що зменшує амплітуду P300 на критичні подразники [207]. Комплексний тестовий протокол вирішує цю проблему шляхом поділу тесту на дві частини: образні/вербальні на стабільній платформі стабілографа, коли переробка інформації здійснюється без відволікання уваги на утримання рівноваги стоячи на стабільній платформі стабілографа і переробка образної/вербальної інформації за умови відволікання уваги на моторний компонент, коли обстежуваний виконував нейродинамічне завдання з переробки інформації стоячи на нестабільній платформі стабілографа і відволікав інформаційний ресурс мозку на підтримання уваги не тільки на виконання когнітивного, а і моторного завдання.

Клейнберг і Verschuere [205] припустили, що в той час як реакція провідності шкіри, вегетативної нервової системи (АНС), швидше за все, пов'язана з орієнтувальним рефлексом [35] час реакції, швидше за все, пов'язаний з гальмівними процесами. Аналогічно, ефект P300, здається, базується на простому нейродинамічному феномені розпізнавання рідкісної,

значущої інформації. Амплітуда P300 також пов'язана з кількістю сфокусованої уваги на подразниках [207]. Така компенсація повинна збільшувати увагу, що і підтверджено у тесті з вербальними сигналами на нестабільній платформі і у роботі [97], з виявленням меншої кількості помилок та у старших вікових групах. Однак, як тільки уваги стає недостатньо, щоб забезпечити розпізнавання і диференціювання знайомих подразників в межах категорії типу пам'яті, отримані результати досягаються і генеруються більшою кількістю помилок, зниженням швидкості реакції диференціювання та показників розумової працездатності. Імовірно, в цьому дослідженні, як і в дослідженні Безкопильна та інші [86, 114] увага до стимулів була достатньою для забезпечення визначення подразника, тому РП більше не змінювалися мотивацією.

В разі приєднання до переробки образної інформації моторного завдання з утримання рівноваги на стабільній та нестабільній платформі, РП підвищилась. Отже, результати можуть свідчити на користь того, що успішне виконання нейродинамічного завдання з образними сигналами характеризується більш високим нейрофізіологічним резервом, а приєднання моторної складової не тільки не вимагає додаткового перерозподілу уваги, не послаблює взаємодію цих систем, а покращує інтегративні функції мозку. Наші результати підтверджують думку ряду авторів, які показали, що для успішної нейродинамічної діяльності необхідна участь не тільки вищих психічних, а й моторних функцій. Така інтеграція моторної та нейродинамічної систем мозку можлива на рівні неокортексу, який є морфо-функціональним центром для вищих моторних та психічних і нейродинамічних функцій, уваги, робочої пам’яті, мотивації, інтеграції сенсорних систем.

Виконання подвійних моторних завдань з одночасною переробкою вербальних сигналів не змінює кількісні і якісні показники успішності виконання нейродинамічного завдання. У підлітків 13–14 та юнаків 16–17 років, як здорових так і з порушенням постави, за умови виконання нейродинамічного завдання з вербальними сигналами на нестабільній

платформі стабілографа результати розумової працездатності та швидкості диференціювання РВ2-3 покращувались. У цій ситуації для 13-14 та 16-17 років мали місце процеси інтеграції, тоді як у дітей 7–8 та підлітків 10–11 років приєднання до нейродинамічного завдання моторного на нестабільній платформі знижувало результати РП і швидкості диференціювання (РВ2-3) та підвищувало кількість помилкових реакцій. Інтеграція була відсутня, мала місце інтерференція нейродинамічних і моторних систем.

Отримані результати виконання завдання на рівновагу на стабільній платформі стабілографа характеризується високим моторним автоматизмом. Встановили поступове підвищення з віком показників статокінетичної стійкості та характеристик функції рівноваги, як у здорових, так і осіб з порушеннями постави. Виявили, що здатність утримувати рівновагу, як у здорових осіб, так і з порушеннями постави на стабільній платформі стабілографа з віком поступово зростає, про це свідчать результати поступового підвищення КФР, зменшення значень довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.) Найвищі показники статокінетичної стійкості на стабільній платформі стабілографа встановлено у юнаків 16–17 років. Крім того, у здорових осіб показники КФР у всіх обстежуваних вікових групах був статистично значуще вищим, а Length та AvgSpeed, нижчим, ніж у однолітків з деформаціями постави.

Результати завдання з утримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа вказують на поступове підвищення з віком статокінетичної стійкості та характеристик функції рівноваги, як у здорових, так і осіб з порушеннями постави про, що свідчить підвищення КФР, зменшення значень довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.). Найвищі показники статокінетичної стійкості на нестабільній платформі стабілографа встановлено у юнаків 16–17 років. Крім того, у всіх досліджуваних вікових групах здорових осіб утримання вертикального положення тіла за умови нестабільної платформи стабілографа характеризувалося вищими показники КФР та

нижчими Length і AvgSpeed порівняно з їх однолітками, які мали деформацію постави.

Ключове питання: чому посилення моторного компоненту як у здорових обстежуваних 13–14 і 16–17 років, так і у однолітків з деформацією постави під час нейродинамічного тесту з вербальними сигналами стоячи на нестабільній платформі підвищує РП, швидкість диференціювання подразників, а кількість помилкових реакцій статистично значуще зменшується? І чому така реакція відсутня у групах обстежуваних 7–8 і 10–11 років? В обох випадках стоячи на стабільній і, тим більше у разі нестабільної платформи стабілографа, обстежуваним було наказано: «ваше завдання полягає у тому, щоб переробити інформацію якомога швидше і не допускати великої кількості помилок та намагатися утримувати рівновагу на хиткій платформі стабілографа».

Як вже давно доведено [71, 77], що вербальна, семантична інформація зберігається у мозку довше, ніж образна інформація. Результати, які ми демонструємо та обговорюємо у цьому підрозділі та з попередніми Безкопильна та інші [86, 114] результатами цілком узгоджуються з тим, що: по-перше, за показниками РП, РВ2-3 та помилками на вербальні сигнали явно гірші, ніж на образні сигнали. По-друге, ми дійсно спостерігали негативний вплив нестабільної платформи на вербальні подразники, ніж на образні сигнали у дітей. По-третє, наші дані показали очікувано більш високі результати РП для старших вікових груп та для образних сигналів, ніж для дітей та вербальних сигналів. Крім того, вплив моторного компоненту на РП був явно іншим у підлітків 13–14 та юнаків 16–17 років, ніж для дітей 7–8 та 10–11 років та на образні сигнали (мал. 3.17). Це може бути пов'язано з більш високим морфо-функціональним рівнем зрілості моторної та нейродинамічної систем у старших вікових групах, що спостерігається для вербальних подразників, ніж для молодших вікових груп і особливостей їх взаємодії за умови переробки образної інформації (мал. 3.16). Це означає, що вербальні подразники розпізнаються в більшій кількості мозкових операцій, ніж образні сигнали.

У своїй роботі ми досліджували РП під час переробки інформації різної модальності за умови виконання подвійних моторних та нейродинамічних завдань не тільки для здорових дітей, підлітків та юнаків, а і їх однолітків з порушенням постави. Отримані нами результати показали, що виконання подвійних завдань може привести до різноспрямованих змін у кількісних і якісних характеристиках РП та участі механізмів, що їх забезпечують, тим більше, що спрямованість та взаємодія нейродинамічної та моторної систем з віком може змінюватись. У більшості випадків підвищення аферентації з моторної, вестибулярної та зорової системи погіршувало результати виконання нейродинамічних завдань у дітей 7–8 та 10–11 років. Тоді як у осіб 13–14 та 16–17 років ми мали результати позитивного впливу додаткової аферентації на результати кількісних і якісних характеристик розумової працездатності.

РОЗДІЛ 4. ЗВ'ЯЗОК НЕЙРОДИНАМІЧНОГО, ВЕГЕТАТИВНОГО ТА МОТОРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РОЗУМОВОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ У РІЗНИХ ВІКОВИХ ПЕРІОДАХ ОНТОГЕНЕЗУ

Дослідженнями нейродинаміних, моторних та регуляторних механізмів автономної системи в онтогенезі передбачали вирішити дві наукові задачі. По-перше – встановити закономірності розвитку та формування нейродинамічних, моторних та автономних властивостей в онтогенезі, по-друге – обґрунтувати роль досліджуваних властивостей у різноманітній за характером розумовій діяльності. Ці завдання ми намагалися вирішити за допомогою апробованих і добре зарекомендованих у багатьох наукових лабораторіях системного та онтогенетичного підходів. Для вивчення закономірностей розвитку та становлення розумової працездатності, властивостей нейродинаміних, моторних, автономних функцій та їх механізмів в онтогенезі були проведені дослідження на 136 здорових обстежуваних дітях 7–8, підлітків 10–11, 13–14 та юнаках 16–17 років. Зв'язок розумової працездатності, властивостей нейродинамічних, моторних функцій та регуляторних властивостей АНС в онтогенезі були проведені також на 128 обстежуваних дітях 7–8, підлітків 10–11, 13–14 та юнаках 16–17 років з деформацією постави.

Проведене дослідження нейродинамічних характеристик розумової працездатності у здорових дітей, підлітків та юнаків за показниками успішності (кількість помилок) та швидкості диференціювання гальмівних та збудливих сигналів у режимі РВ2-3 (час реакції) з поступовим підвищенням і зниженням інтенсивності пред'явлення інформації різної модальності. Загальною рисою підвищення РП, кількісних і якісних її характеристик в онтогенезі є встановлені нами закономірності та особливості їх формування у залежності від віку, модальності та інтенсивності пред'явлення для диференціювання інформації (розділ 3.1). З'ясували, що РП, кількість помилок, швидкість реакції на сигнали знаходиться у залежності від вікових особливостей обстежуваних, модальності та інтенсивності пред'явленої для диференціювання інформації.

У дітей 7–8 років встановлено низькі результати РП, що підтверджено великою кількістю помилок і низькою швидкістю реакції диференціювання. У подальшому, з віком, у підлітків 10–11 та 13–14 років кількість помилок поступово зменшувалась, а швидкість реакції диференціювання зростала, що свідчило про підвищення РП. Високого рівня показники РП досягали у юнаків 16–17 років, що ймовірно знаходить своє пояснення у формуванні психофізіологічних функцій в онтогенезі [209]. Імовірно, що підвищення з віком розумової працездатності за умови обробки інформації з різною інтенсивністю пред'явлення для диференціювання образних та вербальних сигналів можуть бути пояснені гетерохронним дозріванням різних структур мозку, які забезпечують виконання розумового завдання. Відомо, що у дітей відбуваються помітні зміни у розвитку прецентральної ділянки КГМ, удосконалюється міжцентральна взаємодія. У 16–17 років завершується функціональне дозрівання асоціативних зон з подальшими спряженими морфологічними і функціональними змінами у нейронних мережах КГМ, так і удосконаленням нервово – м'язового апарату [79, 150, 156].

Дослідженнями доведено, що РП та нейродинамічні характеристики переробки та диференціювання інформації знаходились у залежності від інтенсивності пред'явлення сигналів. Так, у тестах з різною інтенсивністю від 30 до 120 пред'явлення для диференціювання образних і вербальних сигналів за хвилину поступово збільшувалась кількість помилок і зростала швидкість та зменшується час реакції. І, навпаки, зниження інтенсивності від 120 до 30 сигналів за хвилину супроводжувалось зменшенням кількості помилок та уповільненням реакції РВ2-3. Імовірно, що в нейродинамічних завданнях із застосуванням різної швидкості пред'явлення вербальних та образних сигналів, крім сенсорної і моторної інтеграції, мають місце більш складні когнітивні процеси вищих відділів ЦНС, що характеризуються розподілом і переключенням уваги, мобілізацією пам'ятних слідів, диференційованим аналізом і формуванням програми дій [9, 150, 165, 166]. Висунули припущення, що обстежувані мають неусвідомлену навичку підвищувати швидкість рухових

реакцій та здійснювати більшу кількість помилок за умови зростання інтенсивності пред'явлення сигналів і, навпаки, знижувати швидкість рухових реакцій і зменшувати кількість помилок у відповідності до зниження інтенсивності подачі сигналів. У всіх вікових групах ми спостерігали поступове зростання кількості помилок у разі підвищення швидкості пред'явлення сигналів від 30 до 60 і, особливо, 90 та 120 за хвилину, що характеризувало зниження РП, успішності та якості переробки інформації. Як зазначають спеціалісти велика кількість помилок може свідчити про переважання гальмівних процесів у нейродинамічних структурах мозку [9]. У разі зниження інтенсивності пред'явлення інформації кількість помилок поступово зменшувалась, що свідчило про послаблення гальмівних процесів у нейродинамічних мережах мозку [9, 52]. Ми отримали цікаві результати щодо вікової динаміки швидкості реакції обстежуваних на поступове зростання інтенсивності пред'явлення сигналів та її зниження. На відміну від кількості помилок, які поступово зростали та знижувались у залежності від підвищення та зниження інтенсивності пред'явлення сигналів, швидкість реакції з підвищенням інтенсивності пред'явлення подразників від 30 і до 120 сигналів за хвилину підвищувалась, а час реакції зменшувався. У разі зниження інтенсивності пред'явлення сигналів час реакції поступово уповільнювався і кількість помилок зменшувалась. Таку закономірність зростання і зниження кількісних і якісних характеристик РП від інтенсивності пред'явлення для диференціювання подразників ми виявили у всіх вікових групах. Крім того, чим старші були обстежувані, тим вища була РП та швидкість реакції і менша кількість помилок. У дітей 7–8 років кількість помилок на зростання та зниження інтенсивності пред'явлення інформації була більша, ніж у групах підлітків 10–11 та 13–14 років і юнаків 16–17 років. Так само, як кількість помилок знаходилась у прямій залежності від інтенсивності підвищення та зниження пред'явлення сигналів, так і час реакції залежав від інтенсивності пред'явлення сигналів. Важливо підкреслити, що у разі підвищення інтенсивності пред'явлення для переробки інформації до 90 та 120 сигналів за

хвилину час реакції диференціювання виявився найменшим, що вказувало на високу швидкість переробки інформації. Але, якщо різниці швидкості часу реакції для образних сигналів у разі їх пред'явлення з інтенсивністю 30, 60 та 90 за хвилину були встановлені між усіма досліджуваними віковими групами, то на швидкості 120 сигналів за хвилину такі різниці у часі реакції між віковими групами були відсутні. Для вербальних сигналів виявили відсутність різниць у швидкості часу реакції між віковими групами за умови інтенсивності пред'явлення 90 та 120 сигналів за хвилину. Можна думати, що обстежувані за умови диференціювання сигналів на швидкості їх подачі 30 та 60 за хвилину мають неусвідомлену навичку підвищувати швидкість рухових реакцій при малій кількості помилок. На такій швидкості пред'явлення подразників обстежувані допускали малу кількість помилок (3-5%), що вказувало на те, що вони встигали сприймати, аналізувати і правильно відповідати на інформаційне навантаження. Імовірно, що переробка інформації з такою швидкістю відбувалась в межах властивої для обстежуваного швидкості нервових процесів [122, 202, 209], що відповідає оптимальному співвідношенню між темпом пред'явлення сигналів, швидкістю рухових реакцій та кількістю помилок. Наведені результати свідчать про те, що в корі мозку відбувається нейроінтеграція, яка характеризується інформаційним синтезом, фокусом взаємодії для великої кількості нейронів (мережі/колонок), які розряджаються в одному ритмі [52, 150]. Можна вважати, що в нейронних мережах за умови переробки інформації зі швидкістю 30 та 60 за хвилину встановлюється оптимальний фокус взаємодії для гальмівних та збудливих сигналів. При пред'явленні інформації зі швидкістю 90 та 120 для вербальних і 120 образних сигналів за хвилину більшість обстежуваних не встигали вирішувати поставлені завдання з переробки інформації, так як темп пред'явлених подразників перевищував функціональні можливості КГМ [52, 122]. Кожний наступний сигнал, що надходив в ЦНС для диференціювання, заставав нейродинамічні нейронні мережі у стані збудження від попередніх. Нейрофізіологічно такий стан можна пояснити з позицій рефрактерності, або

розвитку парабіозу та інтерференцією [204]. За таких умов пред'явлення подразників, у обстежуваних не залишалося часу для аналізу інформації та підготовки до сприйняття нового сигналу, що приводило до найвищого психофізіологічного напруження. Не дивлячись на максимальну швидкість рухових реакцій та мобілізацію психофізіологічних функцій, обстежувані допустили велику кількість помилок (21-32%), що свідчило про значне зниження РП та якості виконання завдань, а також переважання у КГМ гальмівних процесів [52, 58, 122, 150, 194, 196]. Навантаження, які перевищували оптимальну швидкість пред'явлення інформації розвивали у нейродинамічних мережах мозку дисонанс та сприяли розвитку утоми і патологічних станів.

Необхідно відмітити, що кількість помилок, швидкість реакції та РП на пред'явлення з різною інтенсивністю для диференціювання вербальних подразників у всіх вікових групах була нижча, ніж у випадку переробки образної інформації. Цей факт можна пояснити, насамперед, тим що аналіз образних сигналів забезпечується роботою першої сигнальної системи, до складу якої входить велика кількість кіркових і підкіркових мереж, які характеризуються високою надійністю [10, 14, 186]. Тоді як, філогенетично молоді вербальні функції, які забезпечують роботу другої сигнальної системи, є більш кортикалізованими у лобних ділянках мозку, менш стабільні та з обмеженим нейрофізіологічним ресурсом [10, 77, 150]. Нейрофізіологічним механізмом, який пояснює зниження РП, швидкості та успішності переробки вербальних сигналів може бути і інтерференція [9]. Крім того, під час виконання нейродинамічного завдання із застосуванням слів мала місце різниця у часі збудження різних ділянок мозку. Саме таке просторово-часове рознесення мозкової активності при виконанні нейродинамічних завдань було описано раніше [163].

Результати, які отримані в процесі дослідження ФРГМ за умови виконання завдання по переробці сигналів різної модальності та швидкості їх пред'явлення, були вищими для образних, ніж для вербальних сигналів.

Важливо врахувати, що вплив психічного стресу на результат РП зв'язаний з нервовою системою обстежуваного, з його індивідуально – типологічними особливостями та віком. Психічну напруженість у процесі розумової діяльності ми пропонуємо визначати (оцінювати) за допомогою розробленого нами способу шкал (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Психофізіологічна напруженість при переробці інформації різної модальності

Швидкість, сигналів/хв Фігури	Рівні діяльності	Ступінь напруження, (бали)	Швидкість, сигналів/хв Слова
110–120	Високий	10	100–110
90–100	Вище за середній	8	80–90
80–70	Середній	6	60–70
60–40	Нижче за середній	4	40–50
20–30	Низький	2	20–30

Високий рівень РП був виявлений у обстежуваних, які могли переробляти образну інформацію зі швидкістю пред'явлення 110 і більше за хвилину, а вербальних 100 сигналів за хвилину. Такі обстежувані характеризувались високим ступенем психофізіологічного напруження, що оцінювалось як 10 балів. У разі переробки інформації на швидкості 80–70 образних, а вербальних 60–70 сигналів за хв. характеризувався середнім рівнем працездатності, що відповідало 6 балам. Переробка образної і вербальної інформації зі швидкістю 20–30 за хв. свідчила про низький рівень психофізіологічного напруження, що у таблиці відповідало 2 балам.

Отже, представлений матеріал дозволяє проводити оцінку не тільки розумової працездатності, кількісних та якісних характеристик переробки інформації, а й отримати об'єктивну інформацію про психологічне напруження, що виникає у нейродинамічних системах обстежуваних різного віку.

Дослідження вікових особливостей забезпечення РП автономною нервовою системою дозволило встановити, що у обстежуваних дітей, підлітків та юнаків існує зв'язок вегетативних механізмів регуляції СР зі швидкістю та успішністю переробки інформації різної модальності та інтенсивності

пред'явлення сигналів. Ми з'ясували, що реактивність АНС знаходиться в залежності від вікових особливостей обстежуваних, модальності та інтенсивності пред'явленої для диференціювання інформації.

Нами встановлено, що в онтогенезі взаємодія нейродинамічної системи та АНС при обробці інформації різної модальності та складності у дітей, підлітків та юнаків поступово підвищується. Результати дослідження дозволили виявити різні варіанти інтегративних функцій мозку та реактивності АНС у вигляді посилення або послаблення їх взаємодії. У юнаків 16–17 та підлітків 10–11 і 13–14 за показниками швидкості та успішності виконання завдань виявлено більш тісний прояв функціональної взаємодії нейродинамічної системи та АНС, ніж у дітей 7–8 років. Кореляційний аналіз підтвердив статистично значимий зв'язок між швидкісними і якісними характеристиками переробки інформації та показниками статистичної, варіаційної, спектральної та кореляційної ритмографії. У дітей, підлітків та юнаків функціональна взаємодія нейродинамічних систем та реактивності АНС при обробці інформації поступово підвищується та залежить від модальності сигналів. Для всіх вікових груп результати швидкості та успішності виконання нейродинамічних завдань і реактивності АНС були вищі на образні і нижчі на вербальні сигнали [150, 209].

Встановлена хвилеподібна залежність взаємодії нейродинамічної та АНС від темпу пред'явлення сигналів різної модальності. Поступове підвищення темпу диференціювання сигналів у трьохстимульному режимі РВ2-3 від 30 і до 60 сигналів за хвилину для вербальних, а для образних до 90 за хв. характеризувалось посиленням взаємодії нейродинамічної та АНС. Подальше зростання темпу пред'явлення інформації до 90 для вербальних та 120 для образних сигналів приводило до послаблення взаємодії нейродинамічної і автономної нервової системи та появи нейровегетативного дисонансу. Підвищення темпу пред'явлення нейродинамічної інформації супроводжувалось поступовим зростанням кількості помилок та HR, SI, IC і зниженням часу реакції, а також показників TP, S, SD2, SD1 [209].

Можна припустити, що між результатами РП (кількість помилок і швидкісні характеристики реакції) та активацією нервової регуляції СР існує правило «перевернутого U» [230] (рис. 4.1).

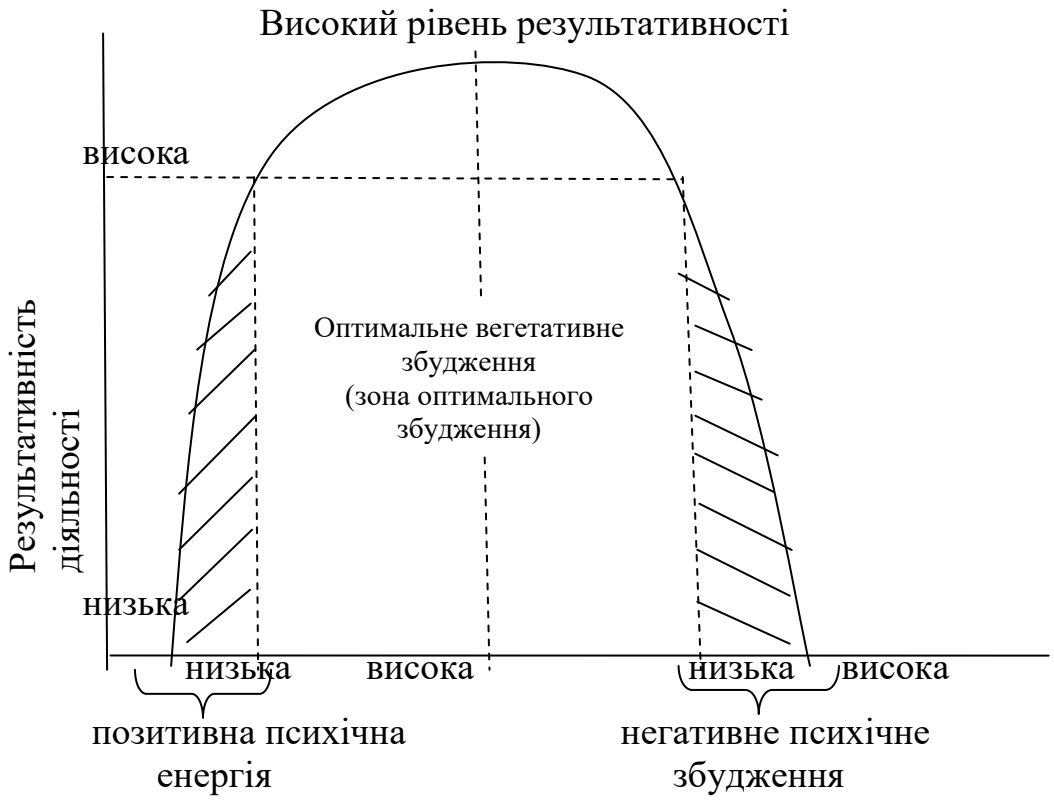

Рис. 4.1. Залежність результативності розумової працездатності від темпу пред'явлення інформації.

З рисунку видно, що результативна розумова працездатність має місце за умови високого рівня позитивної енергії і низький рівень негативної. І, навпаки, високий рівень негативної енергії і низький позитивної є умовою зниження розумової працездатності.

Підсумовуючи результати досліджень РП та участі нейродинамічної та АНС у її забезпеченні варто наголосити, що ефективна РП зв'язана зі здатністю людини до регуляції психічного напруження (збудження). Спеціалісти єдині у тому, що помірне психічне напруження позитивно впливає на ефективність РП, а надмірне – призводить до негативних наслідків [53, 162]. Дослідження показали [230], що відносно впливу психічного напруження на

результативність діє правило «перевернутого U». Відповідно до цього правила для кожного виду діяльності існує оптимальний рівень збудження при якому відмічається найвища результативність РП (рис. 4.1). Як низьке, так і дуже високе збудження (активація АНС) негативно впливає на результативність РП [162].

Виявлена нами схожа реакція показників ВСР, ХССР та КР на переробку інформації різної модальності може свідчити на користь спільних нейрогуморальних механізмів та АНС, що лежить в основі переробки образних та вербальних сигналів під час розумової діяльності та збереження гомеостазу. На користь такого узагальнення можуть свідчити і результати про відмінну реактивність показників ВСР, ХССР та КР на розумові навантаження з різною швидкістю пред'явлення сигналів. Встановлено, що кращим показникам РП та переробки інформації відповідає вища активність регуляторних механізмів СР незалежно від модальності сигналу.

Відомо, що під час переробки інформації у нейронну активність включаються не тільки кіркові процеси, що відповідають за психомоторну діяльність, а й велика кількість підкоркових структур. В організації функцій переключення діяльності центральною ланкою є лобна, сингулярна та інсулярна кора [153, 188]. З іншого боку, ці відділи головного мозку не тільки є важливими для переключення діяльності, а й розглядаються важливими у реалізації інформаційної системи мозку [61, 110, 111, 138]. Відповідно до психофізіологічного розуміння швидкість та якість переробки сигналів та її вегетативне забезпечення можна розглядати, як інтегральні характеристики РП людини. Тому психометрична оцінка показників РП, переробки інформації різної модальності та складності і її вегетативне забезпечення можуть відображати резерви центральної та АНС людини.

Таким чином, виявили залежність особливостей вегетативного забезпечення РП у дітей, підлітків та юнаків під час переробки інформації з різним темпом пред'явлення образних та вербальних сигналів.

Нас цікавило питання, з'ясувати особливості моторного компоненту у забезпеченні РП здорових дітей, підлітків та юнаків. Для цього ми в експерименті об'єднали моторне і нейродинамічне завдання під час виконання тесту на РП. Обстежувані виконували нейродинамічне завдання по переробці 120 гальмівних і збудливих сигналів різної модальності. Визначали час реакції та кількість помилок. Моторне завдання вимагало від обстежуваного утримувати рівновагу стоячи на стабільній та нестабільній платформі стабілографа. Оцінювали коефіцієнт функції рівноваги (КФР), значення довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.).

Результати дослідження вікових особливостей моторного забезпечення РП дозволили встановити, що у обстежуваних дітей, підлітків, юнаків та їх однолітків з порушеннями постави встановили зв'язок статокінетичної стійкості зі швидкістю часу реакцій диференціювання та кількістю помилок, а також модальністю сигналів. З'ясували, що швидкість часу реакції диференціювання та кількість помилок знаходиться у залежності від вікових особливостей обстежуваних, модальності сигналів, умов утримання рівноваги на стабільній і нестібільній платформі стабілографа, а також статокінетичних характеристик постави.

Отримані результати виконання завдання на рівновагу у здорових обстежуваних різного віку на стабільній платформі стабілографа характеризуються високим моторним автоматизмом (субтест 1). Встановили поступове підвищення з віком показників статокінетичної стійкості та характеристик функції рівноваги, як у здорових, так і осіб з порушеннями постави. Виявили, що з віком зростає показник КФР, зменшуються значення довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.) Найвищі показники статокінетичної стійкості на стабільній платформі стабілографа встановлено у юнаків 16–17 років. Крім того, у здорових осіб КФР у всіх обстежуваних

вікових групах були статистично значуще вищими, а Length та AvgSpeed, нижчими, ніж у їх однолітків з деформаціями постави.

Результати завдання з утримання рівноваги на нестабільній платформі стабілографа (субтест 2) засвідчують аналогічну закономірність, яка була виявлена у обстежуваних всіх вікових груп, що і на стабільній платформі. Але, на нестабільній платформі показники, які характеризують статокінетичну стійкість (КФР) були нижчими, а значення довжини траєкторії коливання центру тиску (Length, мм) та швидкості переміщення центру маси (AvgSpeed, мм/с.) більшими, ніж за умови стабільної платформи.

Розумова працездатність, кількісні та якісні характеристики виконання завдань по переробці 120 образних (субтест 3) і вербальних сигналів (субтест 4) у дітей, підлітків та юнаків з віком покращуються, як у здорових, так і у обстежуваних з порушеннями постави. За досліджуваними кількісними (швидкість реакції диференціювання РВ2-3) і якісними (кількість помилок) характеристиками РП у здорових осіб встановлені кращі результати на образні, ніж на вербальні сигнали. У їх однолітків з порушеннями постави зберігалась аналогічна закономірність, з тією лише різницею, що кількісні і якісні характеристики РП були нижчими, ніж у здорових однолітків. Ймовірно це можна пояснити тим, що у осіб з порушеннями постави адаптаційні механізми слабші, ніж у здорових дітей, підлітків та юнаків. Це призводить до зниження обсягу та якості виконаної розумової роботи, а в організмі відбуваються несприятливі функціональні зміни [67]. Встановлено, що з віком час переробки 120 образних і вербальних сигналів поступово покращується, що свідчить про підвищення РП в онтогенезі для здорових дітей, підлітків і юнаків та їх однолітків з деформацією постави, це знаходить своє пояснення у особливостях формування психофізіологічних функцій в онтогенезі [150].

Крім того, виявили, що у всіх вікових групах показники РП під час переробки образних сигналів у здорових та осіб з порушеннями постави були статистично кращі, ніж під час диференціювання вербальних подразників.

Дослідження під час переробки інформації різної модальності за умови виконання подвійних моторних та розумових завдань не тільки для здорових дітей, підлітків та юнаків, а і їх однолітків з порушенням постави показали різноспрямовані зміни у кількісних і якісних характеристиках РП та участі різних механізмів, що їх забезпечують (субтест 5, 6, 7, 8). Підкреслимо, що взаємодія моторної та нейродинамічної системи мозку з віком може змінюватись. Цей факт можна розглядати з позицій механізмів домінанти [135], основною властивістю якого є сумація та інтеграція [215]. Панівний осередок збудження ми створювали нейродинамічним тестом на РП за умови диференціювання та переробки інформації різної модальності (образні чи вербальні сигнали). Для впливу на панівний осередок збудження використали завдання з утримання рівноваги стоячи на стабільній платформі стабілографа. Цим самим посилювали конкуренцію між осередками збудження шляхом виконання нейродинамічного завдання на РП стоячи на нестабільній платформі стабілографа. Доказом цього було те, що в умовах утримання вертикальної пози на нестабільній платформі значно підвищилася амплітуда коливання тіла. Однак це не вплинуло негативно на показники РП. Відмічаємо, що приєднання до розумового завдання по переробці сигналів стоячи на нестабільній платформі стабілографа для дітей 7–8 і підлітків 10–11 років не змінює швидкість реакції переробки образної і вербальної інформації та не знижує РП. Вочевидь, за таких умов розумової роботи має місце інтеграція моторної та нейродинамічної систем їх узгоджена взаємодія [150]. Тоді, як виконання подвійних розумових та моторних завдань на нестабільній платформі для підлітків 13–14 та юнаків 16–17 років сприяла підвищенню РП у разі диференціювання вербальних сигналів. Отже, мали ситуацію, коли накладення на нейродинамічну систему додаткового фактору нестабільної платформи підвищувало РП і результативність переробки вербальної інформації. Імовірно за цих умов у мозкових структурах між нейродинамічною та моторною системами виникає інтеграція [95, 150, 166]. Таким чином, у більшості випадків підвищення аферентації з моторної, вестибулярної та зорової систем не

змінювало результати виконання завдання на РП у дітей 7–8 та підлітків 10–11 років (субтест 5, 6, 7). Тоді, як у осіб 13–14 та 16–17 років ми встановили позитивний вплив додаткової аферентації з моторної системи на результати РП за умови переробки вербальних сигналів (субтест 8).

Отримані дані дозволяють припустити, що одним із можливих механізмів, який лежить в основі посилення взаємодії нейродинамічних та моторних функцій підлітків 13–14 і юнаків 16–17 років у порівнянні з дітьми 7–8 та підлітками 10–11 років, є більш тісні міжпівкулеві, полі- та між нейронні зв'язки мереж головного мозку [54, 209]. Такі зв'язки розвиваються в онтогенезі під впливом генорегуляторних механізмів та у результаті довготривалих навчальних занять. Це підтверджують і психофізіологічні дослідження, які засвідчують більш швидку і якісну обробку образних та вербальних стимулів у юнаків 16–17, ніж у підлітків 10–11 і 13–14 та дітей 7–8 років, що скоріш за все пов'язано з посиленям міжпівкулевої взаємодії, що обумовлено, мієлінізацією комісуральних волокон [117].

Таким чином, результати стабілографічних і нейродинамічних досліджень розумової працездатності виявили різні варіанти інтеграції та інтерференції досліджуваних властивостей. У результаті досліджень та участі нейродинамічної, автономної та моторної систем у психофізіологічних механізмах забезпечення РП та обговорення їх з позицій сучасних наукових теорій та концепцій І.П.Павлова, І.А. Аршавского, Н.О.Бернштейна, П.К.Анохіна, А.Р.Лурія, Ю.І. Александрова, Н.П. Бехтеревої, Р.М. Баевского, О.Д. Ноздрачева, О.О.Наватикяна, М.В.Макаренка, В.Ф.Сагача, М.Ю. Макарчука, Д.Едельмана, R. Sherry, L. Festinger, P.Guzik, S. Porges, R. Penrose та інших, які описали процеси, що лежать в основі діяльності мозку людини, зокрема динаміку збудження і гальмування, та інших систем, що дало можливість побудувати структурно логічну схему, яка дозволяє доповнити, уточнити та розширити теорію онтогенезу (рис. 4.2).

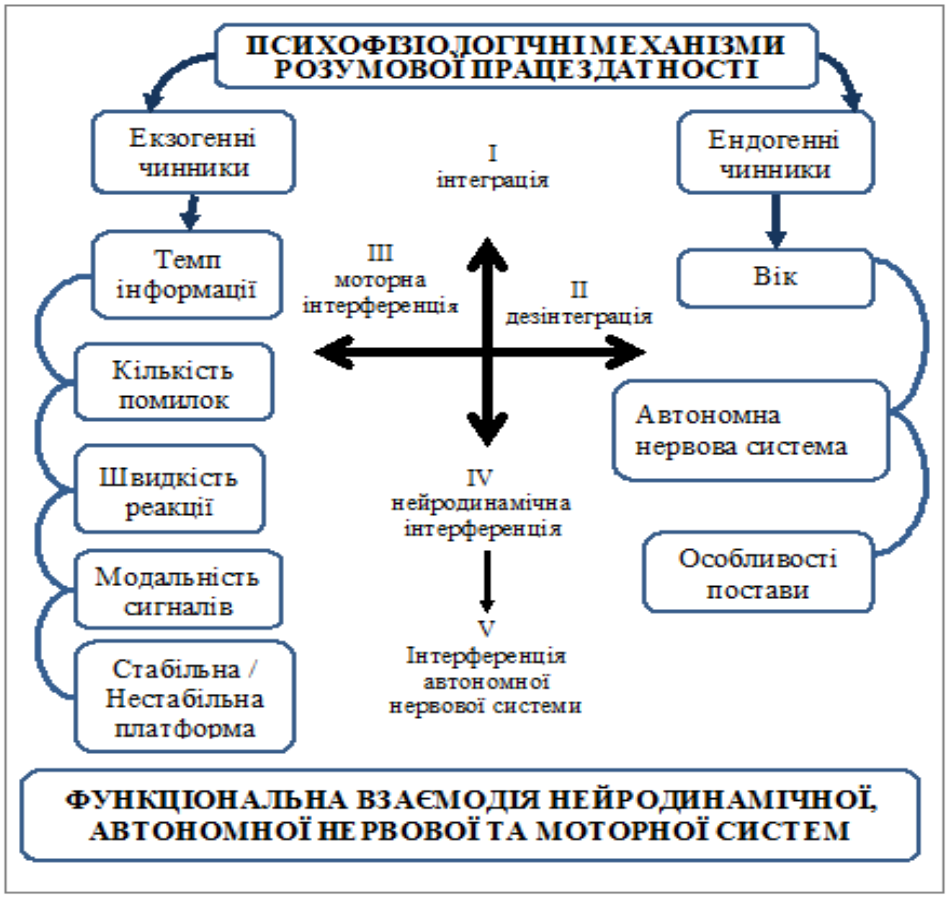

Рис. 4.2. Структура функціональної взаємодії нейродинамічної, автономної та моторної систем у забезпеченні розумової працездатності

Фактичний матеріал і теоретичні напрацювання та узагальнення дисертації дозволяють стверджувати, перш за все, що РП та функціональна взаємодія нейродинамічної, автономної та моторної систем знаходяться у залежності від вікових особливостей обстежуваних, модальності сигналів та інтенсивності пред’явлення для диференціювання інформації і мають внутрішньо суперечливий характер взаємодії від посилення інтеграційних процесів до інтерференції та їх послаблення, дезінтеграції та нейровегетативного, моторного розузгодження і дисонансу. Визнання онтогенетичної програми розвитку та формування психофізіологічних функцій РП передбачає активне вмикання і вимикання спадкових нейрогуморальних механізмів не тільки на молекулярному рівні, а і на системному та органному рівні, тобто тих, які мають відношення до сприйняття, обробки і передачі інформації в системі диференціювання, складання програми, вивільнення із

пам’яті, вегетативного її забезпечення та формування відповіді і здійснення рухового акту.

Отже, у налагодженні взаємовідносин між генетично запрограмованими і фенотипічно мобілізованими у ході життєдіяльності організму генорегуляторними і нейрогуморальними механізмами для стимуляції розвитку РП і лежить стратегія засобів підвищення розумової працездатності організму його нейродинамічних, психічних, моторних та вегетативних функції.

Викладені в роботі результати і висунуті теоретичні положення дали можливість зрозуміти лише деякі закономірності онтогенезу властивостей психофізіологічних функцій та поставити нові завдання. У всякому разі, дисертація відкриває перспективи знайти шлях до розуміння важливих механізмів біологічних основ РП людини. Визначені лише загальні стратегічні орієнтири даного процесу, які вже зараз дозволяють сконцентрувати увагу на ключових аспектах проблеми і необхідності обґрунтування змісту навчання на основі знань про вікові психофізіологічні можливості учнівської молоді та обов'язкового урахування взаємодії нейродинамічної, моторної та вегетативної систем у розумовій діяльності.

ВИСНОВКИ

1. Комплексними дослідженнями з використанням сучасного обладнання у дітей, підлітків та юнаків встановлені закономірності та механізми формування нейродинамічного, вегетативного і моторного забезпечення розумової працездатності. Доведено, що в онтогенезі кількісні і якісні характеристики переробки інформації поступово підвищуються і знаходиться у залежності від швидкості і модальності пред'явлених сигналів, рівня функціональної активності та взаємодії нейродинамічної, автономної і моторної систем.

2. У юнаків 16–17 та підлітків 10–11 і 13–14 років за показниками кількості помилок і швидкості переробки інформації різної модальності виявлено більш високий рівень розумової працездатності, функціональної активності та взаємодії нейродинамічної, автономної і моторної систем, ніж у дітей 7–8 років.

3. Встановлена хвилеподібна залежність взаємодії нейродинамічної, моторної та автономної нервової систем від швидкості пред'явлення сигналів різної модальності. Поступове підвищення темпу диференціювання вербальних сигналів у трьохстимульному режимі від 30 і до 60, а для образних до 90 за хвилину характеризувалось підвищенням розумової працездатності та супроводжувалось активацією і посиленням взаємодії нейродинамічної, моторної і автономної нервової системи. Подальше зростання темпу пред'явлення вербальної інформації до 90 та 120 за хвилину для образних сигналів приводило до значного зростання кількість помилок та послаблення взаємодії нейродинамічної, моторної і автономної нервової систем, що вказувало на вегетонейродинамічний дисонанс.

4. Більш високий рівень розумової працездатності юнаків 16–17 років, під час переробки інформації різної швидкості та модальності, спостерігається за умови інтеграційних процесів у моторних, вегетативних та нейродинамічних системах. Інтеграційні процеси, що беруть участь в організації функціональної системи розумової працездатності юнаків сформувалась на більш пізніх етапах

онтогенезу у порівнянні з інтерференційними процесами, характерними для підлітків 10–11 і 13–14 та дітей 7–8 років.

5. Для всіх вікових груп результати розумової працездатності, швидкості та успішності виконання нейродинамічних і моторних завдань на образні сигнали були вищі, ніж на вербальні. Рівень активації автономної нервової системи та механізми регуляції за умови виконання тестових завдань на розумову працездатність знаходились у залежності від віку обстежуваних та швидкості пред'явлення і не залежали від модальності сигналів.

6. Встановлено, що у всіх вікових групах підвищення швидкості пред'явлення інформації супроводжувалось поступовим зростанням кількості помилок та HR, SI, IC і зниження показників TP, S, SD^2, SD^1 та зменшенням часу реакції диференціювання гальмівних і збудливих сигналів.

7. Інтегративні процеси у мозку, за умови одночасного виконання подвійних моторних і нейродинамічних завдань у тестах на розумову працездатність знаходились у залежності від здатності контролювати рівновагу на стабільній та нестабільній платформі, віку обстежуваних і модальності сигналів.

8. З'ясували, що у разі одночасного виконання подвійних моторних і нейродинамічних завдань у здорових дітей 7–8, підлітків 10–11, 13–14 та юнаків 16–17 років розумова працездатність та результати виконання моторного і нейродинамічного завдання на стабільній і нестабільній платформі стабілографа вищі, ніж у їх однолітків з деформацією постави.

9. Не виявили змін у розумовій працездатності та якості переробки образних сигналів під час додаткового впливу моторної аферентації, яка виникала за умови виконання нейродинамічного завдання стоячи на нестійкій платформі стабілографа. У разі одночасного виконання моторних і нейродинамічних завдань у підлітків 13–14 та юнаків 16–17 років як з нормальною, так і з деформацією постави на нестійкій платформі розумова працездатність на вербальні сигнали значуще підвищувалась. У дітей 7–8 та

підлітків 10–11 років за цих умов підвищення розумової працездатності не виявили.

Перспективи подальших досліджень. З огляду на те, що нами в онтогенезі встановлено поступове підвищення розумової працездатності, яка знаходиться у залежності від віку обстежуваних, швидкості і модальності пред'явлених для диференціювання сигналів, а також рівня функціональної активності та взаємодії нейродинамічної, автономної і моторної систем перспективним напрямком подальших досліджень можна вважати з'ясування особливостей формування механізмів переробки інформації на більш пізніх етапах онтогенезу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александров Ю. И. Психофизиология : учебник. 4-е изд. Санкт-Петербург : Питер, 2013. 464 с.
2. Анохин П. К. Нейрофизиологические механизмы психической деятельности человека. Ленинград. 1974. 248 с.
3. Антропова М. В., Кузнецова Л. М., Параничева Т. М. Умственная работоспособность и ее особенности в связи с половым созреванием у школьников 11–13 лет. *Физиология человека.* 2006. Т. 32, № 1. С. 37–44.
4. Апыхтин К. А., Швец А. В. Особенности нейровегетативного обеспечения деятельности у лиц с различным уровнем умственной работоспособности. *Вестник Харьковского национального университета имени ВН Каразина*. *Серия: Медицина*. 2011. Вип. 22(975).
5. Баевский Р. М. Анализ вариабельности сердечного ритма в космической медицине. *Физиология человека*. 2002. Т. 28, № 2. С. 70–82.
6. Баевский Р. М. Проблемы оценки и прогнозирования функционального состояния организма и ее развитие в космической медицине *Успехи физиологических наук*. 2006. Т. 37, № 3. С. 43–49.
7. Баевский Р. М., Киррилов О. И., Клецкин С. З. Основные методы математического анализа сердечного ритма. *Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе*. Москва : Наука, 1984. С. 39–93.
8. Байгужин П. А., Кирсанов В. М., Шибкова Д. З. Статистические характеристики показателей функционального состояния организма студентов в зависимости от уровня регламентированности учебно-профессиональной деятельности. *Science for Education Today*. 2017. Т. 7, № 3. С. 223–239.
9. Безкопильна С. В. Вікові особливості реактивності автономної нервової системи під час переробки інформації різної модальності та інтенсивності пред’явлення сигналів. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2020. № 1(389). С. 94–102.

10. Безкопильна С. В. Вікові особливості формування резервних можливостей розумової діяльності у дітей, підлітків та юнаків. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2019. Вип. 1. С. 7–12 doi: 10.31651/2076-5835-2019-1-7-12.

11. Безкопыльный О. О., Коваленко С. О., Лизогуб В. С. Вариабельность сердечного ритма у мальчиков 8–10 лет с различным уровнем психомоторного состояния. *Педагогика, психология и медико-биологические проблемы физического воспитания и спорта* : науч. моногр. Харьков, 2007. № 7. С. 25–29.

12. Безруких М. М., Мачинская Р. И., Фарбер Д. А. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование когнитивных функций в онтогенезе ребенка. *Человеческая физиология*. 2009. № 35(6). С. 658–671.

13. Бердичевская Е. М. Применение стабилометрии для анализа функции равновесия у спортсменов. *Журнал медико-биологических исследований*. 2017. Т. 5, № 1. С. 93–95. doi: 10.17238/issn2542-1298.2017.5.1.93.

14. Бернштейн Н. А. Современные исследования нервного процесса. Москва : Смысл, 2003.

15. Бехтерева Н. П. Магия мозга и лабиринты жизни. Санкт-Петербург : Сова, 2007. 349 с.

16. Блинков С. Н. Влияние физических нагрузок различной направленности на состояние регуляции вегетативных функций организма школьниц 7–17 лет. *Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта*. 2012. № 2(84). С. 22–26.

17. Бодров И. Г., Шишелова А. Ю., Алиев Р. Р. Типология вегетативной адаптации к когнитивной нагрузке по динамике вариабельности сердечного ритма. *Экспериментальная психология*. 2018. № Т. 11, № 3. С. 78–93.

18. Бондаренко М. А., Дрынкин В. Н. Оценка информативности комбинированных изображений в мультиспектральных системах технического

зрения. *Программные системы и вычислительные методы*. 2016. № 1. С. 64–79.

19. Бусловская Л. К. Интеллектуальные возможности и умственная продуктивность студентов при адаптации к учебным нагрузкам. *Валеология*. 2010.

20. Бьюзен Т. Руководство по развитию памяти и интеллекта. Минск : Попурри, 2018. 215 с.

21. Вадзюк С. Н., Шуган Т. Б. Розумова працездатність: методики дослідження, зміни та корекція. Тернопіль : Богдан, 2000. 170 с.

22. Вариабельность ритма сердца: представления о механизмах / Котельников С. А., Ноздрачев А. Д., Одинак М. М., Шустов Е. Б., Коваленко И. Ю., Давыденко В. Ю. *Физиология человека*. 2002. Т. 28, № 1. С. 130–143.

23. Васильев О. С. Коррекция тонуса, рабочей осанки и паттернов движения методом В. Войта и его модификация, применительно к задачам тренировачного процесса. *Медицина для спорта* : материалы I Всерос. конгр. Москва : НИИ Спорта, РГУФКСиТ, 2011. С. 77–81.

24. Васильева А. Ю. Матрицы межаттракторных расстояний в оценке движения вектора состояния организма человека при различных режимах трудовой деятельности : дис. … канд. биол. наук : 03.01.02. Сургут, 2013. 122 с.

25. Вергунов Е. Г. Скорость реакции на стимулы различной модальности школьников с различной успеваемостью. *Известия РГПУ им. А.И. Герцена*. 2009. № 98. С. 255.

26. Возрастные различия времени зрительно-моторной реакции у школьников / Дорджиева Д. Б., Бадмаева И. А., Карлова С. В., Лиджигоряева Ц. В. *Наука вчера, сегодня, завтра*. 2017. № 7(41). С. 6–10.

27. Волокитина Т. В., Грибанов А. В. Вариабельность сердечного ритма у детей младшего школьного возраста. Архангельск, 2004. 194 с.

28. Гаврилова Е. А. Вариабельность ритма сердца и спорт. *Физиология человека*. 2016. Т. 42, № 5. С. 121–129.

29. Гаже П. М., Вебер Б. Постурология: регуляция и нарушения равновесия тела человека. Санкт-Петербург : СПбМАПО, 2008.

30. Глазачев О. С. Технологии коррекции психофизиологических функций и повышения резервов здоровья человека: реализация принципов адаптационной медицины. *Вестник международной академии наук (русская секция*). 2013. № 1. С. 45–54.

31. Горго Ю. П., Чайченко Г. М. Основи психофізіології : навч. посіб. Херсон : Персей, 2002. 248 с.

32. Городниченко Э. А. Общие закономерности возрастно-половых адаптационных реакций сердечно-сосудистой системы при статических нагрузках. *Успехи современного естествознания*. 2008. № 5. С. 74–75.

33. Гречухин В. Н. Математическое описание петли гистерезиса. *Вестник Ивановского государственного энергетического университета*. 2005. № 1. С. 1–4.

34. Давиденко Д. Н. Методика оценки мобилизации функциональных резервов организма по его реакции на дозированную нагрузку. *Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта*. 2011. № 12(70). С. 52–57.

35. Данилова Н. Н. Роль высокочастотных ритмов электрической активности мозга в обеспечении психических процессов. *Психология. Журнал высшей школы экономики*. 2006. Т. 3, № 2. С. 62–72.

36. Данилова Н. Н., Астафьев С. В. Внимание человека как специфическая связь ритмов ЭЭГ с волновыми модуляторами сердечного ритма. *Журнал высшей нервной деятельности*. 2000. Т. 50, № 5. С. 791–803.

37. Девишвили Д. М. Н. А. Бернштейн – основатель современной биомеханики. *Национальный психологический журнал*. 2015. № 4(20). С. 74–78.

38. Дегтяренко Т. В., Шевцова Я. В. Нові методи оцінки зорового сприйняття та їх упровадження для діагностики рівня перцептивно-когнітивного розвитку дітей. *Наука і освіта*. 2012. № 9. С. 56–60.

39. Динамика состояния вегетативной нервной системы и психоэмоционального статуса у детей, занимающихся

сложнокоординационными видами спорта / Н. П. Степаненко и др. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2014. Т. 29, № 2. С. 63–66.

40. Дослідження функціональних резервів розумової працездатності / Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В. Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2018. № 8(381). С. 102–107. doi .org/10. 29038/2617-4723-2018-381-102-107.

41. Дубровинская Н. В. Психофизиологическая характеристика подросткового возраста. *Физиология человека*. 2015. Т. 41, № 2. С. 113–122.

42. ЕЕГ-активність у правшів та лівшів при моно- та бінокулярному сприйнятті вербальної емоційно забарвленої інформації / Бондаренко М. П., Бондаренко О. В., Кравченко В. І., Макарчук М. Ю. *Нейрофизиология*. 2016. Т. 48, № 1. С. 47–57.

43. ЕЕГ-кореляти аналізу інформації при проходженні емоційного Струп тесту на фоні пред’явлення зображень IAPS / Бондаренко М. П., Кравченко В. І., Бондаренко О. В., Макарчук М. Ю. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2016. Вип. 1. С. 7–18.

44. Ермаков С. С. Система работы по развитию мелкой моторики кисти и пальцев рук у обучающихся с умственной отсталостью (интеллектуальными нарушениями). *Вестник науки и образования*. 2020. № 3(81), ч 1. С. 68–73.

45. Жиляк Н. В., Гоцуляк Н. Є. Комплексне дослідження психомоторних здібностей особистості. *Проблеми сучасної психології*. 2015. Вип. 29. С. 217–227.

46. Жиркова А. М. Мелкая моторика у детей младшего школьного возраста. *Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания*. 2013. № 17. С. 60–63.

47. Завгородня В. А. Індивідуальні особливості функціонування гемодинаміки при гіпокапнії дихання у чоловіків : автореф. дис. … канд. біол. наук : 03.00.13. Черкаси, 2020. 20 с.

48. Захаров И. М., Исматуллина В. И., Малых С. Б. Кратковременная зрительная память: феноменология и механизмы. *Теоретическая и экспериментальная психология.* 2014. Т. 7, № 4. С. 79–89.

49. Зв’язок успішності психомоторної діяльності з викликаною активністю мозку людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищих відділів центральної нервової системи / Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Юхименко Л. І. та ін. *Фізіологічний журнал*. 2014. Т. 60, № 3. С. 65–66.

50. Зміни електричної активності головного мозку під час прослуховування рок-музики із видозміненною частотною структурою / Шпєнков О. О., Тукаєв С. В., Зима І. Г., Крижановський С. А. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2014. № 2. С. 121–128.

51. Зрительно-моторные реакции как индикатор функционального состояния центральной нервной системы / Игнатова Ю. П., Макарова И. И., Яковлева К. Н., Аксенова А. В. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2019. № 3. С. 38–51. doi: 10.34014/2227-1848-2019-3-38-51.

52. Иваницкий А. М., Портнова Г. В., Мартынова О. В. Картирование мозга при вербальном и пространвенном мышлении. *Журнал высшей нервной деятельности человека*. 2013. Т. 63, № 6. С. 677–686.

53. Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека. Санкт-Петербург : Питер, 2005. 412 с.

54. Інтегративні функції мозку під час виконання когнітивних та моторних завдань / Безкопильна С. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П., Хоменко С. М. *Вісник Черкаського університету*. 2020, № 1. С. 11–22. doi: 10.31651/2076-5835-2018-1-2020-1-11-22.

55. Калениченко А. В., Кудий Л. И., Безрукавый Р. В. Изменения вариабельности сердечного ритма у студентов-спортсменов с различной направленностью тренировочного процесса при длительной умственной нагрузке. *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. 2010. № 12. С. 52–55.

56. Кальниш В. В., Мальцев О. В. Віддалені зміни психофізіологічного стану військовослужбовців після тривалого перебування в зоні проведення бойових дій. *Фізіологічний журнал*. 2021. Т. 67, № 2. С. 11–21.

57. Кальниш В. В., Швец А. В. Влияние непрерывной суточной работы на надежность деятельности операторов. *Физиология человека*. 2012. Т. 38, № 3. С. 81–91.

58. Кемпинский А. Психология шизофрении. Санкт-Петербург : Ювента, 1998. 294 с.

59. Классина С. Я., Фудин Н. А. Состояние центральной и вегетативной нервной систем человека в восстановительный период после отказа от интенсивной физической нагрузки. *Вестник новых медицинских технологий*. 2015. Т. 22, № 3. С. 1–5.

60. Коваленко С. О., Кудій Л. І. Варіабельність серцевого ритму : метод. аспекти. Черкаси : ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2016. 298 с.

61. Кожемяко Т. В. Нейрофізіологічні та автономні механізми переробки інформації у підлітків з різними індивідуально-типологічними властивостями нервової системи : автореф. дис. … канд. біол. наук : 03.00.13. Черкаси, 2018. 20 с.

62. Козак Л. М., Коробейникова Л. Г., Коробейников Г. В. Физическое развитие и состояние психофизиологических функций у детей младшего школьного возраста. *Физиология человека*. 2002. Т. 28, № 1. С. 35–43.

63. Козачук Н. О., Журавльов О. А., Журавльова О. В. Практикум з психофізіології сприйняття. Луцьк, 2019. 31 с.

64. Кокун О. М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення професійної діяльності. Київ: Міленіум, 2004. 265 с.

65. Коржик О. В. Електрична активність головного мозку людини в умовах переключення моторних програм різних мануальних рухів : автореф. дис. … канд. біол. наук : 03.00.13. Черкаси, 2021. 26 с.

66. Коробейніков Г. В., Коробейнікова Л. Г., Ричок Т. М. Статеві особливості нейродинамічних функцій у елітних спортсменів. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2015. № 2. С. 55–59.

67. Кравчук Л. С. Особливості розумової працездатності та організація психофізіологічних функцій студентів із порушенням постави. *Актуальні проблеми навчання та виховання людей з особливими потребами*. 2010. Вип. 7. С. 494–501.

68. Криволапчук И. А., Чернова М. Б. Функциональное состояние школьников при напряженной информационной нагрузке в начальный период адаптации к образовательной среде. *Экология человека*. 2018. № 9. С. 1–12.

69. Кутерман Э. М., Хаспекова Н. Б. Типологические особенности тонических составляющих ритма сердца. *Физиология человека*. 1995. Т. 21, № 6. С. 146–152.

70. Куценко Т. В., Філімонова Н. Б. Особливості функціонування підсистем обробки інформації при здійсненні помилкових реакцій людиною. *Вісник Черкаського університету*. Черкаси, 2007. С. 55–61.

71. Куценко Т. Вплив когнітивного навантаження на прояв емоційного ефекту струпа. *Вісник Київського нац. ун-ту імені Тараса Шевченка*. 2020. № 80(1). С. 30–34.

72. Ларионова О. В., Дравица Л. В. Нейродинамические показатели сенсомоторного реагирования детей младшего школьного возраста с ортофорией и гетеротропией. *Проблемы здоровья и экологии*. 2020. № 2(64). С. 85–90.

73. Левик Ю. С. Стабилография в исследованиях управления позой. *Известия Южного федерального университета*. *Серия: Технические науки*. 2008. № 83(6). С. 108–112.

74. Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини : автореф. дис. … д-ра біол. наук : 03.00.13. Київ, 2001. 29 с.

75. Лизогуб В. С., Хоменко С. М., Безкопильний О. П. Нейродинамічні властивості людини та методика їх дослідження : монографія. Черкаси : ФОП Гордієнко Є. І., 2019. 136 с.

76. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В. Переробка інформації різної складності та модальності особами з різними індивідуально-типологічними властивостями ВНД. *Вісник Черкаського університету*. Черкаси, 2005. Вип. 71. С. 60–67.

77. Лурия А. Р. Основы нейропсихологии. Москва : Академия, 2004. 384 с.

78. Макаренко М. В. Основи професійного відбору військових спеціалістів та методики вивчення індивідуальних психофізіологічних відмінностей між людьми / М. В. Макаренко. – К.: Інститут фізіології ім. О. О. Богомольця НАН України, 2006. – 395 с.

79. Макаренко М. В., Лизогуб В. С. Онтогенез психофізіологічних функцій людини. Черкаси : Вертикаль, 2011. 256 с.

80. Макаренко М. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П. Методичні вказівки до практикуму з диференціальної психофізіології та фізіології вищої нервової діяльності людини. Київ-Черкаси.–2014.–102 с.

81. Макаренко М. В., Панченко В. М. Сенсомоторна реактивність у людей з різними властивостями основних нервових процесів. *Вісник Національного університету оборони України*. 2012. № 4. С. 188–193.

82. Марищук В. Л., Блудов Ю. М., Серова Л. И. Психодиагностика в спорте : учеб. пособие. Москва : Просвещение, 2005. 349 с.

83. Машин В. А. Психическая нагрузка, психическое напряжение и функциональное состояние операторов систем управления. *Вопросы психологии*. 2007. № 6. С. 86–96.

84. Медведев В. И. Взаимодействие физиологических и психологических механизмов в процессе адаптации. *Физиология человека*. 1998. Т. 24, № 4. С. 7–13.

85. Мезенцев В. В. Понятие о психомоторных способностях и их взаимосвязь с психологическими компонентами личности старших школьников гимназии. *Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта*. 2009. № 12 (58). С. 71–74.

86. Методика дослідження розумової працездатності з поетапним підвищенням та зниженням швидкості пред'явлення інформації / Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. *Адаптаційні можливості дітей та молоді : матеріали XII Міжнар. наук.-практ.конф.* Одеса, 2018. Вип. 151. С. 151–155.

87. Методические аспекты анализа временных и спектральных показателей вариабельности сердечного ритма (обзор литературы) / Г. Н. Ходырев и др. *Вятский медицинский вестник*. 2011. Т. 3-4. С. 60–70.

88. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Иваново, 2002. 288 с.

89. Моренко А. Г., Коржик О. В. Мозговые процессы у женщин с различной модальной альфа-частотой при выполнении мануальных движений с применением силы. *Украинский экологический журнал*. 2016. Т. 6, №. 1. С. 1–16.

90. Навакитян А. О., Крыжановская В. В., Кальниш В. В. Физиология и гигиена умственного труда. Киев : Здоровья, 1987. 152 с.

91. Назаренко А. С., Чинкин А. С. Влияние вестибулярного раздражения на статокинетическую устойчивость спортсменов различных специализаций. *Наука и спорт: современные тенденции*. 2015. № 7(2). С. 78–85.

92. Ноздрачев А. Д., Щербатых Ю. В. Современные способы оценки функционального состояния автономной (вегетативной) нервной системы. *Физиология человека*. 2001. № 6. С. 95–101.

93. Онтогенез нейродинамічних функцій людини / Лизогуб В. С. Харченко Д. М., Хоменко С. М., Юхименко Л. І., Петренко Ю. О., Явник О. Е. *Фізіологічний журнал*. 2002. Т. 48, №2. С. 123–124.

94. Особенности выполнения двойных задач (позний контроль и счет) пациентами с последствиями черепно-мозговой травмы / Жарикова А. В., Жаворонкова Л. А., Максакова О. А, Купцова С.В. *Физиология человека*. 2012. Т. 38, № 4. С. 41–50.

95. Особенности реактивных перестроек ЭЭГ при выполнении двойных задач здоровыми испытуемыми (произвольный позный контроль и счет) / Жаворонкова Л. А., Жарикова А. В., Кушнир Е. М., Михалкова А. А., Купцова С. Б. *Физиология человека*. 2011. Т. 37, № 6. С. 54–67.

96. Особливості міжрегіональної взаємодії у головному мозку бійців з черепно-мозковими травмами під час тестування візуальної оперативної пам’яті на складні стимули / Філімонова Н. Б., Макарчук М. Ю., Зима І. Г., Кальниш В. В., Чебуркова А. Ф., Торгало Є. О. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2019. № 1. С. 91–102.

97. Особливості функціонування мозку за умови спільної моторної та розумової діяльності / Безкопильна С. В., Кожемяко Т. В., Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Хоменко С. М. *Зб. наук. пр.* Одеса, 2020. С.18–23.

98. Охрей А. Г., Куценко Т. В., Макарчук М. Ю. Аналіз швидкості когнітивної обробки чистих тонів за умови їх бі- та моноуральної подачі у музикантів і немузкантів. *ScienceRise: Biological Science*. 2017. Т. 2, N 5. P. 42–48.

99. Охрей А. Г., Куценко Т. В., Макарчук М. Ю. Виконання тесту Струпа з визначенням просторової локалізації стимулів музикантами та немузикантами. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2016. № 1. С. 82–89.

100. Оцінювання психофізіологічних станів у спорті : монографія / Г. Коробейніков, Є. Приступа, Л. Коробейнікова, Ю. Бріскін. Львів : ЛДУФК, 2013. 312 с.

101. Павлов И. П. Мозг и психика. Москва : МПСИ, 2008. 360 с.

102. Парновський С. Л. Нобелівський комітет продовжує віддавати борги (Деякі думки з приводу Нобелівської премії з фізики 2020 року). *Вісник НАН України*, 2020, № 12, С. 21-30.

103. Петренко Ю. О., Менших О. Нейродинамічні та психічні функції у дітей молодшого шкільного віку з різним рівнем фізичного розвитку: теорія і практика : монографія. Черкаси : ЧНУ імені Б. Хмельницького, 2014. 172 с.

104. Платонов В. Н. Двигательные качества и физическая подготовка спортсменов. Киев : Олимп. лит., 2017. 656 с.

105. Поборский А. Н., Юрин, М. А., Дымыдюк Е. В. Особенности психоэмоционального состояния и вегетативной регуляции сердечного ритма у студентов. *Гигиена и санитария*. 2012. № 1. С. 45–47.

106. Прилуцький О. К. Вегетативная нервная система. *Вісник проблем біології і медицини*. 2013. Вип. 2(100). С. 55–59.

107. Прогностическая значимость адаптационного потенциала сердечно-сосудистой системы у детей 10–11 лет / Антропова М. В., Бородкина Г. В., Кузнецова Л. М., и др. *Физиология человека*. 2000. Т. 26, № 1. С. 56–61.

108. Психологические и стабилографические особенности выполнения двойных задач / Жарикова А. В., Жаворонкова Л. А., Купцов С. Б., Кушнир Е. М., Куликов М. А., Михалкова А. А. *Физиология человека*. 2013. Т. 39, № 4. С. 33–40.

109. Пустовалов В. О., Петренко Ю. О., Меньших О. Е. Фізичні здібності підлітків із різним рівнем фізичного розвитку та властивостей нейродинамічних функцій : монографія. Черкаси, 2015. 228 с.

110. Разумникова О. М. Индивидуальные особенности полушарной активности, определяющие успешность решения эвристической задачи. *Асимметрия*. 2009. № 1. С. 37–50.

111. Разумникова О. М., Загайнова А. Ю. Значение моторной асимметрии и полушарных особенностей идентификации информации для эффективного конвергентного и дивергентного мышления. *Асимметрия*. 2013. № 7(2). С. 36–47.

112. Рифтин А. Д. Анализ сердечного ритма, его «краеугольная» проблема и применение инструментов искусственного интеллекта для её решения. *Вестник психофизиологии*. 2015. № 2. С. 69–79.

113. Роговик Л. С. Особливості невербальної комунікації на основі теорії рівневої побудови рухів МО Бернштейна. *Наукові студії із соціальної та політичної психології*. 2011. № (27). С. 198–208.

114. Розумова працездатність дітей 8–9 років при пред'явленні подразників різної модальності та швидкості в режимі go/nogo/go / Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2018. Vol. 6(21), is. 179. P. 50–54. doi.org/10.31174/SEND-NT2018-179VI21-14.

115. Роль индивидуальных психофизиологических особенностей в адаптации к умственной деятельности / Литвинова Н. А., Казин Э. М., Лурье С. Б., Булатова О. В. *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2011. № 1. С. 141–147.

116. Сергиенко Л. П., Абликова А. В. Спортивный отбор волейболистов: морфологические и педагогические критерии определения двигательной одаренности (сообщение 1). *Слобожанський науково-спортивний вісник*. 2016. № 1. С. 87–98.

117. Системное взаимодействие кортикальных полей при реализации вербальномнестической деятельности / Цицерошин М. Н., Погосян А. А., Гальперина Е. И., Шеповальников А. Н. *Физиология человека*. 2000. Т. 26, № 6. С. 21–31.

118. Скворцов Д. В. Клинический анализ движений. Стабилометрия. Москва : Антидор, 2000. 189 с.

119. Состояние вегетативной нервной системы у подростков 15–17 лет / Е. П. Тимофеева и др. *Российский вестник перинатологии и педиатрии*. 2016. Т. 61, № 4. С. 82–87.

120. Спектральные характеристики сердечного ритма учащихся 6-х классов в оценке адаптации к учебным загрузкам / Е. В. Быков, С. В. Маценко,

К. А. Кашицина, А. В. Чипышев. *Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура*. 2013. Т. 13, № 2. С. 70–74.

121. Спосіб визначення рівня функціональної рухливості нервових процесів у людини : пат. № 61246А Україна, МКІ А61В5/16 / Макаренко М. В. Лизогуб В. С. Харченко Д. М. Петренко Ю. О. Пустовалов В. О. Яковлєв М. Е. ; заявл. 07.11.2002 ; опубл. 17.11.2003, Бюл. № 11.

122. Спосіб визначення розумової працездатності за умови переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників / Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. *Вісник Черкаського університету*. 2018. Вип. 1. С. 70–79. doi. 0.31651/20765835-2018-1-1-70-79.

123. Ставцева В. В. Динамика умственной работоспособности учащихся 4–11 классов на уроках в течение учебного дня и недели. *Региональные геосистемы*. 2012. Т. 18, № 3(122). С. 166–173.

124. Статуева Л. М., Сабурцев С. А., Крылов В. Н. Динамика вариабельности сердечного ритма студентов и школьников Арзамаса в процессе учебной нагрузки. *Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского*. 2007. № 4. С. 82–87.

125. Стреляу Я. Время двигательной реакции как показатель силы нервной системы. *Типологические исследования по психологии личности*. 1967. Т. 48, вып. 7. С. 222–228.

126. Судаков К. В. Эволюция концепции стресса. *Вестник Российской академии медицинских наук*. 2008. № 11. С. 59–66.

127. Тарасова О. Л, Казин Э. М, Федоров А. И. Комплексная оценка нейродинамических и вегетативных показателей у подростков: возрастные, гендерные и типологические особенности. *Физиология человека*. 2017. Т. 43, № 1. С. 45–54. doi: 10.7868/S0131164616060199.

128. Типологические особенности функционального состояния регуляторных систем у школьников и юных спортсменов (по данным анализа вариабельности сердечного ритма) / Н. И. Шлык и др. *Физиология человека*. 2009. Т. 35, № 6. С. 85–93.

129. Толстова В. А. Функциональная организация мозга при воздействиях направленных на развитие сенсорных функций у детей. *Сенсорные системы*. 1993. Т. 7, № 4. С. 76–79.

130. Топчій М. С., Босенко, А. І., Дишель, Г. О. Факторна структура функціональних можливостей юнаків 17–21 років. *Вісник Черкаського університету*. 2017. № 2. С. 75–87.

131. Трахтенберг И. М., Поляков А. А. Очерки физиологии и гигиены труда пожилого человека. Киев : Авиценна, 2007. 272 с.

132. Усачев В. И., Мохов Д. Е. Возможности стабилометрического векторного анализа в диагностике постуральных нарушений. *Клиническая постурология, поза и прикус* : материалы I Междунар. симп. Санкт-Петербург : ИД СбМАПО, 2004. С. 32–41.

133. Устинова К. И., Иоффе М. Е., Черникова Л. А. Особенности нарушений вертикальной позы у больных с постинсультными гемипарезами. *Физиология человека*. 2003. Т. 29, № 5. С. 140–147.

134. Утц С. Р., Моррисон А. В., Давыдова А. В. Оценка психосоматических изменений и изучение состояния вегетативной нервной системы у больных розацеа. *Саратовский научно-медицинский журнал*. 2012. Т. 8, № 2. С. 664–667.

135. Ухтомский А. А. Доминанта как фактор поведения : избр. тр. Ленинград : Наука, 1978. С. 63–90.

136. Функціональний стан центральної нервової системи за умов переробки інформації різного ступеня складності у осіб з різним рівнем рухливості основних 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. 9–14.

137. Хоменко С. М. Розумова діяльність за умов переробки зорової інформації різного ступеня складності та успішність навчання учнів з різними типологічними властивостями вищої нервової діяльності : автореф. дис. … канд. біол. наук : 03.00.13. Київ, 2005. 12 с.

138. Черненко Н. П. Вегетативне забезпечення розумової діяльності людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності : автореф. дис. … канд. біол. наук : 03.00.13. Черкаси, 2012. 20 с.

139. Черненко-Курагіна Н. П. Індивідуальні реакції гемодинаміки головного мозку та регуляції серцевого ритму при розумовій діяльності з низькою швидкістю пред'явлення інформації. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences*. 2015. Vol. 3(5), is. 4. P. 38–42.

140. Черненко-Курагіна Н. П. Фізіологічні характеристики розумової діяльності людей з різними індивідуально-типологічними властивостями вищої нервової діяльності при низькому темпі переробки інформації. *Вісник Черкаського університету*. 2016. № 1. С. 120–126.

141. Чернова М. Б., Криволапчук И. А., Мышъяков В. В. Психофизиологические показатели функционального состояния детей 9–10 лет при информационной нагрузке. *Новые исследования*. 2013. № 1(34). С. 19–27.

142. Чуприков А. П. Мир леворуких. Киев : Ин-т нейропсихиатрии, 2005. 86 с.

143. Швырков В. Б. Основные этапы развития системно-эволюционного подхода в психофизиологии. *Психологический журнал*. 1993. Т. 14, № 3. С. 15–27.

144. Шипицына Л. М. «Необучаемый» ребенок в семье и обществе. Социализация детей с нарушением интеллекта. Санкт-Петербург : Речь, 2005. 477 с.

145. Шутова С. В., Муравьева И. В. Сенсомоторные реакции как характеристика функционального состояния ЦНС. *Вестник ТГУ*. 2013. № 5. С. 2831–2840.

146. Щербатых Ю. В. Вегетативные проявления экзаменационного стресса : дис. … д-ра биол. наук : 03.00.13. Воронеж, 2001. 313 с.

147. Щербатых Ю. В. Влияние параметров высшей нервной деятельности студентов на характер протекания экзаменационного стресса.

Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. 2000. Т. 50, № 6. С. 959–965.

148. Щербатых Ю. В. Саморегуляция вегетативного гомеостаза при эмоциональном стрессе. *Физиология человека*. 2000. Т. 26, № 5. С. 151–152.

149. Юхименко Л. І., Макарчук М. Ю. Лизогуб В. С. Електроенцефалографічні патерни диференціювання зорових подразників за умови слухової диприваціі. *Фізіологічний журнал*. 2017. Т. 63, № 6. С. 25–30.

150. Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain systems while processing information of different modality and complexity / Lyzohub V. S., Chernenko N. P., Kozhemiako T. V., Palabiyik A. A., Bezkopylna S. V. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. Vol. 10(3). P. 288–294. https://doi:10.15421/021944.

151. Akselrod S. Components of heart rate variability. *Heart rate variability*. 1995. Vol. 12. P. 146–164.

152. Analysis of brain bioelectric activity during verbal-logical thinking of biology students / Tretiak T. O., Sokorenko A. G., Dregval I. V., Severynovska O. V. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2017. Vol. 8(2). P. 244–251.

153. Anterior insular cortex anticipates impending stimulus significance / Lovero K. L., Simmons A. N., Aron J. L., Paulus M. P. *Neuroimage*. 2009. Vol. 45(3). P. 976–983.

154. Assländer L. I, Peterka R. J. Sensory reweighting dynamics in human postural control. *J. Neurophysiol*. 2014. Vol. 111 N 9. P. 18–52.

155. Behavioral and neural correlates of delay of gratification 40 years later / Casey B. J. et al. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2011. Vol. 108, N 36. P. 14998–15003.

156. Bekhtereva V., Craddock M., Miiller M. M. Attentional bias to affective faces and complex IAPS images in early visual cortex follows emotional cue extraction. *Neuroimage*. 2015. Vol. 112. P. 254–266. doi: 10.1016/j.neuroimage.2015.03.052.

157. Bezkopylna S. V., Palabijik A. A., Candiba P. O. The peculiarities of the vegetative regulation of the heart rhythm in processing different modality and speed information of presenting irritators. *Вісник Черкаського університету*. 2018. № 2. С. 20–24. DOI: 10.31651/2076-5835-2018-1-2-20-24.

158. Bhattacharya J., Petsche H., Pereda E. Long-range synchrony in the γ band: role in music perception. *Journal of Neuroscience.* 2001. Vol. 21(16). P. 6329–6337.

159. Boas D. A., Chen K., Grebert D. Improving the diffuse optical imaging spatial resolution of the cerebral hemodynamic response to brain activation in humans. *Optics Letters*. 2004. Vol. 29, N 13. P. 1506–1508.

160. Bogacz R., Brown M.W., Giraud-Carrier C. Model of familiarity discrimination in the perirhinal cortex. *Journal of Computational Neuroscience*. 2001. Vol. 10, N 1. P. 5–23.

161. Brain oscillation in perception and memory / Basar E., Basar-Erogl, C., KaraJcas S., Schurman M. *International Journal of Psychophysiology*. 2000. Vol. 35. P. 95–124.

162. Brewer B.W. Sport Psychology (Olympic Handbook of Sports Medicine). Wiley-Blackwell, 2009. 148 p.

163. Characteristics of EEG reactivity changes during the performance of dual tasks in healthy subjects (voluntary postural control and calculation) / Zhavoronkova L. A., Kuptsova S. B., Zharikova A. V., Kushnir E. M., Mikhalkova A. *Human Physiology*. 2011. Vol. 37(6). P. 688–699. https://doi: 10.1134/S0362119711060168.

164. Deary S., Johnson S. W., Houlihan L. Genetic foundations of human intelligence. *Human Genetics*. 2009. Vol. 26. P. 215–232.

165. Dempsey J. A., Morgan, B. J. Humans in hypoxia: a conspiracy of maladaptation?! *Physiology*. 2015. Vol. 30(4). P. 304–316.

166. Doumas M., Rapp M. A., Krampe R. T. Working memory and postural control: adult age differences in potential for improvement, task priority, and dual

tasking. *The journals of gerontology. Series B: Psychological sciences and social sciences*. 2009. Vol. 64. P. 193–201. DOI:10.1093/geronb/gbp009.

167. Dual-task interference: attentional and neuropsychological influences / Hiraga C. Y., Garry M. I., Carson R. G., Summers J. J. *Behavioural Brain Research*. 2009. Vol. 205(1). P. 291–345 p. doi: 10.1016/j.bbr.2009.07.019.

168. Dynamics of inter-modality re-weighting during human postural control / Polastri P. F., Barela J. A., Kiemel T. et al. *Exp. Brain Res.* 2012. Vol. 223, N 1. P. 99–103.

169. Eckberg D. L. Topical Review: The human respiratory gate. *The Journal of Physiology*. 2003. Vol. 548(2). P. 339–352.

170. Effects of single-task versus dual-task training on balance performance in older adults: a double-blind, randomized controlled trial / Silsupadol P., Shumway-Cook A., Lugade V., Van Donkelaar P., Chou L. S., Mayr U., Woollacott M. H. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2009. Vol. 90(3). P. 381–387.

171. Features of performing dual tasks (late control and counting) by patients with the consequences of a traumatic brain injury / Zharikova A. V., Zhavoronkova L. A., Maksakova O. A., Kuptsova S. V. *Human physiology*. 2012. Vol. 4. P. 41–50.

172. Festinger L. A theory of cognitive dissonance. Stanford university press, 1957. Vol. 2.

173. Fischler I., Bradley M. Event-related potential studies of language and emotion: Words, phrases, and task effects, progress in Brain Research. *Science*. 2005. Vol. 156. P. 185–203.

174. Fraizer E., Mitra S. Methodological and interpretive issues in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait and Posture*. 2008. Vol. 27(2). P. 271–279. doi: 10.1016/j.gaitpost.2007.04.002.

175. Franceschini M. A., Boas D. A. Noninvasive measurement of neuronal activity with near-infrared optical imaging. *Neuroimage*. 2004. Vol. 21. P. 372–386.

176. Franceschini M. A., Fantini S., Thompson J. H. Hemodynamic evoked response of the sensorimotor cortex measured noninvasively with near-infrared optical imaging. *Psychophysiology*. 2003. Vol. 40, N 4. P. 548–560.

177. Furley F., Memmert D. Differences in spatial working - memory as a function of team sports expertize: the Corsi block-tapping task in sport psychological assessment. *Perceptual and Motor Skills*. 2010. Vol. 110(3). P. 801–808. doi:10.2466/PMS.110.3.801-808.

178. Gait adaptions to simultaneous cognitive and mechanical constraints / Al-Yahya E., Dawes H., Collett J., Nowells K., Izadi H., Wade D., Cockburn J. *Exp Brain Res*. 2009. Vol. P. 39–48.

179. Gender differences in brain processes during inhibition of manual movements programs / Korzhyk O., Morenko O., Morenko A., Kotsan I. *Annals of neurosciences*. 2019. Vol. 26(1). P. 4–9.

180. Haggard P., Cockbum, J. Dividing attention between cognitive and motor tasks in neurological rehabilitation. *Neuropsychologycal Rehabilitation*. 1998. Vol. 8. P. 155–170.

181. Hazeltine E., Ruthruff E., Remongton R. The role of input and output modality pairings in dual-task performance: Evidence for content-dependent central interference. *Cognitive Psychology*. 2006. Vol. 52(4). P. 291–345. doi:10.1016/j.cogpsych.2005.11.001.

182. Heart rate deceleration runs for postinfarction risk prediction / Guzik P., Piskorski J., Barthel P., Bauer A., Müller A., Junk N., Schmidt G. *Journal of electrocardiology*. 2012. Vol. 45(1). P. 70–76.

183. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health / Thayer J. F., Hansen A. L., Saus-Rose E., Johnsen B. H. *Annals of Behavioral Medicine*. 2009. Vol. 37(2). P. 141–153.

184. Hemodynamics in a cerebral artery before and after the formation of an aneurysm / Mantha A., Karmonik C., Benndorf G., Strother C., Metcalfe R. *American Journal of Neuroradiology*. 2006. Vol. 27(5). P. 1113–1118.

185. Hernandes A. M., Caçola P. Motor proficiency predicts cognitive ability in four-year-olds. European *Early Childhood Education Research Journal*. 2015. Vol. 23, N 4. P. 573–584.

186. Horak F. B. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*. 2006. Vol. 35(2). P. 7–11 p. doi: 10.1093/ageing/afl077.

187. How negative is negative information / Simoes E., Sokolov A. N., Hahn M., Fallgatter A. J., Brucker S. Y., Wallwiener D., Pavlova M. A. *Frontiers in Neuroscience*. 2021. P. 1103.

188. Implicit regulatory focus associated with asymmetrical frontal cortical activity / Amodio D. M., Shah J. Y., Sigelman J., Brazy P. C., Harmon-Jones, E. *Journal of Experimental Social Psychology*. 2004. Vol. 40, is. 2. P. 225–232.

189. Infant motor development is associated with adult cognitive categorisation in a longitudinal birth cohort study / Murray G. K., Veijola J., Moilanen K., Miettunen J., Glahn D. C., Cannon T., Isohanni M. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. 2006. Vol. 47(1). P. 25–29.

190. Interference between postural control and mental task performance in patients with vestibular disorder and healthy controls / Yardley L., Gardner M., Bronstein A., Davies R., Buckwell D., Luxon L. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2001. Vol. 71(1). P. 48–52.

191. Intra and intersession reliability of a postural control protocol in athletes with and without anterior cruciate lingament reconstruction: dual – task paradigm / Mohammadirad S., Salavati M., Takamjani I.E., Akhbari B., Sherafat S., Mazaheri M., Negahban H. Intern. *J. of sports physical therapy*. 2012. Vol. 7. P. 627–636.

192. Kamenskaya V. G., Tomanov L. V., Russak Y. A. Peculiarities of sensory-motor response in girls of 14–17 years with different rates of sexual maturation. *Indian Journal of Science and Technology*. 2015. Vol. 8(29). P. 1–9. doi:10.17485/ijst/2015/v8i29/84150.

193. Kenney W. L., Wilmore J. H., Costill D. L. Physiology of sport and exercise. Human Kinetics, 2012. 642 p.

194. Kostandov E. A. Effect of context on the plasticity of cognitive activity. *Human physiology*. 2010. Vol. 36(5). P. 510–517.

195. Laufer Y., Ashkenazi T., Josman N. The effects of a concurrent task cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait and Posture*. 2008. Vol. 27. P. 347–351.

196. Liston C., McEwen B. S., Casey B. J. Psychosocial stress reversibly disrupts prefrontal processing and attentional control. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2009. Vol. 106(3). P. 912–917. https://doi: 10.1073/pnas.0807041106.

197. Love is analogous to money in human brain: Coordinate-based and functional connectivity meta-analyses of social and monetary reward anticipation / Gu R., Huang W., Camilleri J., Xu P., Wei P. *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2019. Vol. 100. P. 108–128. doi: 10.1016/j.neubiorev.2019.02.017.

198. Mapping social reward and punishment processing in the human brain: A voxel-based meta-analysis of neuroimaging findings using the social incentive delay task / Martins D., Rademacher L., Gabay A. S., Taylor R., Richey J. A. *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2021. Vol. 122. P. 1–17. doi: 10.1016/j.neubiorev.2020.12.034.

199. Mashin V. A. Cross-cultural study of the functional states dynamics during mental and emotion workload. *Experimental Psychology*. 2010. Vol. 3, N 2. P. 5–21.

200. Maurer C., Mergner R., Peterka R. Multisensory control of human upright stance. *Experimantal Brain Research*. 2000. Vol. 171. P. 231–250 doi: 10.1007/s00221-005-0256-y.

201. McCraty R., Shaffer F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health Risk. *Global advances in health and medicine*. 2015. Vol. 4, N 1. P. 46–61.

202. Method of psychophysiological evaluation of the functional state of the auditory analyzer : patent N 96496 of Ukraine, MPC A 61B5/16. № 2010 02225 / Makarenko M. V., Lizohub V. S., Galka M. S., Yuhimenko L. I. Khomenko, S. M. ; stated. 01.03.2010 ; published Nov 10, 2011, Bul. N 21.

203. Modifications of EEG Activity Related to Perception of Emotionally Colored, Erotic, and Neutral Pictures in Women during Different Phases of the Ovulatory (Menstrual) Cycle / Makarchuk N., Maksimovich K., Kravchenko V., Kryzhanovskii S. *Neurophysiology*. 2011. Vol. 42, N 5. P. 362–370.

204. Müller G. E., Pilzecker A. Experimentelle beiträge zur lehre vom gedächtniss. JA Barth, 1900. Vol. 1.

205. Orienting versus inhibition in the Concealed Information Test: Different cognitive processes drive different physiological measures / Selle K. N., Verschuere B., Kindt M., Meijer E., Ben-Shakhar G. *Psychophysiology*. 2016. Vol. 53(4). P. 579–590.

206. O'Shea S., Morris M. E., Iansek R. Dual task interference during gait in people with Parkinson disease: effects of motor versus cognitive secondary tasks. *Physical therapy*. 2002. Vol. 82(9). P. 888–897.

207. Polich J. Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clinical neurophysiology*. 2007. Vol. 118(10). P. 2128–2148.

208. Porges S. W. The polyvagal theory: phylogenetic substrates of a social nervous system. *International journal of psychophysiology*. 2001. Vol. 42(2). P. 123–146.

209. Processing information in the go/nogo/go paradigm: interactions between cognitive function and the autonomic nervous system / Lyzohub V., Kozhemiako T., Palabiyik A., Khomenko S., Bezkopylna S. *Health Problems of Civilization*. 2020. Vol. 14(1). P. 53–62. doi.org/10.5114/hpc.2020.93294.

210. Regularity of center-of- pressure trajectories depends on the amount of attention invested in postural control / Donker S., Roerdink M., Greven A., Beek P. *Experimental Brain Research*. 2007. Vol. 181(1). P. 1–11. doi: 10.1007/s00221-007-0905-4.

211. Relation between cognitive and motor performance in 5-to 6-year-old children: Results from a large-scale cross-sectional study / Wassenberg R., Feron F. J., Kessels,A. G., Hendriksen J. G., Kalff A. C., Kroes M., Vles J. S. *Child development*. 2005. Vol. 76(5). P. 1092–1103.

212. Right hemisphere dominance during spatial selective attention and target detection occurs outside the dorsal frontoparietal network / Shulman Gordon L., et al. *Journal of Neuroscience*. 2010. Vol. 30, N 10. P. 3640–3651.

213. Ritz K., van Buchem M. A., Daemen M. J. The heart-brain connection: mechanistic insights and models. *Neth Heart J.* 2013. Vol. 21, N 2. P. 55–57. doi: 10.1007/s12471-012-0348-9.

214. Savion-Lemieux T., Bailey J. A., Penhune V. B. Developmental Contributions to Motor Sequence learning. *Exp. Brain Res*. 2009. Vol. 2. P.293–306.

215. Schubert T., Szameitat A. J. Functional neuroanatomy of interference in overlapping dual tasks: an fMRI study. *Cognitive Brain Research*. 2003. Vol. 17(3). P. 733–746.

216. Schulz K., Mueller A., Koelsch S. Neural correlates of strategy use during auditory working memory in musicians and non-misicians. *The European Journal of Neuroscience*. 2011. Vol. 33(1). P. 189–196 p. doi:10.1111/j.1460-9568.2010.07470.x.

217. Share or complete? Load-dependent recruitment of prefrontal cortex during dual-task performance / Low K. A., Leaver E. E., Kramer A. F. Fabiani M., Gratton G. *Psychophysiology*. 2009. Vol. 46(5). P. 1069–1079 p. doi:10.1111/j.1469-8986.2009.00854.x.

218. Simultaneous Physical and Mental Effort Alters Visual Function / Vera J., Jiménez R., García J. A., Cárdenas D. *Optom Vis Sci*. 2017. Vol. 94(8). P. 797–806. doi:10.1097/OPX.0000000000001105.

219. Sousa A. S., Silva A., Tavares J. M. Biomechanical and neurophysiological mechanisms related to postural control and efficiency of movement: a review. *Somatosens. Mot. Res*. 2012. Vol. 29, N 4. P. 131.

220. Specification of motor axon trajectory by ephrin-B: EphB signaling: symmetrical control of axonal patterning in the developing limb / Luria V., Krawchuk D., Jessell T. M., Laufer E., Kania A. *Neuron*. 2008. Vol. 60(6). P. 1039–1053.

221. Sperry R. W. Mind-brain interaction: mentalism, yes; dualism. *Neuroscience*. 1980. Vol. 5. P. 195–206.

222. Stuss D. T., Gallup Jr, G. G., Alexander M. P. The frontal lobes are necessary fortheory of mind'. *Brain*. 2021. Vol. 124(2). P. 279–286.

223. Surgical impact on anxiety of patients with breast cancer: 12-month follow-up prospective longitudinal study / Kim J., Cho J., Lee S. K., Choi E. K., Kim I. R., Lee J. E. *Ann. Surg. Treat. Res*. 2020. Vol. 98. P. 215–223. doi: 10.4174/astr.2020.98.5.215.

224. Thayer J. F., Lane R. D. Claude Bernard and the heart-brain connection: further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neurosci Biobehav Rev*. 2009. Vol. 33, N 2. P. 81–88. doi: 10.1016/j. neubiorev.2008.08.004.

225. The electrical brain activity in men with different alpha-rhythm characteristics during manual movements executed by the subdominant hand / Korzhyk O., Morenko O., Morenko A., Kotsan I. *Annals of neurosciences*. 2018. Vol. 25(2). P. 98–104.

226. The negative consequences of threat a functional magnetic resonance imaging investigation of the neural mechanisms underlying women's underperformance in math / Krendl A. C., Richeson J. A., Kelley W. M., Heatherton T. F. *Psychol. Sci*. 2008. Vol. 19. P. 168–175. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02063.x.

227. The role of early fine and gross motor development on later motor and cognitive ability / Piek J. P., Dawson L., Smith L. M., Gasson N. *Human movement science*. 2008. Vol. 27(5). P. 668–681.

228. Tretiak T. O., Sokorenko A. G., Dregval I. V., Severynovska, O. V. Analysis of brain bioelectric activity during verbal-logical thinking of biology students. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 2017, 8(2), P. 244-251.

229. Verbraggen F., Logan G. D. Automatic and controlled response inhibition: associative learning in the go/nogo and stop-signal paradigms. *Journal of Experimental Psychology*. 2008. Vol. 137(4). P. 649–672 p. https://doi: 10.1037/a0013170.

230. Weinberg R. S., Gould D. Personality and sport: Foundations of sport and exercise psychology. Human Kinetics, 2015. 640 p.

231. World Health Organization. Coronavirus disease (COVID-19) outbreak: rights, roles and responsibilities of health workers, including key considerations for occupational safety and health: interim guidance, 18 March 2020. Geneva, 2020.

232. Yerkes R. M., Dodson J. D. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. Punishment: Issues and experiments, 1908. P. 27–41.

ДОДАТКИ

Додаток А

Таблиця 3.1.

Вікові особливості розумової працездатності на образні та вербальні сигнали у обстежуваних різного віку

Вік, роки	Вид сигналу, x±m, н.о.	
	Фігури (трикутник, квадрат, коло)	Слова (предмети, рослини, тварини)
7–8 (n = 34)	$0,82\pm0,03^{d}$	$0,49\pm0,06^{b\,c\,d}$ *
10–11 (n = 34)	$0,84\pm0,03^{d}$	$0,67\pm0,06^{a}$ *
13–14 (n = 34)	$0,86\pm0,03^{d}$	$0,68\pm0,06^{a}$ *
16–17 (n = 34)	$0,94\pm0,03^{a\,b\,c}$	$0,78\pm0,06^{a}$ *

Примітка: *– статистична вірогідність різниць за показниками РП між образними і вербальними сигналами; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Таблиця 3.2

Швидкість реакції (x±m) під час переробки образних сигналів в тесті з реверсом у обстежуваних різного віку

Швидкість подр/хв	Вік, роки			
	7–8 (n = 34)	10–11 (n = 34)	13–14 (n = 34)	16–17 (n = 34)
30	$532,9\pm14,7^{cd}$	$501,7\pm14,3^{cd}$	$439,5\pm11,2^{abd}$	$373,0\pm7,8^{abc}$
60	$475,9\pm9,1^{cd}$*	$449,6\pm10,2^{cd}$*	$344,5\pm11,6^{ab}$*	$341,3\pm3,7^{ab}$*
90	$394,2\pm11,6^{bcd}$*	$366,1\pm7,8^{acd}$*	$321,6\pm10,7^{ab}$*	$317,1\pm3,1^{ab}$*
120	282,1±8,0*	270,4±4,3*	269,9±3,8*	267,4±3,6*
90	$389,5\pm11,5^{cd}$*	$362,4\pm7,7^{cd}$*	$312,7\pm10,9^{ab}$*	$304,6\pm3,7^{ab}$*
60	$462,6\pm9,6^{bcd}$*	$432,7\pm10,0^{acd}$*	$336,2\pm11,6^{ab}$*	$328,5\pm3,6^{ab}$*
30	$521,3\pm13,9^{cd}$*	$493,7\pm14,1^{cd}$*	$427,5\pm10,9^{abd}$*	$365,8\pm8,1^{abc}$*

Примітка: *– статистична вірогідність різниць за швидкістю реакції на різних швидкостях пред’явлення образних сигналів; літери a, b, c, d– між віковими групами.

Таблиця 3.3

Швидкість реакції (x±m) під час переробки вербальних сигналів в тесті з реверсом у обстежуваних різного віку

Швидкість подр/хв	Вік, роки			
	7–8 (n = 34)	10–11 (n = 34)	13–14 (n = 34)	16–17 (n = 34)
30	756,5±21,5^{cd}	715,3±22,1^{cd}	661,6±11,5^{abd}	580,3±9,4^{abc}
60	578,5±17,1^{cd}*	530,2±17,3^{d}*	529,4±12,6^{ad}*	490,2±6,2^{abc}*
90	402,5±11,4*	398,3±13,1*	393,6±10,6*	392,2±6,7*
120	279,2±9,1*	275,5±7,0*	275,0±4,3*	271,3±6,4*
90	395,7±10,3^{d}*	387,4±13,7^{d}*	371,8±10,9^{d}*	344,2±7,9^{abc}*
60	526,4±14,6^{cd}*	510,2±17,7^{d}*	486,3±10,4^{a}*	473,1±7,1^{ab}*
30	721,3±18,7^{bcd}*	645,7±22,8^{ad}*	625,5±10,3^{ad}*	565,3±10,3^{abc}*

Примітка: *– статистична вірогідність різниць за швидкістю реакції на різних швидкостях пред’явлення образних сигналів; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Таблиця 3.4

Кількість помилок (x±m) під час переробки образних сигналів в тесті з реверсом у обстежуваних різного віку

Швидкість подр./хв	Вік, роки			
	7–8 (n = 34)	10–11 (n = 34)	13–14 (n = 34)	16–17 (n = 34)
30	1,3±0,3	0,7±0,2	0,9±0,2	0,6±0,2
60	5,3±0,6*	5,3±0,3^{d} *	4,8±0,4*	3,8±0,5^{b} *
90	30,8±2,5$^{c\ d}$ *	27,9±1,9^{d} *	24,6±2,2$^{a\ d}$ *	16,6±2,2$^{a\ b\ c}$ *
120	68,3±1,7^{d} *	67,6±1,6^{d} *	66,9±1,8^{d} *	50,8±3,9$^{a\ b\ c}$ *
90	24,0±2,5^{d} *	20,1±1,7^{d} *	16,6±1,6^{d} *	11,3±1,6$^{a\ b\ c}$ *
60	3,1±0,4^{d} *	2,5±0,3*	2,2±0,3*	1,7±0,3^{a} *
30	0,4±0,2 *	0,3±0,1	0,5±0,2	0,1±0,1

Примітка: *– статистична вірогідність різниць за кількістю помилок на різних швидкостях пред’явлення образних сигналів; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Таблиця 3.5

Кількість помилок (x±m) під час переробки вербальних сигналів в тесті з реверсом у обстежуваних різного віку

Швидкість подр./хв.	Вік, роки			
	7–8 (n = 34)	10–11 (n = 34)	13–14 (n = 34)	16–17 (n = 34)
30	5,2±0,5$^{c\,d}$	4,2±0,4^{c}	2,4±0,4$^{a\,b}$	2,2±0,3^{a}
60	20,5±1,3^{d} *	20,2±1,5*	18,9±1,5*	9,2±0,8^{a} *
90	52,0±2,0^{d} *	49,8±2,2 *	48,5±1,2 *	39,7±1,7^{a} *
120	81,4±1,5$^{b\,c\,d}$ *	72,4±1,9^{a} *	71,7±2,4^{a} *	65,1±2,8^{a} *
90	37,8±2,0$^{c\,d}$ *	35,2±2,1^{c} *	30,6±1,0$^{a\,b}$ *	26,8±1,8^{a} *
60	12,8±0,8$^{c\,d}$ *	11,9±0,8^{c} *	8,7±0,6$^{a\,b}$ *	4,7±0,5^{a} *
30	2,8±0,3$^{c\,d}$ *	1,8±0,3 *	1,5±0,3^{a} *	0,6±0,2 ^{a}*

Примітка: *– статистична вірогідність різниць за кількістю помилок на різних швидкостях пред’явлення образних сигналів; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Таблиця 3.6

Вікові особливості функціонального резерву головного мозку (x±m, н.о.) на образні та вербальні подразники у обстежуваних різного віку

Вік, роки	Вид подразника, (x±m, н.о.)	
	Фігури (трикутник ,квадрат, коло)	Слова (предмети, рослини, тварини)
7–8(n = 34)	3,84±0,40^{d}	2,97±0,20$^{c\,d}$ *
10–11(n = 34)	4,43±0,40^{d}	2,99±0,20^{c} *
13–14(n = 34)	5,03±0,40^{a}	3,46±0,20$^{a\,b}$ *
16–17(n = 34)	5,48±0,40$^{a\,b}$	3,61±0,20$^{a\,b}$ *

Примітка: *– статистична вірогідність різниць за ФРРП на пред’явлення образних та вербальних сигналів; літери a, b, c, d – між віковими групами.

Таблиця 3.7

Вікові особливості статистичних, варіаційних та спектральних показників регуляції серцевого ритму у дітей, підлітків та юнаків під час переробки образних сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення

Швидкість, сигналів/хв	Вік. роки	Статистичні показники серцевого ритму			
		HR, уд/хв	SI, н.о.	TP, мс²	IC, н.о.
Фон	7–8 (n = 34)	88,0 [85,0; 88,0]	91,0 [81,0; 114,0]	2895,0 [2295; 4059]	1,7 [1,0;2,2]
	10–11 (n = 34)	83,0 [80,5; 88,0]	81,5 [67,0; 114,0]	2462,0 [1684;4059]	1,6 [1,0;2,5]
	13–14 (n = 34)	81,0 [75,0; 88,0]	85,0 [65,0; 114,0]	3174,0 [2180;4093]	1,6 [1,0;2,4]
	16–17 (n = 34)	72,0 [69,0; 75,5]	81,0 [63,0; 102,0]	3510,5 [2629;6434]	1,9 [0,6;2,6]
30	7–8 (n = 34)	89,5 [84,3; 91,5]a	165,0 [136,0; 232,0]a	1789,0 [1393; 2898]a	1,1 [0,7;1,4]
	10–11 (n = 34)	83,0 [82,0; 87,3]	152,0 [129,0; 251,0]b	2076,0 [1685;2968]	1,1 [0,7;1,6]
	13–14 (n = 34)	84,5 [80,3; 88,5]	152,0 [124,5; 287,0]c	2076,0 [1685;2605]	0,7 [0,6;1,1]
	16–17 (n = 34)	77,0 [72,0; 82,0]d	143,5 [111,0; 217,3]	1972,0 [1666;4553]d	1,0 [0,6;1,7]
60	7–8 (n = 34)	91,0 [87,0; 93,0]a	186,0 [158,3; 311,0]a	2236,0 [1808; 2457]a	1,6 [1,1;2,2]
	10–11 (n = 34)	87,0 [84,8; 90,0]b	188,0 [174,0; 242,0]b	2457,0 [1863;2757]b	1,6 [0,9;2,3]
	13–14 (n = 34)	88,0 [86,0; 90,3]c	188,0 [184,0; 248,0]c	2415,0 [1863;2998]	1,6 [0,7;2,0]
	16–17 (n = 34)	79,0 [72,3; 85,8]d	159,0 [121,0; 188,0]d	2436,0 [1773;2849]d	1,0 [0,4;2,2]
90	7–8 (n = 34)	93,5 [88,5; 97,0]a	240,0 [144,0; 296,5]a	1901,0 [1260; 2340]	1,5 [1,0 3,1]
	10–11 (n = 34)	90,0 [84,0;92,0]b	222,5 [146,0;249,0]b	1858,0 [1624;3694]	1,5 [1,2;4,3]
	13–14 (n = 34)	85,0 [83,5; 91,5]c	206,0 [142,0; 218,0]c	2315,0 [1858;2779]	3,7 [0,9;4,3]
	16–17 (n = 34)	79,0 [70,0; 86,0]d	150,0 [101,0; 248,5]d	1933,0 [1421;3292]	1,8 [1,4;2,5]
120	7–8 (n = 34)	94,5 [91,0; 98,0]a	245,0 [191,0; 311,0]a	1931,0 [1453; 2295]a	2,7 [1,9;4,5]
	10–11 (n = 34)	88,0 [86,0; 94,0]b	179,0 [151,0; 227,0]b	2546,5 [1348;4014]b	1,8 [1,6;2,5]
	13–14 (n = 34)	86,0 [84,0; 90,0]	182,0 [142,0; 280,0]c	2357,0 [1573;3311]	2,2 [1,7;4,2]
	16–17 (n = 34)	83,0 [77,0; 89,0]d	166,0 [137,0; 227,5]d	2563,0 [1604;3149]	2,1 [1,4;3,5]

Примітка: a – статистична вірогідність різниць за показниками серцевого ритму на різних швидкостях пред'явлення образних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

Таблиця 3.8

Вікові особливості статистичних, варіаційних та спектральних показників регуляції серцевого ритму у дітей, підлітків та юнаків під час переробки вербальних сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення

Швидкість, сигналів/хв	Вік. роки	Статистичні показники серцевого ритму			
		HR, уд/хв	SI, н.о.	TP, мс²	IC, н.о.
Фон	7–8 (n=34)	88.0 [85,0; 88,0]	91,0 [81,0; 114,0]	2895,0 [2295;4059]	1,7 [1,0;2,2]
	10–11 (n=34)	83.0 [80,5; 88,0]	81,5 [67,0; 114,0]	2462,0 [1684;4059]	1,6 [1,0;2,5]
	13–14 (n=34)	81.0 [75,0; 88,0]	85,0 [65,0; 114,0]	3174,0 [2180;4093]	1,6 [1,0;2,4]
	16–17 (n=34)	72.0 [69,0; 75,5]	81,0 [63,0; 102,0]	3510,5 [2629;6434]	1,9 [0,6;2,6]
30	7–8 (n=34)	90.0 [85,0; 94,0]a	214,0 [157,5; 272,5]a	2500,5 [1988;3375]a	1,3 [0,9;1,7]
	10–11 (n=34)	88.0 [85,0; 92,0]b	162,0 [133,0; 217,0]b	2487,0 [2106;3375]	1,4 [1,1;2,3]
	13–14 (n=34)	88.0 [78,0;93,0]c	193,0 [135,0; 260,0]	2285,0 [2065;3387]	2,0 [1,3;3,8]
	16–17 (n=34)	79.0 [71,0; 88,0]d	171,5 [137,0; 193,0]d	2555,5 [2029;3512]d	1,3 [1,0;1,4]
60	7–8 (n=34)	90.0 [88,5; 94,0]a	210,0 [190,0; 306,0]a	1796,0 [1649;2035]a	2,0 [1,1;2,9]
	10–11 (n=34)	89.0 [85,5; 93,0]b	182,0 [148,0; 243,0]b	1941,0 [1780;3484]	2,0 [0,9;5,4]b
	13–14 (n=34)	89.0 [84,0; 93,0]	207,0 [159,0; 243,0]c	1933,0 [1714;3420]	1,4 [0,5;2,8]
	16–17 (n=34)	81.0 [74,0; 89,0]d	156,5 [131,0; 281,5]d	2162,0 [1786;3528]	2,2 [0,7;4,5]
90	7–8 (n=34)	93.5 [88,5; 97,0]a	240,0 [144,0; 296,5]a	1683,0 [1438;2774]a	2,7 [1,3;3,4]
	10–11 (n=34)	86.0 [85,0; 93,0]b	190,0 [134,0; 260,0]b	2182,5 [1343;3245]	2,7 [1,4;3,1]b
	13–14 (n=34)	89.0 [85,5; 93,0]c	229,0 [124,0; 276,0]c	2335,0 [1431;3276]	1,4 [1,0;2,9]
	16–17 (n=34)	81.0 [75,0; 86,0]d	199,0 [120,5; 260,0]d	2619,0 [2032;3349]	2,3 [0,8;2,7]
120	7–8 (n=34)	94.5 [91,0; 98,5]a	245,0 [191,0; 311,0]a	1826,0 [1298;2522]	2,6 [1,6;2,8]
	10–11 (n=34)	89.0 [84,0; 95,0]b	186,5 [169,5; 188,5]b	2197,0 [1387;3464]	2,3 [1,7;3,3]
	13–14 (n=34)	89.5 [83,0; 95,0]c	193,0 [179,0; 268,5]c	1792,0 [1387;3464]	2,0 [1,1;3,1]
	16–17 (n=34)	83.0 [78,0; 89,0]d	209,0 [169,0; 261,0]d	2108,0 [1792;3307]d	1,7 [1,3;1,9]

Примітка: a – статистична вірогідність різниць за показниками серцевого ритму на різних швидкостях пред'явлення вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

Таблиця 3.9

Вікові особливості кореляційної ритмографії у дітей, підлітків та юнаків під час переробки образних сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення

Швидкість, сигналів/хв	Вік, роки	Показники кореляційної ритмографії		
		S, мс²	SD1, мс	SD2, мс
фон	7–8 (n=34)	36709,0 [27381;50042]	132,0 [89,0; 185,0]	340,0 [320,0; 383,0]
	10–11 (n=34)	32161,0 [26517;35655]	128,0 [96,0; 156,0]	340,0 [270,0;362,0]
	13–14 (n=34)	35368,0 [30480;40902]	127,0 [101,0;145,5]	340,0 [311,0; 362,0]
	16–17 (n=34)	32158,0 [19064;35514]	125,0 [77,0; 156,0]	311,0 [245,0; 356,0]
30	7–8 (n=34)	24556,5 [15457;29781]	121,0 [100,0;163,0]	261,5 [214,5; 272,0]a
	10–11(n=34)	18685,5 [14774;34227]	117,0 [89,0; 180,0]	234,5 [196,0; 263,0]b
	13–14 (n=34)	22398,0 [13353;32502]	120,0 [98,5; 163,0]	241,0 [169,5; 272,0]
	16–17 (n=34)	15342,0 [8982;33786]	117,0 [72,0; 163,0]	236,0 [166,0; 273,0]d
60	7–8 (n=34)	21782,0 [16345;23285]a	113,0 [96,0; 138,0]	204,0 [178,0; 291,0]a
	10–11 (n=34)	21058,5 [16332;25979]	117,5 [95,0; 174,0]	244,0 [203,0; 291,0]b
	13–14 (n=34)	20777,0 [14368;24728]c	97,0 [86,0; 134,0]	208,0 [182,0; 276,0]c
	16–17 (n=34)	18049,0 [13160;26133]	102,5 [74,0; 127,0]	203,0 [173,0; 254,0]d
90	7–8 (n=34)	17556,5 [13644;26743]a	100,5 [79,5; 123,5]a	219,5 [194,0; 279,5]a
	10–11 (n=34)	22031,5 [10965;29183]	118,0 [77,0; 148,0]	232,5 [212,0; 273,0]b
	13–14 (n=34)	16842,0 [10706;29105]c	100,0 [62,0; 126,0]c	239,0 [205,0; 273,0]
	16–17 (n=34)	16290,5 [9133;29162]d	106,0 [71,0; 134,0]	213,0 [171,0; 267,0]d
120	7–8 (n=34)	15882,5 [10831;21534]a	106,0 [81,0; 117,0]a	196,0 [188,0; 246,0]a
	10–11(n=34)	17217,0 [14481;20871]b	109,5 [83,0; 117,0]b	203,0 [184,0; 268,0]b
	13–14 (n=34)	17217,0 [15311;20871]c	106,0 [82,0; 112,0]c	213,0 [191,0; 282,0]
	16–17 (n=34)	15872,5 [11106;18464]d	102,0 [89,0; 113,0]	201,0 [163,0; 237,0]d

Примітка: a – статистична вірогідність різниць за показниками серцевого ритму на різних швидкостях пред'явлення образних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

Таблиця 3.10

Вікові особливості кореляційної ритмографії у дітей, підлітків та юнаків під час переробки вербальних сигналів з різною швидкістю їх пред'явлення

Швидкість, сигналів/хв	Вік, роки	Показники кореляційної ритмографії		
		S, мс²	SD1, мс	SD2, мс
фон	7–8 (n=34)	36709,0 [27381;50042]	132,0 [89,0; 185,0]	340,0 [320,0; 383,0]
	10–11(n=34)	32161,0 [26517;35655]	128,0 [96,0; 156,0]	340,0 [270,0; 362,0]
	13–14 (n=34)	35368,0 [30480;40902]	127,0 [101,0; 145,5]	340,0 [311,0; 362,0]
	16–17 (n=34)	32158,0 [19064;35514]	125,0 [77,0; 156,0]	311,0 [245,0; 356,0]
30	7–8 (n=34)	21835,0 [14158;24536]a	114,0 [100,0; 137,0]a	228,0 [206,0; 248,0]a
	10–11(n=34)	17514,0 [13398;23410]b	110,0 [95,0; 129,0]b	208,5 [173,0; 240,0]b
	13–14 (n=34)	21835,0 [14158;24634]c	110,0 [100,0; 124,0]c	224,0 [164,0; 246,0]
	16–17 (n=34)	17530,0 [16118;23821]d	120,0 [95,0; 145,0]	211,0 [178,0; 245,0]d
60	7–8 (n=34)	24097,0 [17395;30258]	126,0 [98,0; 145,0]a	237,0 [198,0; 268,0]a
	10–11 (n=34)	20116,0 [17089;30258]b	122,0 [89,0; 145,0]	231,5 [184,5; 260,0]b
	13–14 (n=34)	20201,0 [17395;26879]	112,0 [86,0; 145,0]	246,0 [173,0; 278,0]
	16–17 (n=34)	19096,0 [17089;22457]d	116,0 [91,0; 137,0]d	243,0 [173,0; 278,0]
90	7–8 (n=34)	13770,0 [13197;22496]a	95,0 [82,0; 138,0]	228,5 [208,0; 264,0]a
	10–11 (n=34)	13184,0 [12156;14765]b	87,0 [78,0; 108,0]b	200,0 [171,0; 236,0]b
	13–14 (n=34)	13465,5 [12672;18122]c	83,0 [71,0; 95,0]c	224,0 [187,0; 252,0]
	16–17 (n=34)	13249,5 [12672;14231]d	89,5 [82,0; 146,0]	200,0 [171,0; 230,0]d
120	7–8 (n=34)	21631,0 [15941;27755]a	112,0 [88,0; 143,0]	226,0 [203,0; 289,0]a
	10–11(n=34)	16720,0 [15055;2163]b	101,5 [77,0; 111,0]b	226,0 [185,0; 291,0]
	13–14 (n=34)	18195,0 [15621;24506]	107,0 [75,0; 144,0]	237,0 [208,0; 293,0]
	16–17 (n=34)	21631,0 [15621;24310]	107,0 [77,0; 127,0]	237,0 [210,0; 293,0]d

Примітка: a – статистична вірогідність різниць за показниками серцевого ритму на різних швидкостях пред'явлення вербальних сигналів у обстежуваних 7–8 років, b – 10–11 років, c – 13–14 років, d – 16–17 років.

Додаток Б

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В. Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Дослідження функціональних резервів розумової працездатності. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2018. № 8(381). С. 102–107. (Особистий внесок здобувача – розробка методики дослідження та оцінки рівня функціональних резервів розумової працездітності людини, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

2. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Спосіб визначення розумової працездатності за умови переробки інформації з різною швидкістю пред'явлення подразників. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2018. Вип. 1. С. 70–79. (Особистий внесок здобувача – обгрунтування методики дослідження та способу визначення розумової працездатності людини, підготовка матеріалів до друку, інші автори проводили контрольні дослідження та приймали участь у обговоренні результатів).

3. Безкопильна С. В. Вікові особливості реактивності автономної нервової системи під час переробки інформації різної модальності та інтенсивності пред'явлення сигналів. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2020. № 1(389). С. 94–102.

4. Безкопильна С. В. Вікові особливості формування резервних можливостей розумової діяльності у дітей, підлітків та юнаків. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2019. Вип. 1. С. 7–12.

5. Безкопильна С. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П., Хоменко С. М. Інтегративні функції мозку під час виконання когнітивних та моторних завдань.

Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки. 2020, № 1. С. 11–22. (Особистий внесок здобувача – постановка проблеми та обгрунтування її актуальності, експериментальне тестування розумової працездатності та статокінетичної стійкості підлітків 13-14 років, статистичний аналіз та узагальнення отриманих цифрових масивів даних, інші автори проводили контрольні дослідження та приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

6. Bezkopylna S. V., Palabijik A. A., Candiba P. O. The peculiarities of the vegetative regulation of the heart rhythm in processing different modality and speed information of presenting irritators. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2018. № 2. С. 20–24. (Особистий внесок здобувача – організація і проведення експерименту, статистичний, варіаційний та спектральний аналіз сервего ритму під час переробки інформації різної модальності та швидкості предявлення подразників, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

7. Безкопильна С. В. Вікова динаміка розумової працездатності у осіб з порушеннями постави. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2020, № 2. с. 11-19.

Статті у зарубіжних наукових періодичних виданнях і виданнях, віднесених до міжнародних наукометричних баз даних

1. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Розумова працездатність дітей 8–9 років при пред’явленні подразників різної модальності та швидкості в режимі go/nogo/go /. *Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences.* 2018. Vol. 6(21), is. 179. P. 50–54. (*Видання внесено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus).* (Особистий внесок здобувача – розробка та апробація методики дозованого предявлення інформації для дослідження розумової працездатності дітей 8–9 років, організація і проведення експерименту, інтерпритація отриманих результатів, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

2. Lyzohub V. S., Chernenko N. P., Kozhemiako T. V., Palabiyik A. A., Bezkopylna S. V. Age peculiarities of interaction of motor and cognitive brain systems while processing information of different modality and complexity. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2019. Vol. 10(3). P. 288–294. *(Видання внесено до міжнародної наукометричної Web of Science).* (Особистий внесок здобувача – кореляційний аналіз показників швидкісних характеристик моторної та когнітивної функціональних систем мозку, інтерпретація отриманих результатів, інші автори приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

3. Lyzohub V., Kozhemiako T., Palabiyik A., Khomenko S., Bezkopylna S. Processing information in the go/nogo/go paradigm: interactions between cognitive function and the autonomic nervous system. *Health Problems of Civilization*. 2020. Vol. 14(1). P. 53–62. *(Видання внесено до міжнародної наукометричної Web of Science).* (Особистий внесок здобувача – організація і проведення експерименту, статистичний, варіаційний та спектральний аналіз сервего ритму під час переробки інформації різної модальності та швидкості предявлення подразників, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Кожемяко Т. В., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Методика дослідження розумової працездатності з поетапним підвищенням та зниженням швидкості пред’явлення інформації. *Адаптаційні можливості дітей та молоді*: матеріали XII Міжнар. наук.-практ.конф., 13–14 вересня 2018 р. Одеса, 2018. Ч. 2. С. 151–155. (Особистий внесок здобувача – обгрунтування методики дослідження та способу визначення розумової працездатності людини, підготовка матеріалів до друку, інші автори проводили контрольні дослідження).

2. Лизогуб В. С., Пустовалов В. О., Черненко Н. П., Палабийик А. А., Безкопильна С. В. Переробка інформації в парадигмі go/nogo/go з поетапним підвищенням та зниженням швидкості пред’явлення подразників. *Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії:*

біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти: матеріали I Всеукраїнської електронної наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 17 травня 2018 р. Київ, 2018. С. 93–95. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментальних досліджень, статистична обробка результатів, аналіз і формування висновків, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

3. Безкопильна С. В., Кожемяко Т. В., Лизогуб В. С., Черненко Н. П., Хоменко С. М. Особливості функціонування мозку за умови спільної моторної та розумової діяльності. *Адаптаційні можливості дітей та молоді*: зб. наук. пр., 10–11 вересня 2020 р. Одеса, 2020. Ч. 2. С.18–23. (Особистий внесок здобувача – постановка проблеми та обгрунтування її актуальності, експериментальне тестування розумової працездатності та статокінетичної стійкості підлітків 13-14 років, статистичний аналіз та узагальнення отриманих цифрових масивів даних, інші автори приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

4. Лизогуб В. С., Безкопильна С. В., Хоменко С. М., Кожемяко Т. В., Черненко Н. П., Пустовалов В. О. Вікова динаміка розумової працездатності у осіб з порушеннями постави. *Медико-біологічні проблеми фізичного виховання різних груп населення, ерготерапії, інклюзивної та спеціальної освіти*: матеріали VI наук.-практ. конф., 9 грудня 2020 р. Луцьк, 2020. С. 112–113. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментального дослідження, обробка результатів, підготовка матеріалів до друку, інші автори приймали участь у обговоренні результатів та підготовці матеріалів до друку).

5. Лизогуб В. С., Кожемяко Т. В., Безкопильна С. В. Формування резервних можливостей розумової діяльності в онтогенезі. *Фізіологічний журнал*: матеріали XX-го з’їзду Українського фізіологічного товариства ім. П. Г. Костюка з міжнародною участю, присвяченого 95-річчю від дня народження академіка П. Г. Костюка, 27–30 травня 2019 р. Київ, 2019. Т.65, №3. С. 67. (Особистий внесок здобувача – організація і проведення експерименту, обробка

результатів, підготовка матеріалів до друку, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

6. Лизогуб В. С., Безкопильна С. В., Кожемяко Т. В., Хоменко С. М. Взаємодія когнітивної та автномної нервової системи за умови переробки інформації у режимі GOL/NOGO/GOR. Матеріали чергового VIII з'їзду Українського біофізичного товариства, 12–15 листопада 2019 р. Київ–Луцьк, 2019. С. 54. (Особистий внесок здобувача – організація та проведення експерименту, статистичний, варіаційний та спектральний аналіз сервего ритму під час переробки інформації різної модальності та швидкості предявлення подразників, інші автори проводили контрольні дослідження та приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

7. Лизогуб В. С., Безкопыльная С. В., Хоменко С. Н., Черненко Н. П., Плабийик А. А. Изменяются ли когнитивные функции спортсменов в условиях совместной моторной деятельности? *Актуальные проблемы физического воспитания, спорта и туризма*: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф., 8–10 октября 2020 г. Мозырь, 2020. С. 96–99. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментального тестування, статистична обробка результатів, аналіз та формування висновків, інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

8. Безкопыльная С. В., Лизогуб В. С., Палабийик А. А. Возрастные особенности интегративных функций мозга при одновременном выполнении моторных и когнитивных заданий. Международная юбилейная науч.-практ. конф., 19–20 ноября 2020 г. Гомель, 2020. Ч. 1. С. 116-119. (Особистий внесок здобувача – обґрунтування проблеми та її актуальність, проведення експериментального дослідження, статистичний аналіз та узагальнення отриманих даних, інші автори приймали участь у підготовці матеріалів до друку).

9. Лизогуб В. С., Безкопильна С. В., Кожемяко Т. В., Пустовалов В. О., Шпанюк В. В., Хоменко С. М. Функционирование мозга во время совместной моторной и когнитивной деятельности. *Методологические, теоретические и*

практические аспекты физического воспитания, спортивной тренировки, оздоровительной и адаптивной физической культуры: материалы I (XIV) международной науч.-практ. конф., 7–8 октября 2021 г. Гомель, 2021. Ч. 2. С. 149-153. (Особистий внесок здобувача – проведення експериментального дослідження, узагальнення отриманих даних, аналіз та формування висновків, інші автори інші автори приймали участь у обговоренні результатів).

Додаток В

ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

№ п\п	Назва конференції	Форма участі
1.	Адаптаційні можливості дітей та молоді. Матеріали 12-й Міжнародної науково-практичної конференції, Одеса, 13-14.09.2018.	Доповідь, Публікація
2.	Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні, та метрологічні аспекти», 05.2018 р. Національний університет фізичного виховання і спорту України, Київ, 17.05.2018 р.	Доповідь, Публікація
3.	20-й З'їзд Українського фізіологічного товариства, Київ, 27-30 травня, 2019 р.	Доповідь, Публікація
4.	Матеріали чергового VIII з'їзду Українського біофізичного товариства Київ – Луцьк, 12-15 листопада 2019 року.	Публікація
5.	Адаптаційні можливості дітей та молоді. Матеріали 13-й Міжнародної науково-практичної конференції, Одеса, 10-11.09.2020.	Доповідь, Публікація
6.	Медико-біологічні проблеми фізичного виховання різних груп населення, ерготерапії, інклюзивної та спеціальної освіти: матеріали VI науково-практичної конференції, Луцьк, 9 грудня 2020 р.	Публікація

Додаток Г

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор
з науково-педагогічної роботи
Хмельницького національного університету
Міністерства освіти і науки
_____к. е. н, доцент В. Г. Лопатовський
«____»_____2021 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ
матеріалів дисертаційної роботи
здобувача Безкопильної Світлани Вікторівни

1. **Найменування пропозиції для впровадження:** «Особливості формування механізмів забезпечення розумової працездатності в онтогенезі».
2. **Установа:** Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, кафедра анатомії, фізіології та фізичної реабілітації.
3. **Джерела інформації:**

1. Безкопильна С. В. Вікові особливості формування резервних можливостей розумової діяльності у дітей, підлітків та юнаків. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки*. 2019. Вип. 1. С. 7–12.
2. Безкопильна С. В., Лизогуб В. С., Безкопильний О. П., Хоменко С. М. Інтегративні функції мозку під час виконання когнітивних та моторних завдань. *Вісник Черкаського університету. Серія: Біологічні науки.* 2020, № 1. С. 11–22.
3. Лизогуб В. С., Пустовалов В. О., Черненко Н. П., Палабіїк А. А., Безкопильна С. В. Переробка інформації в парадигмі go/nogo/go з поетапним підвищенням та зниженням швидкості пред'явлення подразників. *Актуальні проблеми фізичної культури, спорту, фізичної терапії та ерготерапії: біомеханічні, психофізіологічні та метрологічні аспекти*: матеріали I

Всеукраїнської електронної наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 17 травня 2018 р. Київ, 2018. С. 93–95.

4. Де та коли впроваджено: На кафедрі фізичної терапії, ерготерапії Хмельницького національного університету в лекційному курсі та при проведенні практичних занять із розділів «Вікова анатомія та фізіологія» та «Нормальна фізіологія».

5. Результати впровадження: Впровадження результатів дослідження сприятиме оновленню теоретичних та методичних поглядів на проблему фізіологічних механізмів забезпечення переробки інформації різної складності і модальності у дітей, підлітків та юнаків.

6. Термін впровадження: 2021 рік.

7. Базова установа, яка проводить впровадження: Кафедра фізичної терапії, ерготерапії Хмельницького національного університету.

8. Зауваження та пропозиції: не вносились.

Завідувач кафедри
фізичної терапії, ерготерапії
Хмельницького національного університету,
доктор педагогічних наук, доцент О.В. Базильчук