

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2025

Читать онлайн
Read online

Сетко Н.П.¹, Жданова О.М.¹, Сетко А.Г.²

Обоснование региональных нормативов функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков

¹ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 460000, Оренбург, Россия;

²ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Исследование направлено на разработку и научное обоснование региональных нормативов функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС) у детей и подростков 7–17 лет для оценки здоровья и разработки профилактических мероприятий.

Цель исследования – научно обосновать региональные нормативы функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков 7–17 лет с использованием метода вариационной хронорефлексометрии.

Материалы и методы. В период 2018–2024 гг. на базе общеобразовательных организаций Оренбурга (лицеи, гимназии, средние школы) проведена оценка функционального состояния центральной нервной системы у 2410 учащихся 1–11-х классов методом вариационной хронорефлексометрии М.П. Мороз (2003).

Результаты. Установлено достоверное увеличение функционального уровня нервной системы у учащихся от 7 к 17 годам с $1,8 \pm 0,01$ до $2,4 \pm 0,02$ ед. ($p < 0,001$), устойчивости нервной реакции с $0,6 \pm 0,04$ до $1,3 \pm 0,06$ ед. ($p < 0,001$), уровня функциональных возможностей нервной системы с $1,5 \pm 0,04$ до $2,5 \pm 0,07$ ед. ($p < 0,001$). Выявлено статистически значимое увеличение показателей между возрастными группами 9–10, 12–13 и 15–16 лет с последующей стабилизацией в периоды 10–12, 13–15 и 16–17 лет, что определило целесообразность возрастной дифференциации нормативов функционального состояния ЦНС для учащихся 7–9, 10–12, 13–15 и 16–17 лет на основе вычисления 25–75-го процентилей, значения которых считали статистической нормой. Полученные данные позволили разработать индекс умственной работоспособности, рассчитанный как сумма стандартизованных значений функциональных показателей ЦНС с учётом их коэффициентов значимости, полученных через анализ главных компонент.

Ограничения исследования. Использование для оценки функционального состояния ЦНС простой зрительно-моторной реакции может ограничивать возможность экстраполяции полученных данных на другие исследования, где использовались аудиальные, тактильные стимулы или их комбинации.

Заключение. Научно обоснованы региональные нормативы функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков 7–17 лет. Результаты могут быть использованы при проведении профилактических медицинских осмотров, в скрининговых исследованиях, научно-исследовательской деятельности и стать эффективным инструментом для оценки и мониторинга функционального состояния ЦНС у детей и подростков, а также разработки профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья подрастающего поколения.

Ключевые слова: дети и подростки; функциональное состояние центральной нервной системы; работоспособность; вариационная хронорефлексометрия; простая зрительно-моторная реакция; нормативы

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ОрГМУ МЗ РФ (протокол № 258 от 09.10.2020 г.). Все участники и их законные представители дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Сетко Н.П., Жданова О.М., Сетко А.Г. Обоснование региональных нормативов функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков. Гигиена и санитария. 2025; 104(2): 212–219. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-2-212-219> <https://elibrary.ru/gbceqr>

Для корреспонденции: Жданова Олеся Михайловна, e-mail: Robokors@yandex.ru

Участие авторов: Сетко Н.П. – концепция и дизайн исследования, редактирование; Жданова О.М. – концепция и дизайн исследования, написание текста, сбор и обработка материала, статистическая обработка; Сетко А.Г. – концепция и дизайн исследования, редактирование. **Все соавторы** – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 03.06.2024 / Принята к печати: 02.10.2024 / Опубликована: 07.03.2025

Nina P. Setko¹, Olesya M. Zhdanova¹, Andrey G. Setko²

Justification of regional standards for the functional state of the central nervous system in children and adolescents

¹Orenburg State Medical University, Orenburg, 460000, Russian Federation;

²Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. The study is aimed at developing and scientifically justifying regional norms of the functional state of the central nervous system (CNS) in children and adolescents aged 7–17 years, which is crucial for health assessment and the development of preventive measures.

The purpose of the study is to scientifically justify the regional norms of the functional state of the central nervous system in 7–17 years children and adolescents using the method of variation chronoreflexometry.

Materials and methods. Over the period from 2018 to 2024, an assessment of the functional state of the central nervous system in two thousand four hundred ten students in grades 1–11 was conducted using the method of variation chronoreflexometry by M.P. Moroz (2003) in general educational institutions of Orenburg (lyceums, gymnasiums, secondary schools).

Results. A significant increase in the functional level of the nervous system in students aged from 7 to 17 years was established, from 1.8 ± 0.01 units to 2.4 ± 0.02 units ($p < 0.001$), the stability of the nervous reaction from 0.6 ± 0.04 units to 1.3 ± 0.06 units ($p < 0.001$), and the level of functional capabilities of the nervous

system from 1.5 ± 0.04 units to 2.5 ± 0.07 units ($p < 0.001$). A statistically significant increase in indicators was found between the age groups of 9–10, 12–13, and 15–16 years, followed by stabilization in the periods of 10–12, 13–15, and 16–17 years, which determined the feasibility of age differentiation of the functional state norms of the CNS for 7–9 years, 10–12 years, 13–15 years, and 16–17 years students based on the calculation of the 25th – 75th percentiles, the values of which were accepted as the statistical norm. The obtained data allowed developing a mental performance index, calculated as the sum of standardized values of CNS functional indicators taking into account their significance coefficients obtained through principal component analysis.

Limitations. The use of a simple visual-motor response to assess the functional state of the CNS may limit the ability to extrapolate the obtained data to other studies where auditory, tactile stimuli, or their combinations were used.

Conclusion. The scientifically justified regional norms of the functional state of the central nervous system in 7–17 years children and adolescents can be used during preventive medical examinations, in screening studies of scientific research activities, and become an effective tool for assessing and monitoring the functional state of the CNS in children and adolescents, as well as developing preventive measures aimed at preserving the health of the younger generation.

Keywords: children and adolescents; functional state of the central nervous system; performance; variation chronoreflexometry; simple visual-motor reaction; norms

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local ethics committee of FGBOU VO OrGMU Ministry of Health of the Russian Federation (protocol No. 258 dated 09.10.2020). All participants and their legal representatives have provided informed voluntary written consent to participate in the study.

For citation: Setko N.P., Zhdanova O.M., Setko A.G. Justification of regional standards for the functional state of the central nervous system in children and adolescents. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal.* 2025; 104(1): 212–219. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-1-212-219> <https://elibrary.ru/gbceqr> (In Russ.)

For correspondence: Olesya M. Zhdanova, e-mail: Robokors@yandex.ru

Contributions: Setko N.P. – concept and design of the study, editing; Zhdanova O.M. – concept and design of the study, writing the text; collection and processing of material; statistical processing; Setko A.G. – concept and design of the study, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: June 3, 2024 / Accepted: October 2, 2024 / Published: March 7, 2025

Введение

Функциональное состояние центральной нервной системы (ФС ЦНС) является ключевым психофизиологическим показателем, отражающим уровень адаптации детей и подростков к условиям и организации учебного процесса [1]. Анализ ФС ЦНС обучающихся становится центральной задачей гигиенических исследований при оценке эффективности регуляторных механизмов, обеспечивающих формирование адекватной функциональной реакции организма в ответ на воздействие факторов образовательной среды [2–13].

В настоящее время для оценки ФС ЦНС и работоспособности учащихся исследователями активно используются корректурные пробы С.М. Громбаха (1975), В.П. Анфимова (1908), Э. Ландольта, позволяющие получить информацию об основных параметрах произвольного внимания, работоспособности и устойчивости к монотонной деятельности [2–6]. Эти методы, несмотря на значимость в психологическом ассессменте, имеют недостатки, ограничивающие их применение и влияющие на адекватность интерпретации результатов. Так, за счёт повторного прохождения тестирования возникает эффект тренированности, который проявляется в улучшении результатов, особенно в динамике исследования и при мониторировании. Кроме того, перечень измеряемых параметров ограничен, а обработка полученных результатов трудоёмка. Современные исследователи для анализа ФС ЦНС и работоспособности обучающихся всё чаще используют комплексные методы, не требующие значительных временных, физических, финансовых затрат и сложного оборудования [7–15]. Одним из таких методов является вариационная хронорефлексометрия М.П. Мороз (2003) «Экспресс-диагностика функционального состояния и работоспособности человека», основанная на регистрации вариационных латентных периодов простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР). При появлении на экране монитора зрительных стимулов испытуемые должны одновременно нажимать на соответствующие клавиши клавиатуры пальцами обеих рук [16], и анализ временных характеристик ПЗМР позволяет произвести автоматический расчёт показателей, характеризующих различные стороны ФС ЦНС: функциональный уровень нервной системы (ФУС), отражающий скорость произвольной реакции, которая зависит от уровня возбудимости ЦНС; уровень функциональных возможностей сформированной нервной системы (УФВ), обеспечивающий формирование адекватной функциональной реакции ЦНС, то есть «работоспособности» нервной системы в

момент обследования; устойчивость нервной реакции (УР), выступающей в качестве маркёра наиболее ранних изменений в деятельности ЦНС, на основе которого производится определение уровня умственной работоспособности.

Методика вариационной хронорефлексометрии М.П. Мороз (2003) разработана в Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова и апробирована на курсантах, водителях, диспетчерах, машинистах электропоездов, операторах технологических линий, моряках, военнослужащих. Полученные данные ФУС, УР, УФВ использовались для расчёта диапазонов значений критериев оценки ФС ЦНС и работоспособности человека. Поскольку методика первоначально разработана и апробирована на взрослой популяции, существуют значительные ограничения в применении нормативных критериев оценки ФС ЦНС и работоспособности детей и подростков. Изменения в нервной системе в процессе онтогенеза (от периода новорождённости до 17 лет) динамичны и подвержены влиянию множества внешних и внутренних факторов, в том числе определяемых возрастными особенностями физиологического и психологического развития. Этим была обусловлена необходимость новых исследований для установления валидных и надёжных диапазонов значений критериев оценки ФС ЦНС и работоспособности для детей и подростков.

Цель исследования – научно обосновать региональные нормативы функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков 7–17 лет с использованием метода вариационной хронорефлексометрии.

Материалы и методы

Обследованы 2410 учащихся 1–11-х классов общеобразовательных учреждений Оренбурга (лицеи, гимназии, средние общеобразовательные школы) за период 2018–2024 гг. Критерии включения в исследование: возраст от 7 до 17 лет; письменное информированное согласие родителей (или законных представителей) детей до 14 лет и учащихся, достигших 14-летнего возраста; группы здоровья I–III; отсутствие хронических патологий ЦНС и других болезней в анамнезе, которые могут влиять на функциональное состояние ЦНС. Критерии исключения: наличие диагностированных неврологических, психических патологий, перенесённых операций, травм головного мозга; приём лекарственных препаратов, которые могут оказывать влияние на когнитивные функции; отсутствие информированного согласия на участие в исследовании.

Участники исследования были определены методом случайной выборки в соответствии с критериями включения и исключения. Расчёт размера выборки (n), обеспечивающей репрезентативность исследования, проведён по формуле (1) Неймана – Пирсона:

$$n = 2 \cdot \left(\frac{Z_1 - \frac{\alpha}{2} + Z_1 - \beta}{d} \right)^2 \cdot \sigma^2, \quad (1)$$

где: $Z_1 - \alpha/2$ – значение Z-оценки для уровня значимости α , соответствующее двустороннему тесту; $Z_1 - \beta$ – Z-оценка, соответствующая статистической мощности $1-\beta$; d – ожидаемый размер эффекта, выраженный как разница между средними, делённая на стандартное отклонение; σ – стандартное отклонение в популяции. Для обеспечения статистической мощности в 80% при уровне значимости 0,05 и ожидаемом размере эффекта в 0,1 единицы, с учётом среднего стандартного отклонения 0,21, необходимый объём размера выборки каждой возрастной группы составил 70 учащихся. Исследование проведено в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (Форталеза, 2013) и одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО ОрГМУ МЗ РФ (протокол № 258 от 09.10.2020 г.).

Исследование ФС ЦНС учащихся выполнено методом вариационной хронорефлексометрии М.П. Мороз [16], в утренние часы, в период учебной деятельности, не ранее чем через два часа после приёма пищи и напитков, которые могут влиять на нервную систему. Перед началом тестирования участники исследования прошли инструктаж. Во время диагностики были исключены все возможные внешние раздражители, такие как шум, изменения освещения и температуры, разговоры или телефонные вызовы.

В исследования использовали методы параметрической статистики, обоснованность применения которых была подтверждена результатами предварительного анализа распределения данных на нормальность с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Количественные данные представлены в виде средних значений (M), стандартных отклонений (SD) и стандартных ошибок среднего (m); категориальные – в процентах. В разработке нормативов функционального состояния ЦНС детей и подростков применён методический подход, основанный на центильной оценке параметров, с расчётом медианы (P50) и процентиелей (P25 и P75). Статистическая значимость различий между группами была оценена с использованием p -значений на уровне $p \leq 0,05$, полученных на основе t -теста Стьюдента для независимых выборок.

Для научного обоснования и определения индекса работоспособности были исследованы взаимосвязи между различными показателями функционального состояния ЦНС с помощью корреляционного анализа с расчётом коэффициента Пирсона. Вклад каждого показателя в формирование работоспособности определяли методом анализа главных компонент. Все расчёты выполнены с использованием программного обеспечения для статистической обработки данных Statistica 13.0 StatSoft.

Результаты

Установлено, что значение функционального уровня нервной системы учащихся с возрастом увеличилось с $1,8 \pm 0,01$ ед. в 7 лет до $2,4 \pm 0,02$ ед. в 17 лет ($p < 0,001$), что указывало на возрастную динамику в развитии функционального уровня нервной системы детей и подростков (табл. 1). При этом в возрастном интервале 7–10 лет выявлено наиболее интенсивное развитие ФУС, что подтверждалось данными его достоверного увеличения с $1,8 \pm 0,01$ до $2,1 \pm 0,01$ ед. ($p < 0,001$), тогда как в интервалах 10–11, 13–15 и 16–17 лет статистически значимые различия в функциональном уровне не отсутствовали, что могло свидетельствовать о стабилизации функционального состояния нервной системы учащихся в этот период.

Таблица 1 / Table 1
Показатели функционального уровня нервной системы (ФУС)
детей и подростков 7–17 лет

Indicators of the functional level of the nervous system (FLNS)
in 7–17 years children and adolescents

Возраст, лет Age, years	<i>n</i>	Вся выборка / The entire sample			<i>p</i> *
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>m</i>	
7	365	1.8	0.19	0.01	—
8	268	1.9	0.18	0.01	< 0.001
9	194	2.0	0.22	0.02	< 0.001
10	262	2.1	0.23	0.01	< 0.001
11	210	2.1	0.21	0.01	1.0
12	168	2.2	0.21	0.02	< 0.001
13	159	2.3	0.19	0.02	< 0.001
14	153	2.3	0.20	0.02	1.0
15	216	2.3	0.19	0.01	1.0
16	236	2.4	0.19	0.01	< 0.001
17	179	2.4	0.23	0.02	1.0

Примечание. Здесь и в табл. 2–7: * – $p \leq 0,05$ при сравнении учащихся данной возрастной группы с показателями учащихся предыдущего года.

Note: Here and in Tables 2–7: * – $p \leq 0.05$ when comparing students of a given age with data from students of the previous year.

При изучении гендерных особенностей установлены статистически значимые различия между показателями девочек и мальчиков в 7, 10–11 и 15–17 лет, однако абсолютные различия в значениях были невелики и в целом не влияли на общую тенденцию формирования функционального уровня нервной системы детей и подростков (табл. 2). Увеличение ФУС у девочек продолжалось до тринадцатилетнего возраста, достигая $2,3 \pm 0,02$ ед., у мальчиков до 14 лет ($2,4 \pm 0,02$ ед.) с сохранением достигнутого уровня до семнадцатилетнего возраста.

Устойчивость нервной реакции у учащихся от 7 к 17 годам увеличилась в 2,2 раза (с $0,6 \pm 0,04$ до $1,3 \pm 0,06$ ед.; $p < 0,001$), причём значимые изменения показателя регистрировались преимущественно в возрастном периоде 7–12 лет, что подтверждалось увеличением в 1,7 раза, тогда как в 13–15 и 16–17 лет показатели достоверно не различались (табл. 3).

Гендерные различия определены лишь в возрасте 15 лет, когда устойчивость нервной системы у девочек была в 1,3 раза ниже, чем у мальчиков, и составляла $1 \pm 0,08$ и $1,3 \pm 0,06$ ед. ($p = 0,003$) соответственно. В то же время у девочек и мальчиков выявлена схожая динамика развития устойчивости нервной системы от года к году, о чём свидетельствовало увеличение УР от 7 к 13 годам и незначительное её снижение в четырнадцатилетнем возрасте у учащихся обеих групп. У девочек снижение показателя регистрировалось и в 15 лет, но различия не достигали статистической значимости ($p = 0,34$) (табл. 4).

Анализ динамики уровня функциональных возможностей сформированной нервной системы детей и подростков показал увеличение среднего значения от $1,5 \pm 0,04$ ед. у семилетних до $2,5 \pm 0,07$ ед. у семнадцатилетних учащихся ($p < 0,001$) (табл. 5). Статистически значимое повышение показателя выявлено в возрасте 9–10 лет ($p = 0,007$), 12–13 лет ($p = 0,001$) и 15–16 лет ($p = 0,006$), тогда как в периоды 10–12, 13–15 и 16–17 лет функциональный уровень нервной системы практически не изменялся.

Значимые гендерные различия по показателю УР установлены преимущественно в подростковом возрасте – 15 лет ($p = 0,003$) и 16 лет ($p = 0,038$). Уровень функциональных возможностей ЦНС девочек был в среднем в 1,2

Таблица 2 / Table 2

Показатели функционального уровня нервной системы (ФУС) девочек и мальчиков 7–17 лет

FLNS indicators in 7–17 years girls and boys

Возраст, лет Age, years	Девочки / Girls					Мальчики / Boys					p**
	n	M	SD	m	p*	n	M	SD	m	p*	
7	187	1.8	0.19	0.01	—	178	1.9	0.18	0.01	—	< 0.001
8	120	1.9	0.18	0.02	< 0.001	148	1.9	0.18	0.02	1.0	1.0
9	97	2.0	0.21	0.02	0.0003	97	2.0	0.23	0.02	0.0004	1.0
10	134	2.0	0.23	0.02	1.0	128	2.1	0.23	0.02	0.001	0.001
11	113	2.1	0.19	0.02	0.0002	97	2.2	0.23	0.02	0.001	0.001
12	87	2.2	0.20	0.02	0.0004	81	2.2	0.22	0.02	1.0	1.0
13	81	2.3	0.20	0.02	0.002	78	2.3	0.19	0.02	0.003	1.0
14	79	2.3	0.20	0.02	1.0	74	2.4	0.18	0.02	1.0	1.0
15	88	2.3	0.21	0.02	1.0	128	2.4	0.17	0.02	0.001	0.0003
16	83	2.3	0.22	0.02	1.0	153	2.4	0.16	0.01	1.0	0.0004
17	78	2.3	0.25	0.03	1.0	101	2.4	0.22	0.02	1.0	0.013

Примечание. Здесь и в табл. 4, 6: ** – p ≤ 0,05 при сравнении данных девочек и мальчиков.

Note: Here and in Tables 4, 6: ** – p ≤ 0.05 when comparing data in girls and boys.

Таблица 3 / Table 3

Показатели устойчивости нервной системы (УР) детей и подростков 7–17 лет

Indicators of the nervous system stability (NSS) in 7–17 years children and adolescents

Возраст, лет Age, years	Вся выборка / The entire sample			p*
	M	SD	m	
7	0.6	0.70	0.04	—
8	0.6	0.61	0.04	1.0
9	0.8	0.68	0.05	0.001
10	0.9	0.78	0.05	0.146
11	0.9	0.76	0.05	1.0
12	1.0	0.69	0.05	0.182
13	1.2	0.71	0.06	0.010
14	1.2	0.65	0.05	1.0
15	1.2	0.75	0.05	1.0
16	1.3	0.65	0.04	0.132
17	1.3	0.75	0.06	1.0

раза ниже, чем у мальчиков (табл. 6). В возрасте 13–15 лет у девочек выявлено снижение УФВ с $2,3 \pm 0,08$ до $2,1 \pm 0,08$ ($p = 0,374$), однако эти изменения нельзя считать достоверными.

В результате оценки функционального состояния ЦНС детей и подростков 7–17 лет определена общая тенденция изменения функциональных показателей нервной системы девочек и мальчиков в определённые возрастные периоды, о чём свидетельствовало статистически значимое увеличение показателей ЦНС учащихся между 9–10, 12–13 и 15–16 годами и их стабилизация в периоды 10–12, 13–15 и 16–17 лет. Схожесть темпов развития нервной системы девочек и мальчиков определяет целесообразность разработки универсальных нормативов для учащихся обеих групп с дифференцировкой по возрастам. В целях научного обоснования проведён сравнительный анализ показателей функционального состояния ЦНС учащихся 7–9, 10–12, 13–15 и 16–17 лет, по результатам которого установлены статистически значимые различия показателей между каждой последующей возрастной группой учащихся, что позволило разработать нормативы функционального состояния ЦНС детей и подростков на основе расчёта процентильных значений (табл. 7). Статистическая норма для каждого показателя

Таблица 4 / Table 4

Показатели устойчивости нервной системы (УР) девочек и мальчиков 7–17 лет

CNS indicators in 7–17 years girls and boys

Возраст, лет Age, years	Девочки / Girls				Мальчики / Boys				p**
	M	SD	m	p*	M	SD	m	p*	
7	0.6	0.71	0.05	—	0.7	0.69	0.05	—	0.173
8	0.6	0.58	0.05	1.0	0.7	0.64	0.05	1.0	0.181
9	0.8	0.68	0.07	0.023	0.8	0.68	0.07	0.250	1.0
10	0.9	0.77	0.07	0.298	1.0	0.79	0.07	0.042	0.301
11	0.9	0.77	0.07	1.0	1.0	0.74	0.07	1.0	0.339
12	1.0	0.65	0.07	0.321	1.0	0.74	0.08	1.0	1.0
13	1.2	0.69	0.08	0.055	1.3	0.73	0.08	0.011	0.376
14	1.1	0.62	0.07	0.336	1.2	0.69	0.09	0.404	0.369
15	1.0	0.72	0.08	0.340	1.3	0.73	0.06	0.355	0.003
16	1.3	0.63	0.07	0.001	1.4	0.66	0.05	0.233	0.254
17	1.3	0.70	0.09	1.0	1.4	0.76	0.08	1.0	0.368

была определена как интервал от 25-го до 75-го процентиля, значения показателей ниже 25-го процентиля и выше 75-го процентиля рассматривались как низкий и высокий уровень развития показателей соответственно.

Поскольку существует выраженная возрастная тенденция изменения показателей, отражающих разные стороны функционального состояния ЦНС, оценка работоспособности, основанная исключительно на изменении устойчивости нервной реакции, разработанной М.П. Мороз (2003), становится недостаточной. Для более точной и объективной оценки работоспособности эффективным подходом будет использование индекса, который объединяет все три рассматриваемых показателя: функциональный уровень нервной системы, устойчивость нервной реакции и уровень функциональных возможностей сформированной нервной системы.

Для определения взаимосвязей между различными показателями функционального состояния ЦНС и их вклада в работоспособность проведён корреляционный анализ (табл. 8). Установлено, что у учащихся всех возрастных групп существует сильная корреляционная зависимость между УР и УФВ ($r = 0,99$), тогда как зависимость ФУС и показателей УР и УФВ с возрастом увеличивалась, составляя в 7–9 лет между ФУС и УР всего $r = 0,14$, между ФУС и УФВ $r = 0,26$,

Таблица 5 / Table 5

Показатели уровня функциональных возможностей сформированной нервной системы (УФВ) детей и подростков 7–17 лет
Indicators of the level of functional capabilities (FCL) in the formed nervous system in 7–17 years children and adolescents

Возраст, лет Age, years	Вся выборка / The entire sample			p^*
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>m</i>	
7	1.5	0.72	0.04	—
8	1.5	0.64	0.04	1.0
9	1.7	0.74	0.05	0.001
10	1.9	0.84	0.05	0.146
11	2.0	0.82	0.06	1.0
12	2.0	0.76	0.06	0.182
13	2.3	0.77	0.06	0.010
14	2.3	0.70	0.06	1.0
15	2.3	0.81	0.06	1.0
16	2.5	0.72	0.05	0.132
17	2.5	0.83	0.07	1.0

Таблица 6 / Table 6

Показатели уровня функциональных возможностей сформированной нервной системы (УФВ) мальчиков и девочек
FCL indicators in the formed nervous system in boys and girls

Возраст, лет Age, years	Девочки / Girls				Мальчики / Boys				p^{**}
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>m</i>	p^*	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>m</i>	p^*	
7	1.5	0.71	0.05	—	1.6	0.72	0.05	—	0.183
8	1.5	0.60	0.06	1.0	1.6	0.67	0.06	1.0	0.199
9	1.7	0.73	0.07	0.031	1.7	0.74	0.08	0.284	1.0
10	1.8	0.83	0.07	0.333	2.0	0.84	0.07	0.005	0.054
11	1.9	0.83	0.08	0.346	2.0	0.80	0.08	1.0	0.376
12	2.0	0.71	0.08	0.360	2.0	0.82	0.09	1.0	1.0
13	2.3	0.74	0.08	0.008	2.4	0.80	0.09	0.002	0.415
14	2.2	0.67	0.08	0.371	2.4	0.74	0.09	1.0	0.096
15	2.1	0.78	0.08	0.374	2.5	0.79	0.07	0.389	0.003
16	2.4	0.69	0.08	0.008	2.6	0.72	0.06	0.272	0.038
17	2.4	0.79	0.10	1.0	2.6	0.83	0.08	1.0	0.102

Таблица 7 / Table 7

Нормативы функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков 7–17 лет
Standards for the functional state of the central nervous system in 7–17 years children and adolescents

Показатель Indicators	Возраст, лет Age, years	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>m</i>	P25	P50	P75	p^*
ФУС FLNS	7–9	1.9	0.21	0.01	1.71	1.87	2.02	—
	10–12	2.1	0.22	0.01	2.00	2.15	2.29	< 0.001
	13–15	2.3	0.20	0.01	2.22	2.34	2.46	< 0.001
	16–17	2.4	0.21	0.01	2.29	2.43	2.55	< 0.001
УР NSS	7–9	0.7	0.68	0.02	0.18	0.60	1.15	—
	10–12	0.9	0.75	0.03	0.39	0.90	1.46	< 0.001
	13–15	1.2	0.71	0.03	0.71	1.20	1.67	< 0.001
	16–17	1.3	0.69	0.03	0.84	1.39	1.81	0.030
УФВ FCL	7–9	1.6	0.71	0.02	1.05	1.48	2.09	—
	10–12	2.0	0.81	0.03	1.35	1.97	2.52	< 0.001
	13–15	2.3	0.77	0.03	1.77	2.34	2.85	< 0.001
	16–17	2.5	0.76	0.03	1.96	2.57	3.05	< 0.001

Таблица 8 / Table 8
Показали корреляционной зависимости параметров функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков 7–17 лет
Showed the correlation dependence of the parameters of the functional state of the central nervous system in 7 – 17 years children and adolescents

Возраст, лет Age, years	Показатель Indicators	ФУС FLS	УР NS	УФВ LFC
7–9	ФУС / FLNS	1.00	0.14*	0.26*
	УР / NSS	0.14*	1.00	0.99*
	УФВ / FCL	0.26*	0.99*	1.00
10–12	ФУС / FLNS	1.00	0.36*	0.47*
	УР / NSS	0.36*	1.00	0.99*
	УФВ / FCL	0.47*	0.99*	1.00
13–15	ФУС / FLNS	1.00	0.37*	0.46*
	УР / NSS	0.37*	1.00	0.99*
	УФВ / FCL	0.46*	0.99*	1.00
16–17	ФУС / FLNS	1.00	0.51*	0.60*
	УР / NSS	0.51*	1.00	0.98*
	УФВ / FCL	0.60*	0.98*	1.00

Примечание. * – корреляции значимы на уровне $p < 0,05$.

Note: * – correlations are significant at $p < 0.05$.

Таблица 9 / Table 9
Коэффициенты значимости показателей функционального состояния центральной нервной системы в формировании работоспособности
Significance coefficients of the indicators of the functional state of the central nervous system in the formation of performance

Возраст, лет Age, years	Показатель / Indicators		
	ФУС / FLNS	УР / NSS	УФВ / FCL
7–9	0.15	0.42	0.43
10–12	0.25	0.37	0.38
13–15	0.25	0.37	0.38
16–17	0.28	0.35	0.37

Таблица 10 / Table 10
Индексы работоспособности, соответствующие различным уровням её развития у детей и подростков 7–17 лет
Performance indices corresponding to different levels of development in 7–17 years children and adolescents

Возраст, лет Age, years	Уровень работоспособности / Performance level		
	низкий / low	средний / average	высокий / high
7–9	0.79	1.17	1.69
10–12	1.15	1.62	2.07
13–15	1.49	1.92	2.31
16–17	1.66	2.11	2.47

что свидетельствовало о слабой взаимосвязи. В возрасте 10–12 и 13–15 лет степень взаимосвязи между ФУС и УР увеличилась до $r = 0,37$, а между ФУС и УФВ до $r = 0,47$. В возрасте 16–17 лет зависимость показателей ФУС и УР составила $r = 0,51$, ФУС и УФВ – $r = 0,6$, что отражало наличие умеренной связи.

На основе данных корреляционного анализа, установившего сильную взаимосвязь между УР и УФВ, а также увеличение зависимости ФУС от УР и УФВ с возрастом, был проведен анализ главных компонент, в результате которого получены факторные координаты для каждого из показате-

лей, отражающие их вклад в формирование работоспособности (см. рисунок на вклейке). Так, выявлены высокие факторные загрузки для УР (0,97–0,99) и УФВ (0,94–0,97) у учащихся всех возрастных групп, что отражало значительное влияние УР и УФВ на работоспособность, тогда как вклад ФУС увеличивался с возрастом и составлял в 7–9 лет 0,36 и 0,75 в 16–17 лет.

На основании факторных загрузок были определены коэффициенты значимости (W) для каждого показателя в каждой возрастной группе по следующей формуле (2):

$$W_i = f_i / \sum f_i, \quad (2)$$

где W_i – коэффициент значимости показателя в каждой возрастной группе i ; f_i – факторная координата показателя i ; $\sum f_i$ – сумма всех факторных координат для данной возрастной группы.

По результатам рассчитаны коэффициенты значимости для каждого показателя в разных возрастных группах, представленные в табл. 9.

Полученные данные позволили разработать формулу (3) для определения индекса работоспособности:

$$I_p = W_{\text{ФУС}} \cdot Z_{\text{ФУС}} + W_{\text{УР}} \cdot Z_{\text{УР}} + W_{\text{УФВ}} \cdot Z_{\text{УФВ}}, \quad (3)$$

где I_p – индекс работоспособности; W – коэффициент значимости каждого показателя в каждой возрастной группе; Z – значения показателей ФУС, УР, УФВ на 25-м, 50-м и 75-м перцентилях. На основе разработанных статистических норм для каждого показателя были определены уровни работоспособности в каждой возрастной группе.

Обсуждение

Инновационная методология вариационной хронорефлексометрии, предложенная М.П. Мороз (2003), прошла верификацию эффективности при диагностике ФС ЦНС и работоспособности различных групп населения, в том числе взрослых, спортсменов и студентов, о чём свидетельствуют многочисленные научные публикации [12–15]. Однако исследования ФС ЦНС школьников с использованием данной методологии в научной литературе представлены недостаточно [17–20]. Согласно научным данным, методика М.П. Мороз (2003) была применена для оценки функционального состояния ЦНС 40 здоровых детей в возрасте 7 и 10 лет, на основании чего автором были разработаны критерии оценки функционального состояния для детей 7–10-летнего возраста [16]. Однако важно отметить, что методика, первоначально разработанная и апробированная на взрослых, не учитывала особенностей физиологического и психологического развития детей, что было установлено и самим автором. Так, показано, что нормальная работоспособность, характерная для оптимального функционального состояния ЦНС взрослых, выявлена лишь у 3% испытуемых детей ($n = 1$). У 60% детей ($n = 24$) регистрировалось незначительное снижение работоспособности, что характеризовалось уровнем функционального состояния ЦНС, который у взрослых ассоциировался с утомлением; у 37% детей ($n = 15$) определено снижение работоспособности, возникающее у взрослого человека при чрезмерном переутомлении и начальной стадии болезни. Следует отметить, что небольшой объём выборки исследования мог ограничивать статистическую значимость и надёжность полученных данных и быть недостаточным для разработки универсальных нормативов, что требует их пересмотра и актуализации на основе современных исследований.

Исследование времени реакции (reaction time) является популярным инструментом зарубежных научных исследований, в которых используются как один (простая реакция), так и несколько (сложная реакция) возможных стимулов, в том числе визуальных, аудиальных и тактильных [21–26]. Существует множество инструментов, используемых преимущественно для оценки влияния физической активности и спорта на когнитивные функции и производительность

спортсменов и студентов (FITLIGHT Trainer™ (FITLIGHT Sports Corp., Канада), Dynavision™ D2 Visuomotor Training Device (Dynavision International LLC, Вест-Честер, Огайо), Inquisit 4.0 (Сиэтл, Вашингтон) и др.), однако к школьникам в контексте образовательной среды они практически не применяются [24–26].

В результате настоящего исследования нами установлено, что по мере прогрессивного структурно-функционального созревания мозга и формирования функциональных связей между различными областями коры у учащихся от 7 лет к 17 годам увеличивались показатели функционального состояния ЦНС. Изменения в развитии показателей в разные возрастные периоды, соответствующие ключевым этапам структурно-функционального созревания мозга, позволили научно обосновать нормативы для учащихся разных возрастных групп. Так, у учащихся младшего школьного возраста (7–9 лет) отмечено постепенное увеличение функциональных показателей, что, вероятно, связано с активным формированием новых нейронных связей, обусловленных повышением когнитивных нагрузок. В возрасте 10–12 лет изменения показателей или были минимальны и не достигали статистической значимости, или практически отсутствовали, что, по всей видимости, отражало стабилизацию в развитии функционального состояния в препубертатный период. В 13–15 лет у девочек и мальчиков выявлена тенденция незначительного снижения показателей устойчивости нервной реакции и уровня функциональных возможностей нервной системы, что можно объяснить сложностями пубертатных перестроек, связанных с периодом полового созревания. В возрасте 16–17 лет у учащихся выявлена ста-

билизация показателей, что указывало на завершение основных процессов структурного и функционального созревания мозга, нормализацию корково-подкоркового соотношения, дезорганизованного в пубертатный период за счёт повышенной активности динэнцефальных структур.

Разработанные нормативы легли в основу создания индекса работоспособности, при расчёте которого были учтены значения функционального уровня нервной системы, устойчивости реакции и уровня функциональных возможностей нервной системы на 25-м, 50-м и 75-м перцентилях, что позволяет объективно оценивать работоспособность детей и подростков в различных возрастных группах.

Ограничения исследования. Использование для оценки ФС ЦНС простой зрительно-моторной реакции может ограничивать возможность экстраполяции полученных данных на другие исследования, в которых применялись аудиальные, тактильные стимулы или их комбинации.

Заключение

Исследование позволило научно обосновать региональные нормативы функционального состояния центральной нервной системы детей и подростков 7–17 лет. Результаты могут быть использованы при проведении профилактических медицинских осмотров, в скрининге, научно-исследовательской деятельности и стать эффективным инструментом для оценки и мониторинга функционального состояния ЦНС детей и подростков, а также для разработки профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья подрастающего поколения.

Литература (п.п. 21–26 см. References)

- Игнатова Ю.П., Макарова И.И., Яковleva К.Н., Аксенова А.В. Зрительно-моторные реакции как индикатор функционального состояния центральной нервной системы. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2019; (3): 38–51. <https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-3-38-51>
- Банникова Л.П. Умственная работоспособность и адаптационные реакции организма школьников, обучающихся по электронным учебникам. *Оренбургский медицинский вестник*. 2023; 11(4): 52–7. <https://elibrary.ru/akigxv>
- Данова А.В., Поленова М.А. Динамика показателей функционального состояния организма младших школьников при разной организации учебного года и продолжительности каникул. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2016; (8): 36–8. <https://elibrary.ru/wiqvod>
- Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Поленова М.А. Заболеваемость и умственная работоспособность московских школьников. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(3): 64–7. <https://elibrary.ru/sjsxsx>
- Александрова И.Э. О взаимосвязях показателей утомляемости учащихся с факторами урока и школьного расписания. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО*. 2017; (8): 24–6. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-293-8-24-26>
- Калишев М.Г., Рогова С.И., Жакетаева Н.Т., Приз В.Н., Талиева Г.Н., Елеусинова Г.М. Динамика функционального состояния школьников в процессе учебной деятельности. *Медицина и экология*. 2019; (4): 24–9. <https://elibrary.ru/buvxih>
- Зайцева Н.В., Устинова О.Ю., Лужецкий К.П., Маклакова О.А., Земянкова М.А., Долгих О.В. и др. Риск-ассоциированные нарушения здоровья учащихся начальных классов школьных образовательных организаций с повышенным уровнем интенсивности и напряженности учебно-воспитательного процесса. *Анализ риска здоровью*. 2017; (1): 66–83. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2017.1.08>
- Грачева А.А., Томилов В.О., Колесников И.А., Бочарин И.В. Оценка функционального состояния центральной нервной системы на основе скорости сенсомоторных реакций у студентов медицинского университета. *Ресурсы конкурентоспособности спортсменов: теория и практика реализации*. 2023; (13): 203–5. <https://elibrary.ru/tgriuis>
- Хренкова В.В., Абакумова Л.В., Гафиятуллина Г.Ш. Применение метода вариационной хронорефлексометрии для оценки функционального состояния ЦНС иностранных обучающихся подготовительного факультета. *Современные проблемы науки и образования*. 2017; (6): 251. <https://elibrary.ru/uypxzd>
- Ломоносова П.А. Исследование влияния спелеотерапии на работоспособность студентов с помощью вариационной хронорефлексометрии. *Молодежный инновационный вестник*. 2023; 12(S2): 375–7. <https://elibrary.ru/qsvzem>
- Шаламова Е.Ю., Сафонова В.Р., Рагозин О.Н., Тимшина М.А. Взаимосвязь функционального состояния ЦНС и работоспособности с показателями сердечно-сосудистой системы у студентов северного медицинского вуза. *Ульяновский медико-биологический журнал*. 2017; (3): 149–58. <https://doi.org/10.23648/UMBJ.2017.27.7086>
- Барсегян С.Т. Вариационная хронорефлексометрическая характеристика работоспособности студентов северного вуза. *Научный медицинский вестник Югры*. 2022; 32(2): 134–6. <https://elibrary.ru/kouzjq>
- Сафонова В.Р., Шаламова Е.Ю. Функциональное состояние ЦНС и работоспособность высококвалифицированных спортсменов циклических видов спорта. *Научный медицинский вестник Югры*. 2012; (1–2): 240–4. <https://elibrary.ru/tnchsf>
- Ахмедова О.О., Овегзельдыева Г.О., Григорьян А.Г. Психофизиологическое состояние студентов-первокурсников с разным уровнем двигательной активности. *Физиология человека*. 2011; 37(5): 84–90. <https://elibrary.ru/ofrlvb>
- Шаламова Е.Ю., Сафонова В.Р., Рагозин О.Н., Радыш И.В., Бочкинёв М.В. Межсистемные взаимосвязи функциональных параметров и психосоциальных характеристик у студентов медицинского вуза на Севере. *Экология человека*. 2018; (7): 29–35. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-7-29-35>
- Мороз М.П. Экспресс-диагностика функционального состояния и работоспособности человека. Методическое руководство. М.; 2003.
- Сетко Н.П., Жданова О.М., Сетко А.Г. Психофизиологическая характеристика особенностей становления когнитивных функций у учащихся старших классов. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(4): 358–64. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-358-364>
- Сетко А.Г., Булычева Е.В., Жданова О.М. Особенности функционирования центральной нервной и дыхательной систем старшеклассников, обучающихся в условиях высокой напряженности учебного труда. *Наука и инновации в медицине*. 2021; 6(2): 37–42. <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2021-6-2-37-42>
- Сетко Н.П., Булычева Е.В., Жданова О.М. Особенности становления функционального состояния центральной нервной системы и когнитивных способностей у детей и подростков школьного возраста. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2020; (1): 76–9. <https://doi.org/10.34215/1609-1175-2020-1-76-79>
- Сетко Н.П., Булычева Е.В., Жданова О.М. Функциональное состояние основных систем организма учащихся, задействованных в учебном процессе, в условиях современного медицинского обеспечения. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(7): 738–44. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-7-738-744>

References

1. Ignatova Yu.P., Makarova I.I., Yakovleva K.N., Aksanova A.V. Visual-motor reactions as an indicator of CNS functional state. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal*. 2019; (3): 38–51. https://doi.org/10.34014/2227-1848-2019-3-38-51 https://elibrary.ru/yhtgfu (in Russian)
2. Bannikova L.P. Mental performance and adaptive reactions of the body of schoolchildren studying with electronic textbooks. *Orenburgskii meditsinskii vestnik*. 2023; 11(4): 52–7. https://elibrary.ru/akigxv (in Russian)
3. Danova A., Polenova M.A. Dynamics of indexes of functional state of organism of younger schoolchildren with different organizations of the school year and the duration of the vacation. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2016; (8): 36–8. https://elibrary.ru/wiqvod (in Russian)
4. Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Polenova M.A. Morbidity rate and mental capacity of Moscow schoolchildren (longitudinal study). *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2014; 93(3): 64–7. https://elibrary.ru/sjssx (in Russian)
5. Aleksandrova I.E. On the relationship between the indicators of students with the fatigue factors of the lesson and the school schedule. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2017; (8): 24–6. https://doi.org/10.35627/2219-5238/2017-293-8-24-26 https://elibrary.ru/zevtqt (in Russian)
6. Kalishev M.G., Rogova S.I., Zhaketayeva N.T., Priz V.N., Taliyeva G.N., Yeleusinova G.M. Dynamics of functional state of schoolchildren in the process of educational activity. *Meditina i ekologiya*. 2019; (4): 24–9. https://elibrary.ru/buvxih (in Russian)
7. Zaitseva N.V., Ustinova O.Yu., Luzhetskiy K.P., Maklakova O.A., Zemlyanova M.A., Dolgikh O.V., et al. Risk-associated health disorders occurring in junior schoolchildren who attend schools with higher stress and intensity of educational process. *Health Risk Analysis*. 2017; (1): 62–80. https://doi.org/10.2166/health.risk/2017.1.08 https://elibrary.ru/bqtkk
8. Gracheva A.A., Tomilov V.O., Kolesnikov I.A., Bocharin I.V. Assessment of the functional state of the central nervous system based on the speed of sensorimotor reactions in medical university students. *Resursy konkurentospособности спортсменов: теория и практика реализации*. 2023; (13): 203–5. https://elibrary.ru/tyruis (in Russian)
9. Khrenkova V.V., Abakumova L.V., Gafiyatullina G.Sh. Application of the variation chronoreflexometry method to assess the CNS functional state of preparatory faculty foreign students. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2017; (6): 251. https://elibrary.ru/ynxdzu (in Russian)
10. Lomonosova P.A. Study of the effect of speleotherapy on student performance by variational chronoreflexometry. *Molodezhnyi innovatsionnyi vestnik*. 2023; 12(S2): 375–7. https://elibrary.ru/qsvzmen (in Russian)
11. Shalamova E.Yu., Safonova V.R., Ragozin O.N., Timshina M.A. Correlation of CNS functional state and performance efficiency with cardiovascular system indicators in students of Khanty-Mansiysk state medical academy. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal*. 2017; (3): 149–58. https://doi.org/10.23648/UMB.2017.27.7086 https://elibrary.ru/zgrzhj (in Russian)
12. Barseghyan S.T. Variational chronoreflexometric characteristic of workability of students of northern university. *Nauchnyi meditsinskii vestnik Yugry*. 2022; 32(2): 134–6. https://elibrary.ru/kouzjq (in Russian)
13. Safonova V.R., Shalamova E.Yu. Functional state of CNS and performance highly qualified sportsmen cyclic kinds of sports. *Nauchnyi meditsinskii vestnik Yugry*. 2012; (1–2): 240–4. https://elibrary.ru/tnchsf (in Russian)
14. Akhmedova O.O., Ovezgeldyeva G.O., Grigoryan A.G. Psychophysiological condition of first-year students with different levels of physical activity. *Human Physiology*. 2011; 37(5): 588–93. https://doi.org/10.1134/S0362119711040025 https://elibrary.ru/pebvip
15. Shalamova E.Yu., Safonova V.R., Ragozin O.N., Radysh I.V., Bochkarev M.V. Intersystem interrelations of functional parameters and psychosocial characteristics of students of medical university in the North. *Ekologiya cheloveka*. 2018; (7): 29–35. https://doi.org/10.33396/1728-0869-2018-7-29-35 https://elibrary.ru/xsqtf (in Russian)
16. Moroz M.P. *Express Diagnostics of the Functional State and Working Capacity of a Person. Methodical Manual [Ekspress-diagnostika funktsional'nogo sostoyaniya i rabotosposobnosti cheloveka. Metodicheskoe rukovodstvo]*. Moscow; 2003. (in Russian)
17. Setko N.P., Zhdanova O.M., Setko A.G. Psychophysiological characteristics of the features of the establishment of cognitive functions in senior pupils. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(4): 358–64. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-4-358-364 https://elibrary.ru/sixxn (in Russian)
18. Setko A.G., Bulycheva E.V., Zhdanova O.M. Central nervous system and respiratory system functioning in pupils of higher secondary school preconditioned by intensive educational process. *Nauka i innovatsii v meditsine*. 2021; 6(2): 37–42. https://doi.org/10.35693/2500-1388-2021-6-2-37-42 https://elibrary.ru/lmcjs (in Russian)
19. Setko N.P., Bulycheva E.V., Zhdanova O.M. Features of formation of the functional state of the central nervous system and cognitive abilities in children and adolescents of the school age. *Tikhookeanskii meditsinskii zhurnal*. 2020; (1): 76–9. https://doi.org/10.34215/1609-1175-2020-1-76-79 https://elibrary.ru/irpeif (in Russian)
20. Setko N.P., Bulycheva E.V., Zhdanova O.M. Functional state of the main body systems of students involved in the educational process in the conditions of modern medical support. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(7): 738–44. https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-7-738-744 https://elibrary.ru/ueimbk (in Russian)
21. Theofilou G., Ladakis I., Mavroidi C., Kilintzis V., Mirachtis T., Chouvarda I., et al. The effects of a visual stimuli training program on reaction time, cognitive function, and fitness in young soccer players. *Sensors (Basel)*. 2022; 22(17): 6680. https://doi.org/10.3390/s22176680
22. Reigal R.E., Barrero S., Martín I., Morales-Sánchez V., Juárez-Ruiz de Mier R., Hernández-Mendo A. Relationships between reaction time, selective attention, physical activity, and physical fitness in children. *Front. Psychol.* 2019; 10: 2278. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02278
23. Appelbaum L.G., Erickson G. Sports vision training: a review of the state-of-the-art in digital training techniques. *Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.* 2018; (11): 160–89. https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1266376
24. Fischer M.V., Stone J., Hawkes T.D., Eveland E., Strang A.J. Integrative physical and cognitive training development to better meet airmen mission requirements. *Procedia Manuf.* 2015; (3): 1580–6. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.445
25. Zurek M., Cosmi S., Cicchela A., Roi G.S. Simple and complex reaction time at visual stimulation, before and after a rehabilitation after knee surgery in football players. In: *Poster Presented in XXIV International Conference on Sports Rehabilitation and Traumatology*. London; 2015.
26. Jain A., Bansal R., Kumar A., Singh K.D. A comparative study of visual and auditory reaction times on the basis of gender and physical activity levels of medical first year students. *Int. J. Appl. Basic Med. Res.* 2015; 5(2): 124–7. https://doi.org/10.4103/2229-516x.157168

Сведения об авторах

Сетко Нина Павловна, доктор мед. наук, профессор, зав. каф. профилактической медицины ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России, 460000, Оренбург, Россия.
E-mail: K_epidem.fpdo@orgma.ru

Жданова Олеся Михайловна, ассистент каф. профилактической медицины ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России, 460000, Оренбург, Россия.
E-mail: Robokors@yandex.ru

Сетко Андрей Геннадьевич, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. гигиены питания ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: a_isetko@mail.ru

Information about the authors

Nina P. Setko, DSc (Medicine), Professor, Head of the Department of Preventive Medicine, Orenburg State Medical University, Orenburg, 460000, Russian Federation, https://orcid.org/0000-0002-8073-0614 E-mail: K_epidem.fpdo@orgma.ru

Olesya M. Zhdanova, Assistant at the Department of Preventive Medicine, Orenburg State Medical University, Orenburg, 460000, Russian Federation, https://orcid.org/0000-0003-4694-0674 E-mail: Robokors@yandex.ru

Andrey G. Setko, DSc (Medicine), Professor, Head of the Department of Food Hygiene of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, https://orcid.org/0000-0002-9724-8672 E-mail: a_isetko@mail.ru

К статье Н.П. Сетко и соавт.
To the article by Nina P. Setko et al.

