



Абляева А.В., Фатхутдинова Л.М.

Влияние эргономических параметров школьных рабочих мест на функциональное состояние нервной системы подростков

ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 420012, Казань, Россия

Введение. Современная среда обучения является источником потенциального риска для развития неврологических проблем среди школьников.

Цель исследования — проанализировать влияние эргономических факторов рабочих мест в современной образовательной среде на функциональное состояние нервной системы старших подростков.

Материалы и методы. Дана эргономическая оценка рабочих мест в школе на индивидуальном рабочем месте; изучение субъективных жалоб со стороны нервной системы подростков и сопутствующих факторов при проведении анкетирования школьников и родителей. Показатели функционального состояния нервной системы подростков оценивались при использовании методики М.П. Мороз.

Результаты. Среди подростков высоко распространены жалобы на головную боль. В ходе исследования мы обнаружили, что пребывание в нерациональной рабочей позе увеличивает вероятность появления головных болей среди подростков. Кроме того, нерациональность рабочей позы и несоответствие размеров учебной мебели антропометрическим данным подростков статистически значимо влияют на изменение показателей функционального состояния нервной системы подростков.

Ограничения исследования. К ограничениям исследования следует отнести то, что в исследование включены группы подростков 15–16 лет. Ограничением исследования также является то, что оно носило кросс-секционный характер. Перспективными могут быть исследования, изучающие влияние школьных эргономических факторов на состояние нервной системы школьников в динамике.

Заключение. Для профилактики нарушений нервной системы важно соблюдать эргономические принципы, обучать подростков сохранению рациональной рабочей позы при занятиях в школе.

Ключевые слова: подростки; образовательная среда; эргономика; рабочее место; нервная система; функциональное состояние; головные боли

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России (выписка из протокола № 3 от 26.03.2019 г.).

Для цитирования: Абляева А.В., Фатхутдинова Л.М. Влияние эргономических параметров школьных рабочих мест на функциональное состояние нервной системы подростков. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(12): 1327–1333. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1327-1333> <https://elibrary.ru/hwasib>

Для корреспонденции: Абляева Анастасия Валерьевна, ст. преподаватель каф. гигиены, медицины труда ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, 420012, Казань. E-mail: ablyaeva.av@gmail.com

Участие авторов: Абляева А.В. — сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста; Фатхутдинова Л.М. — руководитель работы, 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 поддержано грантом Международного научного совета для молодых учёных Казанского государственного медицинского университета. Исследование было поддержано программой стратегического академического лидерства Казанского государственного медицинского университета (Приоритет 2030). Исследование поддержано Росмолодежь. Гранты.

Поступила: 30.10.2023 / Принята к печати: 15.11.2023 / Опубликовано: 28.12.2023

Anastasia V. Ablyayeva, Liliya M. Fatkhutdinova

Influence of ergonomic parameters of schoolchildren's workplaces on the functional state of the nervous system in adolescents

Kazan State Medical University, 420012, Kazan, Russian Federation

Introduction. Modern learning environment is a source of potential risk for the development of neurological problems among schoolchildren.

The aim of this study is to analyze the influence of ergonomic factors of workplaces on the functional state of the nervous system in older adolescents in the modern educational environment.

Materials and methods. The ergonomic assessment of workplaces in the school at the individual workplace was given; the study of subjective complaints from the nervous system in adolescents and related factors during the questionnaire survey of schoolchildren and parents. Indicators of the functional state of the nervous system in adolescents were evaluated using the method of M.P. Moroz.

Results. Headache complaints are highly prevalent among adolescents. In the course of the study, we found that staying in an irrational working posture increases the likelihood of headaches among adolescents. In addition, the irrationality of the working posture and the mismatch of the size of educational furniture with the anthropometric data of adolescents, statistically significantly affect the on the change in the indicators of the functional state of the nervous system in adolescents.

Limitations. Limitations of the study include the fact that the study included groups of 15–16-year adolescents. The study is also limited by the fact that it was cross-sectional in nature. Studies investigating the influence of school ergonomic factors on the state of the nervous system of schoolchildren in dynamics may be promising.

Conclusion. To prevent damage to the nervous system, it is important to observe ergonomic principles, teach adolescents to maintain a rational working posture in school.

Keywords: adolescents; educational environment; ergonomics; workplace; nervous system; functional status; headaches

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local ethical committee of the Kazan State Medical University, Ministry of Health Care of Russia (excerpt from protocol no. 3 of March 26, 2019).

For citation: Ablyayeva A.V., Fatkhutdinova L.M. Influence of ergonomic parameters of schoolchildren's workplaces on the functional state of the nervous system in adolescents. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(12): 1327–1333. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-12-1327-1333> <https://elibrary.ru/hwasib> (In Russ.)

For correspondence: Anastasia V. Ablyayeva, Senior Lecturer, Department of Hygiene and Occupational Medicine, Kazan State Medical University, Kazan, 420012, Russian Federation. E-mail: ablyayeva.av@gmail.com

Information about the authors:

Ablyayeva A.V., <https://orcid.org/0000-0001-5597-0694> Fatkhutdinova L.M., <https://orcid.org/0000-0001-9506-563X>

Contribution: Ablyayeva A.V. – material collection and data processing, statistical processing, text writing; Fatkhutdinova L.M. – work supervisor, research concept and design, editing. All co-authors – approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

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

Acknowledgment. The research was supported by a grant from the International Scientific Council for Young Scientists of Kazan State Medical University. The research was supported by the Strategic Academic Leadership Program of Kazan State Medical University (Priority 2030). The research was supported by Rosmolodezh. Grants.

Received: October 30, 2023 / Accepted: November 15, 2023 / Published: December 28, 2023

Введение

В структуре нарушений состояния здоровья школьников, связанных с учебным процессом, наблюдаются функциональные отклонения сердечно-сосудистой, костно-мышечной, пищеварительной, нервной и психической систем, а также нарушения со стороны зрительного анализатора. Существует тенденция к увеличению распространённости этих проблем среди школьников в период обучения от начальных классов к старшим [1–3].

Возрастной период между 14 и 17 годами считается наиболее неблагоприятным для развития патологических процессов для школьно обусловленных функциональных нарушений и хронических заболеваний нервной системы [4–6].

Исследования показывают, что нервные процессы у детей школьного возраста могут быть изменчивыми и зависят от сенсомоторных реакций на психоэмоциональные нагрузки и адаптационно-приспособительных систем организма [7, 8].

Модернизация учебного процесса, не учитывающая особенности психофизиологических возможностей ребёнка, может привести к нарушениям нервной регуляции, когнитивных функций, повышенной тревожности, утомляемости и снижению работоспособности, что в итоге может способствовать формированию психосоматических патологий [8, 9].

В образовательной среде подростки сталкиваются с различными факторами, которые могут влиять на состояние здоровья. Например, увеличение объёма учебной нагрузки, внедрение цифровых технологий в образование, участие в дополнительных образовательных занятиях и недостаток физической активности могут привести к возникновению различных проблем. Эти проблемы могут быть связаны со стрессом, высокими нагрузками на зрительный анализатор и нервно-мышечную систему [3, 5, 6, 10, 11].

Возникновение патологических процессов нервной системы может быть связано с различными факторами. Эти факторы включают стрессовые ситуации и нестабильное эмоциональное состояние, которые могут вызывать сосудистые спазмы. Умственная нагрузка, особенно в экзаменационный период, а также длительное нарушение режима дня и недостаток отдыха могут способствовать возникновению функциональных нарушений. Заболевания шейного отдела позвоночника и неправильное положение тела во время обучения могут приводить к сдавливанию нервов и сосудов, которые проходят к голове. Вегетососудистая дисфункция, характеризующаяся повышенной реактивностью нервной системы, может проявляться различными соматическими симптомами, включая головные боли. Интенсивные физические нагрузки могут приводить к дефициту микроэлементов и вызывать слабость и боли в голове [12–17].

Часть исследований сфокусирована на изучении влияния факторов образовательной среды, таких как цифровизация обучения, низкая физическая активность и увеличение учебной нагрузки, на состояние нервной системы подрост-

ков [10–12]. Однако недостаточно данных, подтверждающих связь между нерациональной рабочей позой подростков в школе и показателями функционального состояния нервной системы старшеклассников [18, 19]. Кроме того, в исследованиях редко учитывается влияние этих факторов на наличие субъективных жалоб со стороны нервной системы и одновременно на показатели функционального состояния нервной системы подростков [20]. При этом оценка состояния нервной системы часто затруднена из-за отсутствия жалоб у подростков.

Таким образом, изучение нарушений развития нервной системы во время школьного обучения является важным вопросом. Особое внимание следует уделять эргономическим параметрам рабочих мест в современной образовательной среде, так как они влияют на состояние здоровья подростков на протяжении всего периода обучения, а также учитывать проявления субъективных нарушений и функционального состояния нервной системы подростков.

Цель работы – оценить влияние эргономических параметров рабочих мест современной образовательной среды на функциональное состояние нервной системы школьников старшего подросткового возраста.

Материалы и методы

В исследование были включены школьники (15–16 лет) обоего пола из 9-х и 10-х классов гимназии г. Казани. Перед началом исследования 138 родителей подростков подписали информированное согласие на участие в исследовании.

По результатам расчётов рекомендуемого объёма выборки с помощью программного пакета G*Power численность выборочной совокупности для данного исследования составила 120 человек [21, 22].

Критериями включения в исследование являлись подростковый возраст (15–16 лет), обучение в 9–10-х классах общеобразовательной организации г. Казани, наличие информированного согласия родителей, заполнение анкеты. К критериям исключения относились травмы и оперативные вмешательства в анамнезе за последний год; наличие инвалидности (V группа здоровья), хронические заболевания нервной системы.

На этапе анкетирования 8 подростков выбыли из исследования. Всего в исследовании приняли участие 125 подростков (90% участия), из них 49,6% – мальчики, 50,4% – девочки. Среди подростков 12,2% относились к I группе здоровья по данным медицинских карт, 34,2% – ко II группе, 50,9% – к III группе и 2,7% – к IV группе здоровья. В структуре хронических заболеваний обследуемых подростков по данным медицинский карт первые пять ранговых мест принадлежали заболеваниям пищеварительного тракта, органов дыхания, болезням кожи и подкожной клетчатки, болезням глаза и его придаточного аппарата, заболеваниям костно-мышечной системы.

Таблица 1 / Table 1

Эргономическая характеристика школьных рабочих мест подростков 15–16 лет ($n = 125$)
Ergonomic characterization of school workplaces for adolescents' 15–16 years ($n = 125$)

Параметры (рекомендуемые соответствия/значения) Parameters (recommended concordances/values)	Соответствует, % (95% ДИ) Corresponds to, % (95% CI)	Не соответствует, % (95% ДИ) Fails to correspond, % (95% CI)
<i>Соответствие размеров рабочих мест в школе антропометрическим параметрам подростков</i> <i>Correspondence of the size of workspaces in the school to the anthropometric parameters of adolescents</i>		
Высота стола – высота локтя (± 3 см) / Table height – elbow height (± 3 см)	90.6 (83.3–95.4)	9.4 (4.60–16.7)
Высота стула – высота подколенной ямки (± 3 см) Chair height – the height of the popliteal fossa (± 3 см)	65.1 (55.2–74.1)	34.9 (25.9–44.8)
Глубина стула – длина бедра ($2/3$ длины бедра) Chair depth – thigh length ($2/3$ thigh length)	54.7 (44.8–64.4)	45.3 (35.6–55.2)
<i>Гониометрические параметры рабочих поз подростков</i> <i>Goniometric parameters of working poses of adolescents</i>		
Коленный угол / Knee angle (75–105°)	30.4 (21.7–40.3)	69.6 (59.7–78.3)
Голеностопный угол / Ankle angle (75–105°)	55.9 (45.7–65.7)	44.1 (34.3–54.3)
Наклон шеи / Neck tilt (26–51°)	44.1 (34.3–54.3)	55.9 (45.7–65.7)
Наклон грудной области / Thoracic region tilt angle (41–62°)	61.8 (51.6–71.2)	38.2 (28.8–48.4)
Наклон корпуса / Body tilt angle (85–100°)	41.1 (32.1–53.3)	51.9 (47.5–62.9)

Исследование проводилось в течение одного учебного года, все исследования проводились после периода вработывания с октября по ноябрь, то есть в период устойчивой работоспособности, одновременно в каждом классе. Этапы исследования включали в себя: 1-й этап – эргономическая характеристика школьных рабочих мест подростков; 2-й этап – анкетирование школьников по выявлению жалоб со стороны нервной системы и выявлению сопутствующих факторов; 3-й этап – оценка показателей функционального состояния нервной системы школьников с помощью методики М.П. Мороз; 4-й этап – анкетирование родителей для определения наличия сопутствующих факторов.

На первом этапе исследования проводилась эргономическая оценка школьных рабочих мест подростков, в ходе которой определяли соответствие размеров учебной мебели антропометрическим данным подростков и соответствие показателей гониометрических углов рабочей позы подростков рекомендованным диапазонам значений с применением фотогониометрического метода. При выборе методов оценки школьных рабочих мест основывались на эргономических принципах, принятых в международной практике [23, 24].

Помимо эргономических параметров для оценки наличия сопутствующих факторов применялся хронометражно-табличный метод, с помощью которого определяли время, проводимое в школе, на дополнительных занятиях, время, отводимое ребёнком на подготовку домашнего задания, на физическую активность, на пребывание на свежем воздухе. Также было проведено анкетирование родителей для характеристики условий жизни ребёнка. Все показатели были использованы в качестве кофакторов при построении моделей многофакторной логистической регрессии [23–25].

При проведении анкетирования среди школьников оценивалось наличие субъективных жалоб со стороны нервной системы за последние 12 мес: головная боль, приём медицинских препаратов для устранения головных болей, головокружение, обмороки, чувство повышенной утомляемости, ощущение сердцебиения/пульсации, «перебои» сердца.

Для характеристики условий жизни ребёнка было проведено анкетирование родителей, с помощью которого выяснялись следующие сопутствующие факторы: состав семьи

(полная/неполная), наличие отдельной комнаты (да/нет), наличие личного рабочего места ребёнка дома (да/нет), наличие личного компьютера, планшета (да/нет), наличие хронических заболеваний со стороны нервной системы (да/нет). Перечисленные показатели были использованы в качестве кофакторов и учитывались при построении моделей многофакторной логистической регрессии.

Оценка работы нервной системы у подростков проводилась с использованием специального компьютерного теста – методики М.П. Мороз, основанной на методе вариационной хронорефлексографии. С помощью методики можно автоматически определить три основных показателя функционального состояния нервной системы: функциональный уровень нервной системы (ФУС), устойчивость реакции нервной системы (УР) и уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы (УФВ). Этот тест можно применять для детей, достигших 7-летнего возраста. Результаты теста обрабатываются автоматически и предоставляются в виде протокола [26].

Статистический анализ проводился с применением критериев однофакторного анализа (отношения шансов (ОШ) с 95%-ми доверительными интервалами (ДИ) и хи-квадрат), а также путём построения моделей простой логистической и многофакторной логистической регрессии (методом исключения) с помощью программного пакета R [27].

Результаты

При проведении эргономической оценки образовательной среды были выявлены проблемы, связанные с организацией рабочих мест подростков в школе (табл. 1).

При проведении исследования было выяснено, что 70,8% школьных рабочих мест не соответствовали антропометрическим параметрам школьников по хотя бы одному из параметров. Кроме того, при применении метода фотогониометрии для оценки рабочих поз было обнаружено, что среди 80,4% подростков школьные рабочие позы не соответствуют рекомендуемым значениям по хотя бы одному из параметров, которые были изучены. Наибольшая часть несоответствий наблюдалась в отклонении коленного угла (69,6%) и угла наклона шеи (55,9%).

Таблица 2 / Table 2

Распространённость жалоб со стороны нервной системы подростков 15–16 лет ($n = 125$)
Prevalence of nervous system complaints in 15–16 years in adolescents ($n = 125$)

Жалобы со стороны нервной системы подростков Adolescent nervous system complaints	Распространённость, % (95% ДИ) Prevalence, % (95% CI)
Головная боль за последние 12 мес / Headache over the past 12 months	72.0 (60.9–81.3)
Приём медицинских препаратов для устранения головных болей за последние 12 мес Receiving medications for headaches in the past 12 months	59.8 (48.3–70.4)
Головокружение за последние 12 мес / Dizziness during the last 12 months	48.8 (37.6–66.1)
Обмороки за последние 12 мес / Fainting spells for the last 12 months	51.2 (39.9–62.4)
Чувство повышенной утомляемости за последние 12 мес / Feeling of increased fatigue for the last 12 months	8.5 (3.5–16.8)
Ощущение сердцебиения/пульсации, «перебой» сердца за последние 12 мес Feeling of heart palpitations/pulsations, "heart palpitations" during the last 12 months	64.6 (53.3–74.3)

Таблица 3 / Table 3

Показатели функционального состояния нервной системы подростков
Indicators of the functional state of the nervous system in adolescents

Показатель Indicators	Физиологическая норма (15–17 лет) Physiological norm (15–17 years)	Результаты исследования (15–16 лет) Study results (15–16 years)
Функциональный уровень нервной системы (ФУС) Functional level of the nervous system (FLNS)	2.6 ± 0.03	2.09 ± 0.26*
Уровень нервной реакции (УР) / Nerve response level (NRL)	1.4 ± 0.02	0.69 ± 0.66*
Уровень функциональных возможностей (УФВ) Level of functional capacities (LFC)	2.7 ± 0.03	1.69 ± 0.74*

Примечание. * – $p \leq 0,05$ при сравнении результатов исследования с физиологической нормой.
 Note: * – $p \leq 0.05$ when comparing the study results with the physiological norm.

При несоответствии высоты стула антропометрическим данным подростков статистически значимо чаще наблюдались отклонения наклона грудной области позвоночника от оптимальных диапазонов значений ($\chi^2(1) = 4,92; p = 0,02$), а также при несоответствии учебной мебели в целом статистически значимо чаще наблюдались отклонения грудной области позвоночника от оптимальных диапазонов значений ($\chi^2(1) = 3,68; p = 0,05$).

Отклонение наклона грудной области позвоночника от оптимальных диапазонов значений статистически значимо чаще наблюдалось при возникновении несоответствия высоты стула антропометрическим данными подростков ($\chi^2(1) = 4,92; p = 0,02$) и при несоответствии учебной мебели росту ребенка в целом ($\chi^2(1) = 3,68; p = 0,05$).

Далее в исследовании изучалось наличие субъективных жалоб со стороны нервной системы подростков за последние 12 мес. Распространённость жалоб со стороны нервной системы подростков (табл. 2).

В основном подростки отмечали жалобы на головную боль за последние 12 мес – 72%, при этом 59,8% принимали медицинские препараты для устранения этих болей.

Показатели функционального состояния центральной нервной системы у подростков 15–16 лет оказались достоверно ниже физиологической нормы по всем трём показателям – ФУС, УР, УФВ (табл. 3).

Результаты статистического анализа были представлены в виде отношений шансов (95% ДИ), полученных при построении многофакторной логистической регрессии с учётом потенциальных факторов влияния – кофакторов. На рис. 1 и 2 представлены модели, в которых регрессионные коэффициенты соответствующих экспозиционных переменных оказались статистически значимыми.

Результаты статистического анализа показали существенное статистически значимое увеличение вероятности возникновения жалоб на головную боль за последние 12 мес у подростков при отклонении наклона шеи и наклона грудной области позвоночника от оптимальных диапазонов значений. Отношение шансов здесь составило от 13,23 до 14,03 соответственно.

В результате дальнейшего анализа было выявлено статистически значимое влияние отклонения показателей, свидетельствующих о нерациональности рабочей позы подростков, от оптимальных диапазонов значений, а также несоответствия размеров учебной мебели антропометрическим данным подростков на функциональное состояние нервной системы. Отношение шансов составило от 1,31 для функционального уровня нервной системы до 1,89 для уровня функциональных возможностей.

В окончательные регрессионные модели, представленные на рис. 1 и 2 и описывающие взаимосвязь показателей функционального состояния нервной системы подростков и эргономических параметров, вошли только переменные, описывающие отклонения гониометрических углов от оптимальных диапазонов значений (да/нет) и несоответствия размеров учебной мебели антропометрическим данным подростков, за исключением уровня функциональных возможностей (переменная «время занятий в школе» присутствовала в данной модели в качестве статистически значимого кофактора, отношение шансов для данной переменной составило 1,05 (1,02–1,08)). В остальных моделях ни один из изучаемых кофакторов не показал статистически значимой зависимости для показателей функционального состояния нервной системы.

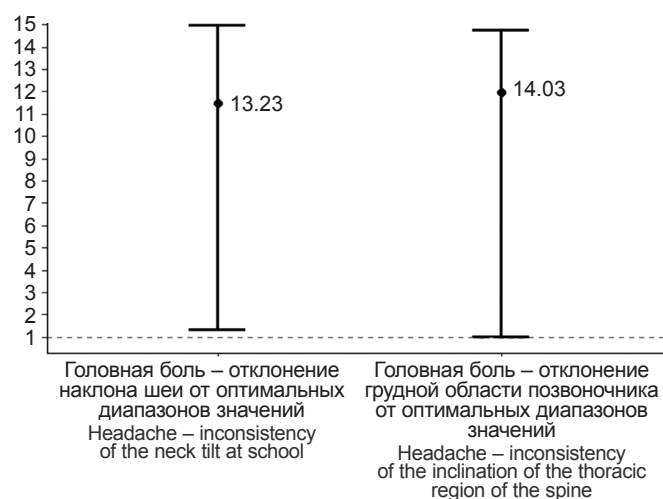


Рис. 1. Отношения шансов развития жалоб (ОШ 95% ДИ) на головную боль при несоответствии гониометрических показателей оптимальным диапазонам значений суставных углов (15–16 лет).

Fig. 1. Odds ratios of complaints (95% CI) of headache when goniometric parameters do not correspond to optimal ranges of articular angles in the group of younger adolescents (15–16 years).

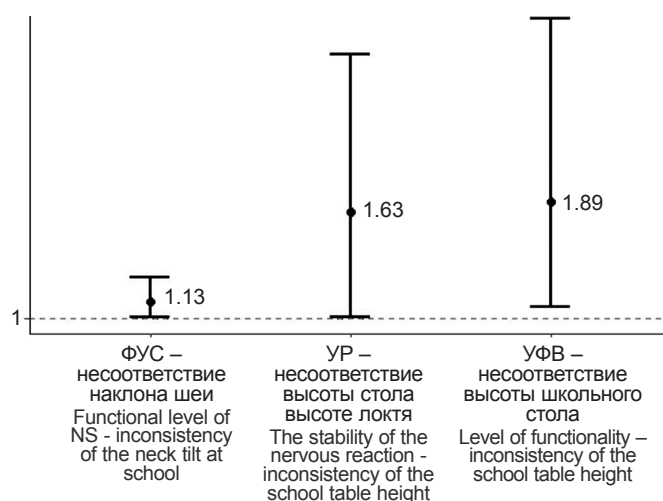


Рис. 2. Отношения шансов (ОШ 95% ДИ) изменений функционального состояния нервной системы при несоответствии эргономических параметров школьных рабочих мест оптимальным диапазонам значений (15–16 лет).

Fig. 2. Odds ratios (OR 95% CI) of changes in the functional state of the nervous system when ergonomic parameters of school workplaces do not correspond to optimal ranges (15–16 years old).

Обсуждение

Функциональные расстройства нервной системы у школьников проявляются головными болями, невротическими и астеническими реакциями, вегетососудистой дисфункцией [8, 12, 15, 20]. При этом, по данным авторов, распространённость головных болей у школьников старшего подросткового возраста составляет 57–82% [14, 28]. В настоящем исследовании было выявлено, что 72% подростков 15–16 лет хотя бы раз испытывали головную боль за последние 12 мес, при этом 59,8% принимали лекарственные препараты для устранения головной боли.

Современная образовательная среда характеризуется большим объёмом учебной нагрузки, занятостью дополнительным образованием, снижением физической активности среди школьников, увеличением доли использования средств

отображения информации в учебном процессе и в свободное время, несоблюдением гигиенических и эргономических требований рабочих мест [3, 6, 10, 11, 15, 20, 25]. При оценке влияния показателей, характеризующих нерациональность рабочей позы подростков во время занятий в школе, выявлено, что отклонение наклона головы и отклонение наклона грудной области позвоночника от оптимальных диапазонов значений увеличивали вероятность возникновения головных болей в 13,23 и 14,03 раза соответственно. Отклонение грудной области позвоночника от оптимальных диапазонов значений может приводить к пониженному газообмену в лёгких, а отклонение наклона шеи от оптимальных диапазонов значений – к сдавливанию сосудов шеи, что в свою очередь может приводить к кислородному голоданию головного мозга [14, 16, 28]. В результате длительного пребывания в таком положении при занятиях в школе в сочетании с продолжительной умственной нагрузкой подросток может испытывать усталость, напряжение и головную боль.

Результаты нашего исследования показали, что показатели функционального состояния нервной системы (ФУС, УР, УФВ) подростков значительно ниже показателей физиологической нормы для данной возрастной группы. В другом исследовании также сообщалось о снижении ФУС и УР подростков в возрасте 15–17 лет, однако показатели УФВ соответствовали физиологической норме [20]. Различия в данных по уровню функциональных возможностей сформированной функциональной системы для подростков могут быть связаны с разной интенсивностью нагрузок, типом исследуемых общеобразовательных организаций или временем проведения исследований (начало или конец учебного года), так как этот показатель свидетельствует об адаптации нервной системы и тренированности нервных процессов при напряжённой учебной нагрузке и характеризует уровень работоспособности нервной системы. Общее снижение всех показателей функционального состояния нервной системы школьников, возможно, связано с высокой интенсивностью учебной нагрузки в сочетании с дополнительным образованием, учащаяся, что исследование проводилось в гимназии и принимали участие в нём обучающиеся 9–10-х классов, а также вероятное влияние имеет цифровизация всех сфер жизни современных подростков в сочетании с низким уровнем физической активности и пребывания на свежем воздухе [3, 5, 7–10].

Длительное пребывание в вынужденной рабочей позе сидя в сочетании с несоблюдением эргономических параметров приводит к нерациональной рабочей позе подростков [18, 19, 24]. В настоящем исследовании было обнаружено, что показатели функционального состояния нервной системы подростков снижаются при несоответствии размеров учебной мебели антропометрическим данным школьников. Например, при несоответствии высоты стола высоте локтя подростков устойчивость реакции и уровень функциональных возможностей снижаются в 1,81 и 1,89 раза соответственно. Это объясняется тем, что ранние изменения в функционировании нервной системы приводят к нарушению стабильности и устойчивости нервных процессов. Это отражается в значении критерия устойчивости реакции, который является показателем уровня концентрации внимания, устойчивости и стабильности нервной системы [7, 8]. При этом ФУС представляет собой индикатор, который отражает текущее функциональное состояние нервной системы подростков, а также позволяет оценить степень развития утомления под влиянием факторов окружающей среды. В проведённом исследовании изменения показателя ФУС, возможно, могут быть связаны с влиянием несоответствия размеров учебной мебели антропометрическим данным подростков.

Заключение

В образовательной среде формируются биомеханические факторы риска из-за длительного положения сидя, что приводит к повышению механической нагрузки на позвоночник, а также при фиксированном положении головы происходит

снижение активности вестибулярной системы. Все эти факторы приводят к увеличению риска возникновения головных болей среди подростков, а также снижению уровня показателей, характеризующих функциональное состояние нервной системы школьников старшего подросткового возраста.

Таким образом, эргономические параметры школьных рабочих мест и нерациональность рабочей позы подростков в совокупности с факторами, характеризующими режим дня школьников (время пребывания в школе, физическая активность, прогулки на свежем воздухе), оказывают существенное влияние на состояние нервной системы подростков. В современной образовательной среде необходимо учиты-

вать динамику умственной работоспособности при организации занятий. Это включает в себя учёт особенностей восприятия информации, создание условий для поддержания устойчивой концентрации внимания и поддержание работоспособности при первых признаках утомления. Один из эффективных способов снижения уровня усталости школьников заключается в использовании методов, стимулирующих физическую активность во время учебного процесса. Учитывая неблагоприятное воздействие нерациональности рабочей позы на состояние нервной системы подростков, важно обучать школьников поддержанию рабочей позы в зависимости от вида деятельности.

Литература

(п.п. 1, 2, 11, 21–23, 27 см. References)

- Кучма В.Р., Сухарева Л.М., Рапопорт И.К., Шубочкина Е.И., Скоблина Н.А., Милушкина О.Ю. Популяционное здоровье детского населения, риски здоровью и санитарно-эпидемиологическое благополучие обучающихся: проблемы, пути решения, технологии деятельности. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(10): 990–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995> <https://elibrary.ru/zwsrur>
- Рапопорт И.К., Кучма В.Р., ред. *Физическое развитие и состояние здоровья детей и подростков в школьном онтогенезе (лонгитудинальное исследование)*. М.: Научная книга; 2021. <https://elibrary.ru/lwxfw>
- Кучма В.Р., Поленова М.А., Степанова М.И. Информатизация образования: медико-социальные проблемы, технологии обеспечения гигиенической безопасности обучающихся. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 903–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-903-909> <https://elibrary.ru/qjbmcc>
- Кучма В.Р., Рапопорт И.К., Сухарева Л.М., Скоблина Н.А., Седова А.С., Чубаровский В.В. и др. Здоровье детей и подростков в школьном онтогенезе как основа совершенствования системы медицинского обеспечения и санитарно-эпидемиологического благополучия обучающихся. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2021; 65(4): 325–33. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333> <https://elibrary.ru/qsjgdo>
- Маклакова О.А., Валина С.Л., Штина И.Е., Эйсфельд Д.А. Возрастные аспекты риска развития патологии нервной системы у учащихся гимназии. *Анализ риска здоровью*. 2021; (4): 74–81. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.08> <https://elibrary.ru/ikdhdg>
- Булычева Е.В., Сетко Н.П., Мокеева М.М., Бейлина Е.Б. Особенности функционального состояния центральной нервной системы у современных школьников. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2021; (3): 27–33. <https://elibrary.ru/vrbeza>
- Чубаровский В.В., Лабутьева И.С., Кучма В.Р. Пограничные психические расстройства у обучающихся подростков: распространенность, факторы риска, основы психогигиены. *Российский педиатрический журнал*. 2018; 21(3): 161–7. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2018-21-3-161-167> <https://elibrary.ru/uvqark>
- Александрова И.Э. Гигиеническая оптимизация учебного процесса в школе в условиях использования электронных средств обучения. *Анализ риска здоровью*. 2020; (2): 47–54. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.05> <https://elibrary.ru/pplcblu>
- Криволапчук И.А., Чернова М.Б., Мышьяков В.В. Функциональное состояние подростков в 15–16 лет при когнитивных нагрузках разной интенсивности. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2022; 72(2): 201–16. <https://doi.org/10.31857/S0044467722020071> <https://elibrary.ru/flvvey>
- Киреев Д.Д., Решетова С.В., Ильинский А.А., Порвина О.В., Дружинина Т.В., Олейникова В.М. и др. Исследование психофизиологического состояния центральной нервной системы с использованием Системы контроля уровня стресса (СКУС) у подростков в возрасте 15–17 лет. *Смоленский медицинский альманах*. 2020; (2): 80–4. <https://doi.org/10.37903/sma.2020.2.15> <https://elibrary.ru/sqkfmq>
- Головачева В.А., Головачева А.А., Антоненко Л.М. Мигрень у детей и подростков: современные принципы диагностики и лечения. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2021; 13(6): 111–6. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-6-111-116> <https://elibrary.ru/sskgow>
- Ефимова Н.В., Мыльников И.В. О влиянии факторов окружающей среды и образа жизни на формирование синдрома вегетативной дисфункции у школьников. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1): 76–81. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-76-81> <https://elibrary.ru/ywahhf>
- Рапопорт И.К., Цамерян А.П. Особенности формирования невропсихических расстройств и нарушений зрения у московских учащихся в процессе обучения в школе. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2019; (5): 20–7. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-314-5-20-27> <https://elibrary.ru/yymguu>
- Костюченко Ю.Р., Потупчик Т.В., Эwert О.В., Чудинова Л.С. Уровень стрессового напряжения у подростков с функциональными соматическими расстройствами. *Методы коррекции*. 2023; 34(1): 73–81. <https://doi.org/10.29296/25877305-2023-01-16>
- Храмцов П.И., Березина Н.О. Состояние здоровья младших школьников, обучающихся в режиме динамических поз. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНУСО*. 2020; (4): 18–23. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-18-23> <https://elibrary.ru/bwbeqh>
- Саргош О.Д., Четверикова О.П., Катрушов А.В. Гигиеническое нормирование школьной мебели как составляющая парадигмы профилактики нарушения осанки ребенка. *Здоровье человека, теория и методика физической культуры и спорта*. 2019; (2): 91–6. <https://elibrary.ru/ewjkw>
- 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): 37–42. <https://doi.org/10.35693/2500-1388-2021-6-2-37-42> <https://elibrary.ru/llmcjs>
- Абляева А.В., Миначева А.И., Фатхудинова Л.М. Влияние эргономики рабочих мест школьников на возникновение костно-мышечного дискомфорта. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(12): 1548–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1548-1554> <https://elibrary.ru/lmmspa>
- Абляева А.В., Миначева А.И., Фатхудинова Л.М. Влияние физической активности на функциональное состояние организма подростков. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2022; 11(125): 59. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.4> <https://elibrary.ru/rfxbzx>
- Иматон. Вариационная хронорефлексометрия. Диагностика функционального состояния и прогноз работоспособности. Методика М.П. Мороз. Available at: <https://imaton.com/catalog/variacionnaya-hronorefleksometriya/>
- Есин О.Р. Эпидемиология хронической боли у детей и подростков. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2018; 118(5–2): 20–4. <https://doi.org/10.17116/jnevro20181185220> <https://elibrary.ru/lyiglj>

References

- Patton G.C., Sawyer S.M., Santelli J.S., Ross D.A., Afifi R., Allen N.B., et al. Our future: a Lancet commission on adolescent health and wellbeing. *Lancet*. 2016; 387(10036): 2423–78. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(16\)00579-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(16)00579-1)
- GBD Compare. VizHub; 2023. Available at: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>
- Kuchma V.R., Sukhareva L.M., Rapoport I.K., Shubochkina E.I., Skoblina N.A., Milushkina O.Yu. Population health of children, risks to health and sanitary and epidemiological wellbeing of students: problems, ways of solution and technology of the activity. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(10): 990–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-10-990-995> <https://elibrary.ru/zwsrur> (in Russian)
- Rapoport I.K., Kuchma V.R., eds. *Physical Development and Health Status of Children and Adolescents in School Ontogenesis (Longitudinal Study) [Fizicheskoe razvitiye i sostoyaniye zdorov'ya detey i podrostkov v shkol'nom ontogeneze (longitudinal'noe issledovanie)]*. Moscow: Nauchnaya kniga; 2021. (in Russian)
- Kuchma V.R., Polenova M.A., Stepanova M.I. Informatization of education: medical and social problems, technologies for hygienic safety students training. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 903–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-903-909> <https://elibrary.ru/qjbmcc> (in Russian)
- Kuchma V.R., Rapoport I.K., Sukhareva L.M., Skoblina N.A., Sedova A.S., Chubarovskiy V.V., et al. The health of children and adolescents in school ontogenesis as a basis for improving the system of school health care and sanitary-epidemiological wellbeing of students. *Zdravookhraneniye Rossiyskoy Federatsii*. 2021; 65(4): 325–33. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2021-65-4-325-333> <https://elibrary.ru/qsjgdo> (in Russian)
- Maklakova O.A., Valina S.L., Shtina I.E., Eysfeldt D.A. Age-related aspects in risk of developing nervous system pathology in gymnasium students. *Analiz riska zdorov'yu*. 2021; (4): 74–81. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.08> <https://elibrary.ru/kgtowr>

Original article

8. Bulycheva E.V., Setko N.P., Mokeeva M.M., Beylina E.B. Features of the functional state of the central nervous system in modern schoolchildren. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2021; (3): 27–33. <https://elibrary.ru/vrbeza> (in Russian)
9. Chubarovskiy V.V., Labut'eva I.S., Kuchma V.R. Border mental disorders in training teenagers: prevalence, risk factors, foundations of psychohygiene. *Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2018; 21(3): 161–7. <https://doi.org/10.18821/1560-9561-2018-21-3-161-167> <https://elibrary.ru/uvqark> (in Russian)
10. Aleksandrova I.E. Hygienic optimization of educational process at school involving massive use of electronic learning devices. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; (2): 47–54. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.2.05> <https://elibrary.ru/pplcbu> (in Russian)
11. Garcia J.M., Huang T.T., Trowbridge M., Weltman A., Sirard J.R. Comparison of the effects of stable and dynamic furniture on physical activity and learning in children. *J. Prim. Prev.* 2016; 37(6): 555–60. <https://doi.org/10.1007/s10935-016-0451-6>
12. Krivolapchuk I.A., Chernova M.B., Mysh'yakov V.V. Physiological indexes of functional capacities in adolescents aged 15–16 years during cognitive activity of various loads. *Zhurnal vysshey nervnoy deyatelnosti im. I.P. Pavlova*. 2022; 72(2): 201–16. <https://doi.org/10.31857/S0044467722020071> <https://elibrary.ru/flvvey> (in Russian)
13. Kireev D.D., Reshetova S.V., Il'inskiy A.A., Porvina O.V., Druzhinina T.V., Oleynikova V.M., et al. Research of the psychophysiological state of the central nervous system using the stress level control system (SLCS) in teenagers of 15–17 years old. *Smolenskiy meditsinskiy al'manakh*. 2020; (2): 80–4. <https://doi.org/10.37903/sma.2020.2.15> <https://elibrary.ru/sqkmfq> (in Russian)
14. Golovacheva V.A., Golovacheva A.A., Antonenko L.M. Migraine in children and adolescents: modern principles of diagnosis and treatment. *Nevrologiya, neyropsikhiatriya, psikhosomatika*. 2021; 13(6): 111–6. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2021-6-111-116> <https://elibrary.ru/sskgow> (in Russian)
15. Efimova N.V., Myl'nikova I.V. On the question of the impact of environmental factors and lifestyle on the formation of the syndrome of autonomic dysfunction in school children. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(1): 76–81. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-76-81> <https://elibrary.ru/ywvwhh> (in Russian)
16. Rapoport I.K., Tsameryan A.P. Peculiarities of forming nervo-mental disorders and visual impairment among moscow students during the learning process at school. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2019; (5): 20–7. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-314-5-20-27> <https://elibrary.ru/yymguu> (in Russian)
17. Kostyuchenko Yu.R., Potupchik T.V., Evert O.V., Chudinova L.S. Level of stress in adolescents with functional somatic disorders. Correction methods. *Vrach*. 2023; 34(1): 73–81. <https://doi.org/10.29296/25877305-2023-01-16> (in Russian)
18. Khramtsov P.I., Berezina N.O. Health status of primary school children studying in dynamic postures. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (4): 18–23. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-18-23> <https://elibrary.ru/bwbeqh> (in Russian)
19. Sargosh O.D., Chetverikova O.P., Katrushov A.V. Hygienic normalization of school furniture as a component of paradigms of prevention of breach of a child. *Zdorov'e cheloveka, teoriya i metodika fizicheskoy kul'tury i sporta*. 2019; (2): 91–6. <https://elibrary.ru/ewjkc> (in Russian)
20. 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/llmcjs> (in Russian)
21. Faul F., Erdfelder E., Lang A.G., Buchner A. G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behav. Res. Methods*. 2007; 39(2): 175–91. <https://doi.org/10.3758/bf03193146>
22. Faul F., Erdfelder E., Buchner A., Lang A.G. Statistical power analyzes using G*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav. Res. Methods*. 2009; 41(4): 1149–60. <https://doi.org/10.3758/bm.41.4.1149>
23. International Labor Office. Ergonomic checkpoints: Practical and easy-to-implement solutions for improving safety, health and working conditions. Geneva; 2010. Available at: https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/resources-library/publications/WCMS_178593/lang-en/index.htm
24. Abylaeva A.V., Minacheva A.I., Fatkhudinova L.M. Influence of ergonomics of schoolchildren's workplaces on the occurrence of musculoskeletal discomfort. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(12): 1548–54. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-12-1548-1554> <https://elibrary.ru/lmmspa> (in Russian)
25. Abylaeva A.V., Minacheva A.I., Fatkhudinova L.M. The influence of physical activity on the functional state of the body of teenagers. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*. 2022; 11(125): 59. <https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.125.4> <https://elibrary.ru/rfxbzx> (in Russian)
26. Imaton. Variational chronoreflexometry. Diagnosis of the functional state and prognosis of working capacity. The method of M.P. Moroz. Available at: <https://imaton.com/catalog/variacionnaya-hronorefleksometriya/> (in Russian)
27. Rmarkdown. Dynamic Documents for R; 2022. Available at: <https://rmarkdown.rstudio.com/docs/>
28. Esin O.R. The epidemiology of chronic pain in children and adolescents. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2018; 118(5–2): 20–4. <https://doi.org/10.17116/jnevro20181185220> <https://elibrary.ru/lyiglj> (in Russian)