



Научная статья

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ У ШКОЛЬНИКОВ БОЛЕЗНЕЙ КОСТНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ КОМПЛЕКСНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ФАКТОРОВ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ И ОБРАЗА ЖИЗНИ

С.Л. Валина¹, И.Е. Штина¹, О.А. Маклакова^{1,2}, О.Ю. Устинова^{1,2}, Д.А. Эйфельд¹

¹Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения, Россия, 614045, г. Пермь, ул. Монастырская, 82

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Актуальность исследования обусловлена высокой распространенностью и социальной значимостью заболеваний костно-мышечной системы, а также многообразием этиологических факторов, приводящих к развитию данной патологии у школьников. Обследовано 339 обучающихся средней общеобразовательной школы (СОШ) и гимназии, расположенных на территориях с различным уровнем санитарно-гигиенического состояния атмосферного воздуха. Для решения задач исследования были использованы гигиенические, клинико-лабораторные и инструментальные методы, математическая обработка данных. Оценка среднесуточных продуктовых наборов проводилась по данным «Дневников питания школьника за одну неделю», отдельных факторов образа жизни – по данным авторской анкеты. У учащихся СОШ, расположенной в городе с размещением производства строительных металлоизделий, концентрация в крови марганца на 8,0–9,0 %, свинца в 1,9–2,2 раза выше показателей групп сравнения и до 1,7 раза – фонового уровня. Приоритетными факторами, оказывающими негативные эффекты в виде болезней костно-мышечной системы, являются отсутствие чередования различных по сложности предметов в расписании уроков, нарушение регламентации перемен, несбалансированность продуктового набора по молочным продуктам и яйцу, уменьшение регулярности занятий физкультурой и спортом, увеличение времени выполнения домашних заданий. Среднее содержание ионизированного кальция в крови школьников было ниже на 9,0–14,0 %, а кортизола в 1,3–1,5 раза выше показателей гимназистов ($p = 0,0001–0,01$). Сниженная минеральная плотность костной ткани встречалась у обучающихся СОШ в 1,6 раза чаще ($p = 0,04$). В условиях устойчивой экспозиции свинца и марганца, нарушения гигиенических принципов организации учебного процесса и структуры питания, недостаточной физической активности школьников вероятность развития болезней костно-мышечной системы увеличивается в 4,6–15 раз, сколиоза – в 8–11 раз. Основными этиопатогенетическими закономерностями развития у обучающихся хронической патологии костно-мышечной системы, ассоциированной с особенностями воздействия факторов риска среды обитания и образа жизни, являются изменение клеточного метаболизма, активация стресс-реализующей системы, снижение костной массы.

Ключевые слова: болезни костно-мышечной системы, школьники, факторы окружающей среды, образовательный процесс, питание, образ жизни, причинно-следственные закономерности.

© Валина С.Л., Штина И.Е., Маклакова О.А., Устинова О.Ю., Эйфельд Д.А., 2021

Валина Светлана Леонидовна – кандидат медицинских наук, заведующий отделом гигиены детей и подростков (e-mail: valina@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Штина Ирина Евгеньевна – кандидат медицинских наук, заведующий лабораторией комплексных проблем здоровья детей с клинической группой медико-профилактических технологий управления рисками здоровья населения (e-mail: shtina_irina@mail.ru; тел.: 8 (342) 237-27-92; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Маклакова Ольга Анатольевна – доктор медицинских наук, заведующий консультативно-поликлиническим отделением; доцент кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-80-98; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9574-9353>).

Устинова Ольга Юрьевна – доктор медицинских наук, заместитель директора по клинической работе; профессор кафедры экологии человека и безопасности жизнедеятельности (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-32-64; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Эйфельд Дарья Александровна – кандидат биологических наук, заместитель директора по общим вопросам (e-mail: eisfeld@fcrisk.ru; тел.: 8 (342) 236-77-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>).

Состояние здоровья детей и подростков является интегральным показателем и критерием социально-экономического благополучия общества и государства в целом [1]. Выявление основных тенденций формирования нарушений здоровья современных школьников под влиянием гигиенических, биологических, эпидемиологических факторов является в настоящее время важным направлением научных исследований. Изучение структуры заболеваемости и закономерностей развития морфофункциональных отклонений, а также хронических заболеваний способствует определению приоритетных направлений профилактических и оздоровительных мероприятий среди детского населения [2].

По данным исследований последних лет в структуре заболеваемости детей школьного возраста болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани продолжают занимать лидирующие позиции [1–4].

Согласно статистическим данным, показатель впервые в жизни установленного диагноза патологии костно-мышечной системы в 2019 г. у детей в возрасте 0–14 лет составил 3107,1 на 100 тысяч населения (в 2000 г. – 2904,0), у детей в возрасте 15–17 лет – 5603,0 на 100 тысяч (в 2000 г. – 3636,3)¹.

Результаты клинических исследований свидетельствуют, что прогрессирование изменений костно-мышечной системы может негативно влиять на развитие и функционирование дыхательной, сердечно-сосудистой, пищеварительной, нервной, репродуктивной систем [4].

В настоящее время наиболее распространены функциональными нарушениями костно-мышечной системы у детей и подростков являются нарушения осанки и уплощение стопы, а среди хронических заболеваний – сколиоз и плоскостопие [3].

В костной ткани, являющейся динамической системой, постоянно осуществляются взаимосвязанные циклы резорбции и остеосинтеза. Наиболее интенсивно процессы ремоделирования происходят в период, совпадающий со школьным обучением, что обуславливает высокую чувствительность костной системы к неблагоприятным воздействиям медико-биологических и социально-гигиенических факторов среды обитания [5, 6].

По мнению российских исследователей, в 45–90 % зарегистрированных случаев костно-мышечной патологии заболевание определяется как идиопатическое. При попытке систематизации существующих теорий этиопатогенеза этого класса заболеваний R. Daye et al. (2013) к одной из ведущих причин развития патологии, наряду с генетической предрасположенностью, относят метаболические нарушения в организме [7].

Кроме того, в многочисленных исследованиях установлено, что наиболее частыми причинами раз-

вития нарушений костно-мышечной системы являются снижение двигательной активности детей и подростков, несбалансированность питания, обусловленные влиянием школьной среды, гигиенических и социальных условий жизни [4].

Среди гигиенических факторов, оказывающих негативное влияние на состояние структуры костной ткани, наибольшее значение имеет загрязнение объектов окружающей среды металлами техногенного происхождения, избыточное поступление которых в ходе длительной кумуляции и метаболизма в организме приводит к нарушениям минерализации скелета [8].

Выявление факторов риска, негативно влияющих на формирование костно-мышечной системы обучающихся, установление причинно-следственных закономерностей являются необходимыми условиями для осуществления своевременной диагностики, профилактики, адекватной коррекции нарушений и заболеваний костно-мышечной системы.

Цель исследования – установить этиопатогенетические закономерности развития у обучающихся болезней костно-мышечной системы, ассоциированных с особенностями воздействия факторов риска среды обитания и образа жизни.

Материалы и методы. Обследовано 193 учащихся МАОУ «Средняя общеобразовательная школа» (СОШ), расположенного в городе с размещением производства строительных металлоизделий. В сравнительном плане проведено комплексное обследование 146 учащихся МАОУ «Гимназия» (Гимназия), находящегося на территории, не имеющей промышленных объектов. В зависимости от уровня общего образования все обследуемые дети были разделены на группу наблюдения 1 и группу сравнения 1, которые составили учащиеся первых классов (СОШ – 37 человек, Гимназия – 48 человек); группу наблюдения 2 и группу сравнения 2, в которые вошли учащиеся четвертых классов (СОШ – 40, Гимназия – 46 человек); группу наблюдения 3 (58 человек) и группу сравнения 3 (28 человек), представленные учащимися основной школы; группу наблюдения 4 (58 человек) и группу сравнения 4 (24 человека), состоявшие из учащихся старших классов. Группы были сопоставимы по возрасту и полу ($p > 0,05$).

Критериями включения являлись: отсутствие наследственных заболеваний опорно-двигательного аппарата и тяжелых хронических соматических заболеваний; письменное согласие родителей или законных представителей на участие в исследовании.

Гигиеническая оценка качества воздуха классных комнат при классно-кабинетной системе обучения и учебных помещений при кабинетной системе обучения, а также атмосферного воздуха территорий расположения исследуемых общеобразовательных организаций проведена по данным измерений, вы-

¹ Российский статистический ежегодник. 2020: стат. сборник / Росстат. – М., 2020. – 700 с.

полненных специалистами отдела химико-аналитических методов исследования ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» в марте–сентябре 2020 г. Отбор проб атмосферного воздуха (1-я точка) проводили параллельно с отборами проб в помещениях при классно-кабинетной системе обучения учащихся начальной школы (2-я точка) и при кабинетной системе обучения учащихся основной школы и старших классов (3-я точка). В течение дня отбирались четыре пробы воздуха в каждой точке отбора, по результатам анализа которых рассчитывали среднесуточную концентрацию анализируемого соединения в воздухе. Определение марганца и свинца в воздухе проводили масс-спектрометрическим методом в соответствии с МУК 4.1.3481-17 «Измерение массовых концентраций химических элементов в атмосферном воздухе методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой»².

Количественное определение в крови детей содержания марганца и свинца выполнено методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой на масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc., США) в соответствии с методическими указаниями МУК 4.1.3230-14³ и МУК 4.1.3161-14⁴.

Сравнительная оценка соответствия режима образовательной деятельности требованиям санитарного законодательства⁵ проведена на основании результатов анализа расписания уроков и звонков.

Данные «Дневников питания школьника за одну неделю», полученные методом 24-часового воспроизведения питания ребенка, использованы для сравнения среднесуточных продуктовых наборов, сформированных у обучающихся начальной, основной школы, старших классов СОШ и Гимназии, с рекомендуемыми СанПиНом 2.4.5.2409-08 среднесуточными наборами пищевых продуктов для обучающихся общеобразовательных учреждений⁶.

Для оценки отдельных факторов образа жизни (учебная нагрузка вне основных общеобразовательных программ, физическая активность учащихся) было проведено социологическое исследование методом раздаточного анкетирования обучающихся.

Клинические исследования выполнены с соблюдением основных этических стандартов, сформулированных в Хельсинкской декларации (редакция 2008 г.). Программа исследования была одобрена этическим комитетом ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (протокол № 17 от 03.02.2020). Все участники исследования после уведомления о цели и методах исследования дали письменное информированное добровольное согласие на медицинское вмешательство и обработку персональных данных.

Диагностика деформаций позвоночника и нарушений осанки у детей и подростков проведена методом компьютерной оптической топографии (КОМОТ) рельефа тела человека с помощью «Топографа компьютерного оптического бесконтактного для определения деформации позвоночника ТОДП» (г. Новосибирск), который позволяет определять трехмерную форму поверхности туловища пациента в абсолютной системе координат.

Для диагностики нарушений прочности кости у обучающихся был применен метод количественной ультразвуковой денситометрии с использованием прибора Sunlight Omnisense 7000 (Sunlight Medical Ltd., Израиль). Исследование выполнялось на участке скелета *distal radius* с оценкой интегрального показателя Z-score скорости прохождения ультразвуковой волны (Speed of Sound – SOS, м/с). Значение Z-score SOS в диапазоне от -1 до -2 SD соответствовало уровню 10-го перцентиля. Снижение костной прочности диагностировали при значении Z-score SOS менее -1 SD с учетом возрастной и гендерной принадлежности в соответствии с референтной базой, заложенной производителем в программу анализатора. Снижение скорости звука менее 3-го перцентиля (Z-score ниже -2 SD) соответствовало выраженному снижению прочности костной ткани.

Выполнено биохимическое исследование показателей кальций-фосфорного обмена. Для отражения метаболизма кальция определяли содержание его ионизированной формы на анализаторе электролитов крови EasyLyte Calcium (Medica Corp., США).

² МУК 4.1.3481-17. Измерение массовых концентраций химических элементов в атмосферном воздухе методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой [Электронный ресурс]. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293735/4293735234.htm> (дата обращения: 23.06.2021).

³ МУК 4.1.3230-14. Измерение массовых концентраций химических элементов в биосредах (кровь, моча) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/495856222> (дата обращения: 23.06.2021).

⁴ МУК 4.1.3161-14. Измерение массовых концентраций свинца, кадмия, мышьяка в крови методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200121438495856222> (дата обращения: 23.06.2021).

⁵ СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902256369> (дата обращения: 23.06.2021).

⁶ СанПиН 2.4.5.2409-08. Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования [Электронный ресурс] // Кодекс: электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902113767> (дата обращения: 23.06.2021).

Уровень адаптивного гормона кортизола исследовали на иммуноферментном анализаторе BioTek ELx808 (США).

Сравнительный анализ заболеваемости болезнями костно-мышечной системы выполнен на основании данных «Медицинской карты ребенка для образовательных учреждений» (ф.026/у-2000) и результатов клинического обследования детей педиатром, врачом по лечебной физкультуре.

Данные обработаны статистически с помощью пакета программ SPSS 10.0 и 16.0 for Windows с использованием корреляционного и регрессионного анализа. Для количественного описания связи признаков проводили расчет показателя отношения шансов (OR) и его доверительного интервала (DI).

Множественные модели, отражающие зависимость «фактор – ответ (нозология)», позволили получить оценку вероятности развития конкретных ответов от ненормативного воздействия факторов. Оценка параметров множественной модели, отражающей зависимость «фактор – вероятность ответа», проводилась методом построения логистической регрессионной модели:

$$p = \frac{1}{1 + e^{-(b_0 + \sum_i b_i x_i)}}$$

где p – вероятность отклонения ответа от нормы; x_i – уровень экспозиции фактора; b_0, b_i – параметры математической модели.

Различия полученных результатов являлись статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Оценка качества воздуха помещений исследуемых общеобразовательных организаций показала, что в воздухе классных комнат начальной школы СОШ при классно-кабинетной системе обучения среднее содержание марганца в 1,6 раза превышало гигиенический норматив, а в сравнении с показателями Гимназии уро-

вень марганца и свинца был выше в 5,2–8,1 раза ($p < 0,05$) (табл. 1).

В воздухе учебных помещений основной школы и старших классов при кабинетной системе обучения кратность превышения уровня сравниваемых химических веществ в СОШ относительно Гимназии составила 1,25–5,25 раза ($p < 0,05$).

В атмосферном воздухе территории расположения СОШ установлено присутствие свинца ($0,000020 \pm 0,000004$ мг/м³), концентрация которого превышала в 3,1 раза показатель в атмосферном воздухе территории Гимназии ($p < 0,05$) (табл. 2). Содержание марганца в атмосферном воздухе территории расположения СОШ было выше референтного значения в 3,7 раза и показателя территории сравнения – в 4,7 раза ($p < 0,05$).

На основании результатов выполненных химико-аналитических исследований установлено, что у учащихся первых классов СОШ среднее содержание в крови свинца в 1,9 раза превышало аналогичный показатель учащихся первых классов Гимназии ($0,0213 \pm 0,0036$ против $0,0111 \pm 0,0014$ мг/дм³, $p < 0,05$). Доля проб крови с повышенным содержанием свинца в группе наблюдения 2 была в 5,5 раза выше показателя группы сравнения 2 (72,7 против 13,3 %, $p < 0,0001$; OR = 15,77; DI = 5,75–52,14; $p < 0,0001$).

У учащихся 4-х классов СОШ содержание в крови свинца было в 2,2 раза выше уровня гимназистов ($0,0245 \pm 0,0031$ против $0,0113 \pm 0,0026$ мг/дм³, $p < 0,05$) и в 1,7 раза выше регионального фонового уровня ($p < 0,05$). У детей группы наблюдения 2 содержание свинца в крови повышено в 82,7 % случаев против 11,1 % случаев в группе сравнения 2, что выше в 7,4 раза ($p < 0,0001$).

Среднее содержание в крови свинца у обучающихся в основной школе СОШ также превышало аналогичный показатель в Гимназии ($0,0226 \pm 0,0056$ против $0,0118 \pm 0,0019$ мг/дм³, $p < 0,05$)

Таблица 1

Средние концентрации химических соединений в воздухе учебных помещений

Химический показатель	RfC, мг/м ³	ПДК _{ср.} , мг/м ³	Концентрация, мг/м ³		p
			СОШ	Гимназия	
При классно-кабинетной системе обучения					
Марганец	0,00005	0,001	0,000078 ± 0,000016	0,000015 ± 0,000003	<0,05
Свинец	0,0005	0,0003	0,000025 ± 0,000005	0,0000031 ± 0,0000007	<0,05
При кабинетной системе обучения					
Марганец	0,00005	0,001	0,000042 ± 0,000009	0,000008 ± 0,000002	<0,05
Свинец	0,0005	0,0003	0,000007 ± 0,000001	0,0000056 ± 0,0000013	<0,05

Таблица 2

Средние концентрации химических соединений в атмосферном воздухе территорий расположения СОШ и Гимназии

Химический показатель	RfC, мг/м ³	ПДК _{ср.} , мг/м ³	Концентрация, мг/м ³		p
			СОШ	Гимназия	
Марганец	0,00005	0,001	0,000183 ± 0,000038	0,000039 ± 0,000008	<0,05
Свинец	0,0005	0,0003	0,000020 ± 0,000004	0,0000065 ± 0,0000013	<0,05

в 1,9 раза. Кратность превышения фонового уровня по содержанию свинца составила 1,6 раза ($p < 0,05$).

У детей групп наблюдения 1, 2, 3 в крови присутствовали соединения марганца в концентрациях, на 8–9 % превышающих показатели групп сравнения 1, 2, 3 ($0,012 \pm 0,001$ против $0,011 \pm 0,001$ мг/дм³; $0,013 \pm 0,002$ против $0,012 \pm 0,001$ мг/дм³ и $0,012 \pm 0,001$ против $0,011 \pm 0,002$ мг/дм³ соответственно, $p \leq 0,0001$ – $0,01$). В начальной и основной школе СОШ доля проб крови с повышенным содержанием марганца была в 1,1–2,1 раза выше показателей учеников Гимназии (1-е классы – 27,3 против 24,4 %, основная школа – 28,6 против 21,4 %, $p = 0,48$ – $0,76$), различия достигли статистической значимости в 4-х классах (33,3 против 15,6 %, $p = 0,049$).

На основании моделирования причинно-следственных связей установлены статистически значимые зависимости содержания марганца и свинца в крови от индивидуальной поступившей дозы из воздуха учебных помещений ($R^2 = 0,13$ – $0,66$; $47,32 \leq F \leq 603,60$; $p \leq 0,00001$) (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Параметры моделей зависимости «Доза химического соединения из воздуха учебных помещений – концентрация химического соединения в крови»

Вещество	b_0	b_1	F	p	R^2
Марганец	0,01079	453,20881	47,3183	0,0000	0,13
Свинец	0,01267	10107,92284	603,6043	0,0000	0,66

Полученные в ходе исследования результаты содержания металлов в крови детей и подростков, проживающих и обучающихся в условиях аэрогенного воздействия химических факторов окружающей среды, согласуются с данными исследований ряда авторов, выполненных на территориях размещения промышленных и энергетических предприятий [9–11].

Результаты оценки соответствия режима образовательной деятельности СОШ и Гимназии требованиям санитарного законодательства показали, что наиболее часто встречающимся нарушением являлось отсутствие чередования различных по сложности предметов в течение дня и недели (п. 10.8)⁵. Несоблюдение принципа чередования учебных предметов, различающихся по характеру деятельности, по соотношению динамического и статического компонентов, по преобладанию нагрузки на первую или вторую сигнальную систему, установлено при анализе расписаний уроков для учащихся СОШ всех уровней образования. В расписании пяти из пяти учебных дней основной школы СОШ (100 %) предметы с наибольшим баллом по шкале трудности располагались первым уроком, когда происходит вработывание, и / или пятым-шестым уроком, когда выражено утомление, вместо второго-четвертого согласно гигиеническим требованиям. В Гимназии подобные нарушения допущены в расписании четырех дней из шести (66,7 %). Максимальная учебная

нагрузка учащихся основной школы СОШ, согласно расписанию и шкале трудности предметов, приходилась на вторник (55 баллов), облегченным учебным днем являлась среда (37 баллов) вместо четверга или пятницы (нарушение п. 10.11.), что не обеспечивает сохранения оптимального уровня работоспособности в течение недели. Нарушения требований п. 10.11. и приложения 3 СанПиН 2.4.2.2821-10⁵ допущены и в расписании для учащихся старших классов СОШ: облегченным днем являлся вторник (31 балл), а пик учебной нагрузки приходился на пятницу (56 баллов). Выполнение интенсивных умственных нагрузок в период падения работоспособности приводит к истощению энергетических потенциалов организма, хроническому стрессу [12].

Доказано воздействие эмоционального стресса на длительное сокращение мышц шеи и плечевого пояса, следствием которого является снижение функции равновесия тела, приводящее к функциональным нарушениям осанки [13].

В СОШ при организации образовательной деятельности учащихся на уроках информатики SMART Board использовался в течение 45 мин, что не соответствует гигиеническим требованиям п. 10.18. СанПиН 2.4.2.2821-10⁵, ограничивающим использование данного ТСО в 3–4-х классах и старше 30 мин. Продолжительность использования интерактивной доски SMART Board SBD600 series на уроках в Гимназии составляла от 5 до 45 мин (медианное значение 10 мин).

Кроме того, в СОШ допущены нарушения п. 10.12. при организации малых (5 мин при требовании не менее 10 мин) и больших перемен (15 мин при требовании не менее 20 мин), что не обеспечивает вторую фазу отдыха, отвечающую за упрочение восстановленного уровня «функциональных потенциалов» [14].

Нарушение регламентации перемен при организации образовательного процесса приводит к снижению работоспособности, нарастанию утомления, стрессу. Организация учебного процесса без учета физиологических принципов изменения работоспособности обучающихся приводит к длительному сохранению вынужденной рабочей позы, создающей значительную нагрузку на опорно-двигательный аппарат и мышечную систему [4].

Сравнительная оценка соответствия продуктового набора, сформированного у обучающихся исследуемых образовательных организаций, рекомендуемым СанПиНом 2.4.5.2409-08⁶ среднесуточным набором пищевых продуктов для обучающихся общеобразовательных учреждений позволила отметить статистически значимое ($p < 0,05$) снижение потребления во всех возрастных группах хлеба пшеничного (дефицит в СОШ – 61–69 %, в Гимназии – 66–88 %), ржаного (дефицит в СОШ – 98–99 %, в Гимназии – 95–100 %), картофеля (дефицит в СОШ – 60–70 %, в Гимназии – 62–76 %), овощей свежих (дефицит в СОШ – 85–88 %, в Гимназии – 64–89 %),

рыбы (дефицит в СОШ – 84–91 %, в Гимназии – 71–88 %), молока (дефицит в СОШ – 65–83 %, в Гимназии – 64–95 %), кисломолочных продуктов (дефицит в СОШ – 54–75 %, в Гимназии – 39–97 %), творога (дефицит в СОШ – 58–74 %, в Гимназии – 29–97 %), масла сливочного (дефицит в СОШ – 79–88 %, в Гимназии – 55–87 %), яиц (дефицит в СОШ – 35–61 %, в Гимназии – 35–99 %) (табл. 4). Продуктами, потребляемыми в среднем в 6,1–6,7 раза выше рекомендуемого уровня, являлись кондитерские изделия (избыток в СОШ – 293–934 %, в Гимназии – 389–742 %, $p < 0,0001$).

При сопоставлении среднесуточных продуктовых наборов учащихся исследуемых общеобразовательных организаций установлено, что более низкий уровень потребления овощей (в 1,6–2,4 раза) и масла сливочного (в 1,4–2,2 раза) учащимися СОШ в сравнении с гимназистами обусловлен недостаточным присутствием данных продуктов в рационах младших и старших школьников ($p = 0,0001–0,0004$). Кратность снижения объема потребления масла сливочного по отношению к рекомендуемому уровню составила в СОШ 4,8–8,1 раза, в Гимназии – 2,2–6,5 раза ($p < 0,0001$). В СОШ у учащихся начальной школы уровень потребления творога в 2,4 раза ниже рекомендуемого ($p < 0,0001$) и в 1,7 раза – показателя в Гимназии ($p = 0,004$). Школьники ежедневно потребляют 15,8–26,2 г яйца, что в 1,5–2,5 раза меньше рекомендуемого уровня ($p < 0,0001–0,03$). В СОШ средний уровень потребления мяса ниже рекомендуемого (дефицит 46–61 %) отмечен у учащихся всех уровней общего образования ($p < 0,0001$), в то

время как в Гимназии различия с рекомендуемой нормой питания (дефицит 37–49 %) достигали статистической значимости только в начальной и основной школе ($p < 0,0001–0,02$). Потребление старшеклассниками СОШ птицы в 2,3 раза ниже, чем гимназистами аналогичного возраста ($17,5 \pm 22,6$ против $39,9 \pm 22,7$ г, $p = 0,01$), и в 3 раза ниже рекомендуемого уровня ($p < 0,0001$). Фактическое содержание макаронных изделий в рационах обучающихся в начальной школе СОШ составило $32,3 \pm 20,4$ г в сутки, что в 1,6–2,1 раза выше показателя в Гимназии и рекомендуемого уровня ($p < 0,0001–0,01$).

Все обследуемые учащиеся СОШ в избытке (в 1,7–3,0 раза) получали колбасные изделия ($p < 0,0001–0,008$). Кратность превышения уровня потребления данных продуктов гимназистами начальной и основной школы составила 1,9–2,4 раза ($p = 0,003–0,01$).

У гимназистов выявлен более выраженный дефицит потребления хлеба пшеничного за счет снижения фактического содержания данного продукта в рационах учащихся старших классов ($23,8 \pm 35,0$ против $63,5 \pm 83,7$ г – в СОШ, $p = 0,05$), молока – за счет более низкого содержания в среднесуточном наборе пищевых продуктов учащихся основной школы и старших классов ($22,9 \pm 51,1$ – в Гимназии против $90,8 \pm 110,4$ мл – в СОШ и $16,0 \pm 23,8$ против $51,5 \pm 39,9$ мл – соответственно, $p = 0,003–0,05$). В Гимназии у учащихся основной школы выявлен низкий уровень потребления кисломолочных продуктов ($5,6 \pm 12,5$ против рекомендуемых 180,0 мл, $p < 0,0001$), что в 14,9 раза ниже показателя в СОШ ($p = 0,0001$).

Таблица 4

Среднесуточный набор пищевых продуктов учащихся начальной, основной школы и старших классов СОШ и Гимназии, г, мл

Наименование продуктов	Рекомендуемый уровень для обучающихся 7–10 лет, г, мл	Начальная школа		Рекомендуемый уровень для обучающихся 11 лет и старше, г, мл	Основная школа		Старшие классы	
		СОШ	Гимназия		СОШ	Гимназия	СОШ	Гимназия
Хлеб ржаной	80	1,6 ± 3,1	3,8 ± 9,3	120	1,2 ± 3,2	0,0 ± 0,0	1,6 ± 4,0	0,0 ± 0,0
Хлеб пшеничный	150	57,7 ± 28,4	51,3 ± 40,2	200	61,4 ± 53,3	50,0 ± 39,4	63,5 ± 83,7	23,8 ± 35,0
Крупы, бобовые	45	46,3 ± 21,0	54,0 ± 38,3	50	38,3 ± 26,3	45,4 ± 27,2	43,1 ± 33,5	58,9 ± 23,5
Макаронные изделия	15	32,3 ± 20,4	20,2 ± 15,7	20	20,6 ± 11,6	35,7 ± 24,2	19,8 ± 18,7	12,6 ± 13,4
Картофель	188	56,6 ± 41,3	71,4 ± 44,1	188	75,4 ± 53,1	63,1 ± 24,5	68,2 ± 57,3	44,9 ± 37,2
Овощи свежие, зелень	280	41,6 ± 47,6	99,7 ± 67,9	320	37,1 ± 40,4	34,0 ± 40,3	47,8 ± 57,3	76,8 ± 59,7
Фрукты (плоды) свежие	185	3,0 ± 8,0	155,1 ± 97,7	185	145,9 ± 150,6	49,7 ± 54,9	107,2 ± 91,0	48,9 ± 52,9
Мясо	70	37,6 ± 28,7	36,0 ± 22,5	78	39,45 ± 22,0	49,1 ± 27,7	30,2 ± 26,2	57,9 ± 62,9
Птица	35	33,8 ± 32,4	45,8 ± 33,1	53	8,8 ± 8,6	8,6 ± 8,6	17,5 ± 22,6	39,9 ± 22,7
Рыба	58	9,1 ± 10,8	16,8 ± 18,6	77	7,3 ± 10,3	9,1 ± 5,4	9,4 ± 16,6	11,6 ± 13,0
Колбасные изделия	14,7	43,6 ± 27,9	22,7 ± 24,0	19,6	33,7 ± 23,8	14,3 ± 11,3	40,1 ± 39,6	19,2 ± 25,0
Молоко	300	106,1 ± 76,4	108,0 ± 81,7	300	90,8 ± 110,4	22,9 ± 51,1	51,5 ± 39,9	16,0 ± 23,8
Кисломолочные продукты	150	62,2 ± 70,7	91,3 ± 81,5	180	83,2 ± 68,8	5,6 ± 12,5	45,0 ± 55,1	60,0 ± 73,0
Творог	50	21,2 ± 28,1	35,4 ± 28,9	60	16,7 ± 21,9	1,7 ± 3,8	15,6 ± 21,8	12,4 ± 18,2
Сыр	9,8	13,2 ± 14,4	11,7 ± 10,8	11,8	16,7 ± 18,3	10,3 ± 4,0	10,7 ± 13,5	12,5 ± 12,6
Сметана	10	2,2 ± 7,1	7,6 ± 8,7	10	3,9 ± 6,0	10,3 ± 16,2	2,5 ± 6,2	8,9 ± 19,6
Масло сливочное	30	6,3 ± 5,2	13,6 ± 7,4	35	6,1 ± 12,3	4,6 ± 4,4	4,3 ± 10,8	6,2 ± 5,3
Яйцо	40	26,2 ± 33,9	25,9 ± 16,3	40	24,7 ± 23,6	0,34 ± 0,35	15,8 ± 21,5	13,3 ± 22,2
Кондитерские изделия	10	103,4 ± 52,1	84,2 ± 48,3	15	62,0 ± 42,0	100,0 ± 53,4	58,9 ± 49,7	73,4 ± 82,1

Представленные данные свидетельствуют о достоверном снижении в 2,4–3,8 раза ($p < 0,0001$) потребления школьниками творога, являющегося оптимальным источником легкоусвояемой для организма формы кальция. Потребление масла сливочного и желтка – основных источников витамина D, который играет важную роль в процессе кальцификации костей, было ниже физиологических потребностей в 4,8–8,1 и в 1,5–2,5 раза соответственно ($p < 0,0001–0,03$).

В результате письменного опроса установлено, что большинство учащихся (79,5 % – в СОШ и 98,9 % – в Гимназии) посещали учреждения дополнительного образования, при этом 75 % учащихся СОШ и 97,1 % гимназистов справлялись с домашними заданиями за 15–60 мин ($p < 0,0001$). Время выполнения домашних уроков в системе дополнительного образования у 25 % школьников было увеличено в 2,0–8,0 раза (120 мин и более), в то время как доля гимназистов, затрачивающих на уроки более 2 ч, составила только 2,9 % ($p < 0,0001$). Увеличение затрат времени на выполнение домашних заданий повышает «физиологическую стоимость» обучения.

Другим поведенческим аспектом, негативно влияющим на состояние костно-мышечной системы, является гиподинамия. Как известно, физическая деятельность улучшает кровоснабжение, активизирует функции остеобластов, белковый синтез, оксификацию и метаболизм костной ткани [15, 16].

Высокую приверженность спорту продемонстрировали 60,5 % гимназистов, которые занимались физкультурой и спортом от 4 до 7 раз в неделю, в то время как большинство учащихся СОШ (76,0 %) посещали спортивные секции и кружки менее 3 раз в неделю. Ежедневные физические нагрузки имели только 2,8 % школьников, что в 4,7 раза ниже показателя в Гимназии (13,2 %). Выявленные различия в показателях переменной «С какой регулярностью ребенок обычно занимается физкультурой, спортом?» статистически значимы (критерий Манна – Уитни, $p < 0,0001$; коэффициент корреляции V Крамера = 0,377 – связь средняя, $p < 0,0001$).

Обнаружены статистически значимые различия в показателях переменной «Сколько в среднем часов в неделю ребенок занимается физкультурой и спортом?» между школами (критерий Манна – Уитни, $p < 0,0001$; коэффициент корреляции V Крамера = 0,306 – связь средняя, $p = 0,002$). Учащиеся, занимающихся физкультурой и спортом 9 ч в неделю, в СОШ в 4,6 раза меньше, чем в Гимназии (2,9 против 13,3 % соответственно). Посвящают спорту 6–8 ч в неделю 10,1 % школьников, что в 2,6 раза меньше, чем учащихся Гимназии (26,7 %). Треть учащихся СОШ выделяют на спорт не более 2 ч в неделю (31,9 против 17,8 % в Гимназии), больше половины – 3–5 ч в неделю (55,1 против 42,2 % в Гимназии).

Таким образом, физическая активность большинства исследуемых школьников не соответствует нормативам Всемирной организации здравоохранения, рекомендующей детям старше пяти лет и подросткам ежедневные занятия спортом в общей сложности не менее 60 мин и силовые тренировки не менее трех раз в неделю⁷.

Оценка топографических показателей, характеризующих осанку во фронтальной плоскости, показала, что при наличии сколиоза только у 2,7 % школьников, обучающихся в 1-х классах, к окончанию начальной школы и старших классов СОШ количество детей с данной патологией возросло до 42,9 и 41,7 % соответственно ($p < 0,0001$). Вероятность развития у школьников сколиоза к завершению начального общего образования возрастает в 27 раз ($OR = 27,05$; $DI = 3,37–217,22$; $p < 0,0001$), среднего общего образования – почти в 26 раз ($OR = 25,78$; $DI = 3,30–201,10$; $p < 0,0001$), в то время как в Гимназии вероятность формирования сколиоза увеличивается к старшим классам в 8,5 раза ($OR = 8,52$; $DI = 2,74–26,48$; $p < 0,01$). При анализе нарушений осанки в сагиттальной проекции позвоночника установлено, что на момент завершения обучения в начальной школе «круглая спина» регистрировалась только у учащихся СОШ в 14,3 % случаев (против 0,0 % в Гимназии, $p = 0,008$).

По результатам проведенного количественного ультразвукового исследования костной прочности установлено, что число учащихся основной школы СОШ со сниженной минеральной плотностью костной ткани (МПК) (Z -score ниже -1 стандартное отклонение (SD)) превышало в 1,6 раза аналогичный показатель в Гимназии (60,0 против 36,4 %, $p = 0,04$).

Доля школьников, обучающихся в 4-х классах и основной школе, с выраженным снижением костной прочности (Z -score ниже -2 SD), требующим дополнительного углубленного обследования с применением рентгеновской денситометрии, составила 21,4 и 15,0 % соответственно, что больше в 1,5–1,6 раза, чем в Гимназии (14,3 и 9,1 %), но различия в показателях не достигли статистической значимости ($p = 0,4$).

При лабораторном исследовании минерального обмена установлено, что среднее содержание ионизированного кальция в крови детей групп наблюдения 1, 2, 3, 4 было ниже на 9,0–14,0 % показателей детей групп сравнения 1, 2, 3, 4 ($p = 0,0001–0,001$) (табл. 5). Известно, что при наличии даже тенденции к снижению содержания данного макроэлемента в организме для восполнения временно возникшего дефицита кальций высвобождается в кровотоке из кости [2].

Уровень фосфора в сыворотке крови учащихся четвертых классов и основной школы СОШ и Гимназии находился в пределах физиологической нормы

⁷ Подростки: риски для здоровья и их пути решения [Электронный ресурс] // ВОЗ. – 2021. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/adolescents-health-risks-and-solutions> (дата обращения: 18.08.2021).

Показатели содержания кальция и кортизола в крови учащихся 1, 4-х классов, основной школы и старших классов СОШ и Гимназии

Контингент	Группа	Ионизированный кальций		Кортизол	
		ммоль/дм ³	<i>p</i>	нмоль/см ³	<i>p</i>
Учащиеся 1-х классов	Группа наблюдения 1	1,12 ± 0,02	0,001	295,22 ± 40,59	0,001
	Группа сравнения 1	1,26 ± 0,01		207,02 ± 22,24	
Учащиеся 4-х классов	Группа наблюдения 2	1,07 ± 0,01	0,001	272,45 ± 40,78	0,01
	Группа сравнения 2	1,22 ± 0,01		205,95 ± 22,98	
Учащиеся основной школы	Группа наблюдения 3	1,11 ± 0,011	0,001	301,49 ± 34,86	0,01
	Группа сравнения 3	1,22 ± 0,02		199,08 ± 21,85	
Учащиеся старших классов	Группа наблюдения 4	1,12 ± 0,01	0,0001	281,22 ± 32,59	0,01
	Группа сравнения 4	1,27 ± 0,01		367,74 ± 48,72	

($p > 0,05$) и не имел статистически значимых различий между группами ($1,61 \pm 0,07$ против $1,6 \pm 0,12$ ммоль/дм³ в группе сравнения 2, $p = 0,64$ и $1,55 \pm 0,12$ против $1,58 \pm 0,08$ ммоль/дм³ в группе сравнения 3, $p = 0,23$). При сравнении содержания данного макроэлемента у первоклассников и учащихся старших классов значения также не выходили за пределы норматива, а различия носили разнонаправленный характер ($1,58 \pm 0,06$ против $1,62 \pm 0,07$ ммоль/дм³ в группе сравнения 1, $p = 0,007$ и $1,41 \pm 0,08$ против $1,30 \pm 0,06$ ммоль/дм³ в группе сравнения 4, $p < 0,0001$).

Среднее содержание кортизола в крови учащихся СОШ не выходило за пределы референтного уровня, но было выше, чем у детей аналогичного возраста в группах сравнения: в 1-х классах – в 1,4 раза, в 4-х классах – в 1,3 раза, в основной школе – в 1,5 раза ($p = 0,001-0,01$) (табл. 5).

Сравнительная оценка соматического статуса по результатам углубленного обследования детей, данным «Медицинской карты ребенка для образовательных учреждений» (форма № 026/у-2000) показала, что болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани стабильно занимают лидирующее место в структуре заболеваемости выпускников начальной школы, учащихся основной школы и старших классов. Полученные результаты совпадают с данными зарубежных и отечественных исследователей [2, 3, 16–21].

Распространенность болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани у учащихся основной школы СОШ была выше в 1,5, а в старших классах – в 1,6 раза относительно школьников, обучающихся в 1-х классах ($86,9$ против $58,8$ %, $p = 0,003$, и $96,4$ против $58,8$ %, $p = 0,0001$). В Гимназии кратность увеличения составила 1,15–1,2 раза ($100,0$ против $83,3$ %, $p = 0,02$, и $95,8$ против $83,3$ %, $p = 0,13$). Вероятность возникновения болезней костно-мышечной системы и соединительной ткани у обучающихся основной школы СОШ возрастает в 4,6 раза по сравнению с 1-ми классами ($OR = 4,60$; $DI = 1,61-13,12$; $p = 0,007$), в старших классах – в 15,0 раза ($OR = 15,14$; $DI = 3,60-63,60$; $p < 0,001$).

Установлена достоверная связь повышения уровня заболеваемости болезнями костно-мышечной системы и соединительной ткани с увеличением уровня марганца и свинца в крови ($0,14 \leq R^2 \leq 0,58$;

$45,61 \leq F \leq 403,77$; $p \leq 0,0001$), сокращением продолжительности малых перемен между уроками ($R^2 = 0,84$; $F = 1838,01$; $p \leq 0,0001$), низким потреблением творога, яиц и масла сливочного ($0,17 \leq R^2 \leq 0,86$; $25,84 \leq F \leq 765,14$; $p \leq 0,0001$), увеличением времени выполнения домашних заданий, полученных в учреждениях дополнительного образования, и уменьшением регулярности занятий физкультурой и спортом ($R^2 = 0,46$; $90,56 \leq F \leq 249,76$; $p \leq 0,0001$).

В структуре данного класса болезней у школьников старшего возраста достоверно в 1,7 раза чаще, чем у учащихся Гимназии, диагностировались другие деформирующие дорсопатии, представленные нарушением осанки ($56,4$ против $33,4$ %, $p = 0,06$).

Установлена достоверная связь повышения уровня заболеваемости деформирующими дорсопатиями с нарушением чередования различных по сложности предметов в течение дня/недели ($R^2 = 0,44$; $F = 269,96$; $p \leq 0,0001$) и увеличением в крови уровня марганца и свинца ($0,32 \leq R^2 \leq 0,64$; $70,03 \leq F \leq 555,97$; $p \leq 0,0001$), конкурентно взаимодействующих с кальцием в костной ткани и нарушающих процессы биосинтеза и минерализации.

При сравнении заболеваемости в возрастной динамике установлено, что частота выявления приобретенных деформаций конечностей (плоская стопа (*pes planus*) приобретенная) у обучающихся старших классов СОШ относительно первоклассников увеличилась в 1,4 раза ($60,0$ против $41,2$ %, $p = 0,07$), в то время как доля гимназистов с данной патологией стабильно составляла $72,9-79,2$ %.

Выявлена достоверная связь повышения уровня заболеваемости приобретенными деформациями конечностей с увеличением уровня свинца в крови ($R^2 = 0,42$; $F = 177,57$; $p \leq 0,0001$), нарушением чередования различных по сложности предметов в течение дня / недели, увеличением продолжительности использования интерактивной доски ($0,77 \leq R^2 \leq 0,86$; $1112,63 \leq F \leq 2144,36$; $p \leq 0,0001$) и времени выполнения домашних заданий, полученных в учреждениях дополнительного образования ($R^2 = 0,23$; $F = 24,20$; $p \leq 0,0001$).

Диагноз остеопороза без патологических переломов, при отсутствии регистрации у учащихся пер-

вых классов СОШ, был установлен в 4-х классах у 10 % ($p = 0,05$), в основной школе – у 18,9 % школьников ($p = 0,01$). Среди гимназистов доля детей с остеопорозом за время обучения в начальной и основной школе уменьшилось с 6,3 до 3,6 % ($p = 0,60$). Таким образом, данная патология у обучающихся основной школы СОШ диагностировалась в 5,2 раза чаще относительно обучающихся в Гимназии аналогичного возраста (18,9 против 3,6 %, $p = 0,05$).

Частота встречаемости одной из наиболее распространенных форм хронических заболеваний костно-мышечной системы – сколиоза – у выпускников начальных классов СОШ по сравнению с первокурсниками увеличилась в 5,1 раза (15 против 2,9 % в Гимназии, $p = 0,07$). Доля учащихся основной школы СОШ, имеющих сколиоз, превысила количество учащихся 1-х классов с данным диагнозом в 6,5 раза и составила 18,9 % (против 2,9 % в Гимназии, $p = 0,03$). Число обучающихся в старших классах СОШ, у которых имел место сколиоз, выросло в 8,7 раза (25,5 против 2,9 %, $p = 0,01$). Вероятность развития сколиоза у обучающихся в основной школе СОШ, по сравнению с 1-ми классами, возрастает почти в 8 раз ($OR = 7,67$; $DI = 0,94–62,99$; $p = 0,06$), в старших классах – в 11 раз ($OR = 11,27$; $DI = 1,41–90,19$; $p < 0,001$).

Выявлена достоверная связь повышения уровня заболеваемости сколиозом с повышением содержания марганца и свинца в крови ($0,10 \leq R^2 \leq 0,62$; $33,92 \leq F \leq 261,42$; $p \leq 0,0001$), нарушением чередования различных по сложности предметов в течение дня/недели и распределения трудных предметов в течение дня, увеличением продолжительности использования интерактивной доски, сокращением продолжительности малых перемен между уроками ($0,19 \leq R^2 \leq 0,88$; $78,83 \leq F \leq 2605,12$; $p \leq 0,0001$), низким потреблением масла сливочного ($R^2 = 0,23$; $F = 35,15$; $p \leq 0,0001$), увеличением времени выполнения домашних заданий в системе дополнительного образования ($R^2 = 0,43$; $F = 43,91$; $p \leq 0,0001$), уменьшением регулярности занятий физкультурой и спортом ($R^2 = 0,04$; $F = 12,90$; $p = 0,002$).

На основании анализа данных, полученных в результате проведенных исследований, оценки причинно-следственных связей и проведенного поэтапного моделирования установлены причинно-следственные закономерности формирования сколиоза и комплекс лабораторных и инструментальных показателей, характеризующих развитие негативных эффектов в результате неблагоприятного воздействия приоритетных химических факторов окружающей среды, современного образовательного процесса, питания и образа жизни.

В условиях длительного аэрогенного воздействия техногенных химических веществ, негативных факторов образовательного процесса и образа жизни одним из лабораторных показателей для оценки вероятности формирования сколиоза является пони-

жение содержания в крови кальция ионизированного ($R^2 = 0,35$; $F = 42,30$; $p \leq 0,0001$), связанного с воздействием свинца ($r = -0,41$; $p \leq 0,0001$), который конкурентно взаимодействует с кальцием в костной ткани, приводя к деминерализации. В результате корреляционного анализа установлена связь между снижением потребления творога, являющегося важным источником кальция, и содержанием в крови ионизированной формы данного микронутриента ($r = 0,17$; $p = 0,04$). Негативные тенденции в структуре питания современных российских школьников, в том числе недостаточное потребление молока и молочных продуктов, подтверждены многочисленными эпидемиологическими исследованиями, выполненными специалистами Роспотребнадзора и здравоохранения [3].

Относительно направления отклонений биохимических показателей у детей и подростков с нарушением осанки у исследователей мнения расходятся. Результаты нашей работы совпадают с данными авторов, демонстрирующих отрицательный кальциевый баланс при наличии малой ортопедической патологии [22].

Отмечена корреляционная связь между уменьшением регулярности занятий физкультурой, спортом ($r = 0,22$; $p = 0,005$), а также нарушением продолжительности малых перемен ($r = -0,57$; $p \leq 0,0001$) и содержанием ионизированного кальция в крови. Полученные нами данные подтверждают мнение исследователей о том, что гомеостаз кальция поддерживается не только адекватным поступлением в организм кальция, фосфора и витамина D, но и нормальной минерализацией скелета, уровень которой находится в зависимости от степени двигательной активности [15, 23].

Зависимость вероятности развития сколиоза при нарастании уровня кортизола в крови ($R^2 = 0,18$; $F = 66,72$; $p \leq 0,0001$), установленная в нашем исследовании, подтверждает гипотезу о влиянии хронического стресса на структурные изменения костной ткани [6].

Увеличение содержания глюкокортикоида оказывает негативное воздействие на процессы ремоделирования и качество костной ткани в результате снижения абсорбции кальция из пищеварительного тракта и реабсорбции в почечных канальцах [24]. В условиях современного образовательного процесса и образа жизни активация стресс-реализующей системы связана с сокращением продолжительности малых перемен между уроками ($r = 0,30$; $p \leq 0,0001$) и уменьшением регулярности занятий физкультурой и спортом ($r = -0,13$; $p = 0,03$). Роль мышечной работы в снижении повышенного фонового уровня кортизола у юношей с различным уровнем тренированности продемонстрирована в исследовании П.Н. Самидулина и соавт. [25].

Закономерностью развития сколиоза, ассоциированного с негативными факторами образа жизни и питания, также является снижение прочности кост-

ной ткани по значению Z-score SOS менее -1 SD ($R^2 = 0,39$; $F = 56,95$; $p \leq 0,0001$), связанное с низким потреблением творога ($R^2 = 0,25$; $F = 35,96$; $p \leq 0,0001$) и низкой приверженностью спорту ($R^2 = 0,24$; $F = 88,79$; $p \leq 0,0001$). Связь изменений минеральной плотности кости с идиопатическим сколиозом впервые установили в 1982 г. F.R. Vignar и соавт. По данным исследования В.Т. Верхотуровой, изменения в костной ткани у детей и подростков с идиопатическим сколиозом обусловлены нарушением микроархитектоники костной ткани, снижением активности остеосинтетических клеток и изменением конфигурации позвоночника [26].

При построении множественной модели, отражающей зависимость «фактор – вероятность ответа», вклад негативных факторов образовательного процесса в формирование сколиоза составил 25,8 %, образа жизни – 30,9 %, химических факторов окружающей среды – 20,3 %, питания – 23,0 %.

Выводы. Таким образом, в условиях устойчивой экспозиции металлов, создающей концентрации в крови свинца на уровне 0,018–0,028 мг/дм³, что в 1,9–2,2 раза выше показателей групп сравнения и до 1,6–1,7 раза – значений регионального фонового уровня, а также марганца на уровне 0,011–0,015 мг/дм³, что на 8,0–9,0 % выше значений групп сравнения, несоответствия режима образовательной деятельности требованиям санитарно-

го законодательства, несбалансированности структуры продуктовых наборов, низкой физической активности вероятность возникновения болезней костно-мышечной системы у обучающихся в основной школе возрастает в 4,6 раза, в старших классах – в 15,0 раза, сколиоза – в 8,0 и 11,0 раза соответственно.

Причинно-следственными закономерностями развития сколиоза, ассоциированного с воздействием факторов окружающей среды, современного образовательного процесса, питания и образа жизни являются: изменение клеточного метаболизма (кальций ионизированный), связанного с воздействием свинца, сокращением регулярности занятий физкультурой и спортом, продолжительности малых перемен, потребления творога ($-0,57 \leq r \leq 0,22$; $0,0001 \leq p \leq 0,04$); активация стресс-реализующей системы (кортизол), связанная с нарушением регламентации малых перемен и уменьшением приверженности спорту ($-0,13 \leq r \leq 0,30$; $0,0001 \leq p \leq 0,03$); остеопенический синдром (Z-score), обусловленный снижением регулярности занятий физкультурой и спортом, потребления творога ($-0,25 \leq R^2 \leq 0,24$; $88,79 \leq F \leq 35,96$; $p \leq 0,0001$).

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Тенденции заболеваемости и динамика хронизации патологии у детей 0–14 лет в Российской Федерации / М.Н. Бантьева, Е.М. Маношкина, Т.А. Соколовская, Э.Н. Матвеев // Социальные аспекты здоровья населения: сетевое издание. – 2019. – Т. 65, № 5. – С. 10. DOI: 10.21045/2071-5021-2019-65-5-10
2. Мансурова Г.Ш., Мальцев С.В., Рябчиков И.В. Особенности формирования опорно-двигательной системы у школьников: заболевания, причины и возможные пути коррекции // Практическая медицина. – 2019. – Т. 17, № 5. – С. 51–55. DOI: 10.32000/2072-1757-2019-5-51-55
3. Волкова Л.Ю. Алиментарные факторы формирования костной ткани у детей и подростков. Пути профилактики возможных нарушений // Вопросы современной педиатрии. – 2015. – Т. 14, № 1. – С. 124–131.
4. Динамика состояния опорно-двигательного аппарата у детей и подростков / А.А. Антонова, Г.А. Яманова, В.Г. Сердюков, М.Р. Магомедова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – Т. 97, № 7 (ч. 2). – С. 53–56. DOI: 10.23670/IRJ.2020.97.7.044
5. Зятицкая А.Л. Проблема диагностики снижения костной прочности у детей // Бюллетень сибирской медицины. – 2009. – Т. 8, № 2. – С. 76–84.
6. Влияние хронического психосоциального стресса на состояние костной ткани студенток медицинского университета / Д.С. Тажибаева, Н.Б. Кабдуалиева, М.К. Байбакова, Г.Е. Бегларова, Л.Н. Зарипова // Вестник Казахского национального медицинского университета. – 2013. – Т. 5, № 1. – С. 233–236.
7. Сколиоз у детей: новые подходы к решению важной медико-социальной проблемы / А.Г. Куликов, Т.Н. Зайцева, О.П. Пыжевская, Е.Р. Иванова // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2016. – Т. 19, № 4. – С. 178–181. DOI: 10.18821/1560-9537-2016-19-4-178-181
8. Онищенко Г.Г., Зайцева Н.В., Землянова М.А. Гигиеническая индикация последствий для здоровья при внешнесредовой экспозиции химических факторов / под ред. Г.Г. Онищенко. – Пермь: Книжный формат, 2011. – 532 с.
9. Региональные особенности содержания металлов в сыворотке крови подросткового населения горнорудного региона / Ю.С. Рафикова, И.Н. Семенова, Я.Т. Суюндуков, Р.Ф. Хасанова, Г.Я. Биктимерова, С.Ш. Рафиков // Медицина труда и экология человека. – 2017. – Т. 10, № 2. – С. 34–37.
10. Manganese exposure and association with hormone imbalance in children living near a ferro-manganese alloy plant / N.R. dos Santos, J.L.G. Rodrigues, M.J. Bandeira, A.L. dos S. Anjos, C.F.S. Araújo, L.F.F. Adan, J.A. Menezes-Filho // Environ Res. – 2019. – Vol. 172. – P. 166–174. DOI: 10.1016/j.envres.2019.02.021
11. Environmental Co-Exposure to Lead and Manganese and Intellectual Deficit in School-Aged Children / J.A. Menezes-Filho, C.F. Carvalho, J.L.G. Rodrigues, C.F.S. Araújo, N.R. dos Santos, C.S. Lima, M.J. Bandeira, B.L. de S. Marques [et al.] // Int. J. Environ. Res. Public Health. – 2018. – Vol. 15, № 11. – P. 2418. DOI: 10.3390/ijerph1511241

12. Садвакасова Н.А. Проблема умственной работоспособности у детей [Электронный ресурс] // Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования. – 2018. – № 3. – URL: <https://scientificreview.ru/ru/article/view?id=38> (дата обращения: 14.09.2021).
13. Жулев Е.Н., Вельмакина И.В., Тюрина К.С. Влияние уровня психоэмоционального напряжения на клинические проявления мышечно-суставной дисфункции височно-нижнечелюстного сустава у лиц молодого возраста [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 1. – С. 20. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27360> (дата обращения: 23.06.2021).
14. Синдром высоких учебных нагрузок у детей школьного и подросткового возраста / Г.А. Каркашадзе, Л.С. Назарова-Баранова, И.Н. Захарова, С.Г. Макарова, О.И. Маслова // Педиатрическая фармакология. – 2017. – Т. 14, № 1. – С. 7–23. DOI: 10.15690/pf.v14i1.1697
15. Мирская Н. Б. Факторы риска, негативно влияющие на формирование костно-мышечной системы детей и подростков в современных условиях // Гигиена и санитария. – 2013. – Т. 92, № 1. – С. 65–71.
16. Influence of physical activity and postural habits in schoolchildren with scoliosis / S.J.C. de Assis, G.J.B. Sanchis, C.G. de Souza, A.G. Roncalli // Arch. Public. Health. – 2021. – Vol. 79, № 1. – P. 63. DOI: 10.1186/s13690-021-00584-6
17. Мирская Н.Б., Коломенская А.Н., Синякина А.Д. Медико-социальная значимость нарушений и заболеваний костно-мышечной системы детей и подростков (обзор литературы) // Гигиена и санитария. – 2015. – Т. 94, № 1. – С. 97–104.
18. Relationship between idiopathic scoliosis of the spine and dentognathic anomalies in adolescents / Y.Y. Kostenko, V.S. Melnyk, L.F. Horzov, A.M. Potapchuk // Wiad Lek. – 2019. – Vol. 72 (11 cz 1). – P. 2117–2120.
19. Low hospital referral rates of school scoliosis screening positives in an urban district of mainland China / Y. Guo, Q. Jiang, T. Tanimoto, M. Kami, C. Luo, C. Leppold, K. Nishimura, Y. He [et al.] // Medicine (Baltimore). – 2017. – Vol. 96, № 14. – P. e6481. DOI: 10.1097/MD.00000000000006481
20. Factors associated with scoliosis in schoolchildren: a cross-sectional population-based study / M.P. Baroni, G.J. Sanchis, S.J. de Assis, R.G. dos Santos, S.A. Pereira, K.G. Sousa, J.M. Lopes // J. Epidemiol. – 2015. – Vol. 25, № 3. – P. 212–220. DOI: 10.2188/jea.JE20140061
21. Prevalence of scoliosis among primary and middle school students in Mainland China: a systematic review and meta-analysis / H. Zhang, C. Guo, M. Tang, S. Liu, J. Li, Q. Guo, L. Chen, Y. Zhu, S. Zhao // Spine (Phila Pa 1976). – 2015. – Vol. 40, № 1. – P. 41–49. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000664
22. Оценка кальций-фосфорного обмена у подростков с нарушением осанки / Е.А. Кочеткова, О.Ю. Бубнов, Т.Г. Васильева, Б.И. Гельцер // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2006. – Т. 47, № 1. – С. 27–30.
23. Орлов О.И. Профилактика нарушений обмена кальция и систем его регуляции при длительной гипокинезии с участием человека // Остеопороз и остеопатии. – 2007. – № 3. – С. 21–23.
24. Glucocorticoid-induced osteoporosis: an update / G. Mazziotti, A. Angeli, J.P. Bilezikian, E. Canalis, A. Giustina // Trends. Endocrinol. Metab. – 2006. – Vol. 17, № 4. – P. 144–149. DOI: 10.1016/j.tem.2006.03.009
25. Самикулин П.Н., Грязных А.В. Характер изменения кортизола у юношей с различным уровнем тренированности в условиях восстановления после субмаксимальной мышечной нагрузки // Человек. Спорт. Медицина. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 5–13. DOI: 10.14529/hsm170101
26. Взаимосвязь показателей минеральной плотности костной ткани с прогрессированием идиопатического сколиоза у детей и подростков / О.В. Фаламеева, А.В. Графов, Е.А. Куляев, В.С. Холодкин, В.Т. Верхотурова // V Съезд хирургов-вертебрологов России «Вертебрология в России: итоги и перспективы развития»: тезисы доклада на конференции. – Саратов: Эль-Принт, 2014. – С. 198–200.

Закономерности развития у школьников болезней костно-мышечной системы в условиях комплексного воздействия факторов среды обитания и образа жизни / С.Л. Валина, И.Е. Штина, О.А. Маклакова, О.Ю. Устинова, Д.А. Эйфельд // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 3. – С. 54–66. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.05

UDC 613.955 614.72
DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.05.eng

Read
online



Research article

REGULARITIES IN DISEASES OF THE MUSCULOSKELETAL SYSTEM DEVELOPING IN SCHOOLCHILDREN UNDER COMPLEX EXPOSURE TO ENVIRONMENTAL FACTORS AND FACTORS RELATED TO LIFESTYLE

S.L. Valina¹, I.E. Shtina¹, O.A. Maklakova^{1,2}, O.Yu. Ustinova^{1,2}, D.A. Eisfeld¹

¹Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82 Monastyrskaya Str., Perm, 614045, Russian Federation

²Perm State University, 15 Bukireva Str., Perm, 614990, Russian Federation

The present research is vital due to diseases of the musculoskeletal system being widely spread and having great social significance as well as a variety of etiological factors that cause this pathology among schoolchildren. Overall, 339 schoolchildren were examined; they attended secondary schools located on territories with different sanitary-hygienic conditions regarding ambient air. Hygienic, clinical-laboratory and instrumental procedures as well as mathematical data processing were applied to fulfill the research tasks. Average daily consumption of food products was estimated as per "Dairies of a weekly schoolchildren's ration"; specific factors related to lifestyle were estimated via questioning performed with a specifically designed authors' questionnaire. Children who attended a secondary school in a city where metallic construction materials were manufactured had manganese concentrations in their blood that were by 8–9 % higher than among their counterparts from the reference group; lead concentrations in their blood were by 1.9–2.2 times higher than in the reference group and by up to 1.7 times higher than background levels. Priority factors that produce such negative effects on health as diseases of the musculoskeletal system include the following: school subjects with the same complexity do not interchange with simpler ones in schedules; breaks between classes do not conform to hygienic regulations; food rations are imbalanced as per milk products and eggs; physical training and doing sports are irregular; homework takes longer period of times than before. Average ionized calcium contents in blood of children from the test group were by 9.0–14.0 % lower and hydrocortisone contents were by 1.3–1.5 times higher than in the reference group ($p=0.0001-0.01$). Lower mineral density of bone tissues was by 1.6 times more frequent among children from the test group ($p=0.04$). Diseases of the musculoskeletal system were 4.6–15 times more probable and scoliosis was 8–11 times more probable due to persistent exposure to manganese and lead, violated hygienic principles of education process organization and food rations, and low physical activity of schoolchildren. Changes in bone metabolism, activation of a stress-releasing system, and a decrease in bone mass are basic etiopathogenetic regularities in developing chronic pathology of the musculoskeletal system among schoolchildren associated with exposure to specific environmental factors and factors related to lifestyle.

Key words: diseases of the musculoskeletal system, schoolchildren, environmental factors, education process, nutrition, lifestyle, cause-and-effect regularities.

References

1. Bantyeva M.N., Manoshkina E.M., Sokolovskaja T.A., Matveev E.N. Trends in incidence and dynamics of chronic pathology in children aged 0–14 in the Russian Federation. *Sotsial'nye aspekty zdorov'ya naseleniya*, 2019, vol. 65, no. 5, pp. 10. DOI: 10.21045/2071-5021-2019-65-5-10 (in Russian).
2. Mansurova G.Sh., Maltsev S.V., Ryabchikov I.V. Features of formation of the musculoskeletal system in schoolchildren: diseases, causes and possible ways of correction. *Prakticheskaya meditsina*, 2019, vol. 17, no. 5, pp. 51–55. DOI: 10.32000/2072-1757-2019-5-51-55 (in Russian).
3. Volkova L.Yu. Alimentary factors of bone tissue development in children and adolescents. Preventive measures against potential disorders. *Voprosy sovremennoi pediatrii*, 2015, vol. 14, no. 1, pp. 124–131 (in Russian).

© Valina S.L., Shtina I.E., Maklakova O.A., Ustinova O.Yu., Eisfeld D.A., 2021

Svetlana L. Valina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Department for Children and Teenagers Hygiene (e-mail: valina@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1719-1598>).

Irina E. Shtina – Candidate of Medical Sciences, Head of the Laboratory for Complex Issues of Children's Health with a Clinical Group dealing with Medical and Preventive Health Risk Management Technologies (e-mail: shtina_irina@mail.ru; tel.: +7 (342) 237-27-92; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5017-8232>).

Olga A. Maklakova – Doctor of Medical Sciences, Head of the Consulting and Polyclinic Department; Associate professor at the Department for Human Ecology and Life Safety (e-mail: olga_mcl@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-80-98; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9574-9353>).

Olga Yu. Ustinova – Doctor of Medical Sciences, Deputy Director responsible for clinical work; Professor at the Department for Human Ecology and Life Safety (e-mail: ustinova@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-32-64; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9916-5491>).

Darja A. Eisfeld – Candidate of Biological Sciences, Deputy Director responsible for general issues (e-mail: eisfeld@fcrisk.ru; tel.: +7 (342) 236-77-06; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0442-9010>).

4. Antonova A.A., Yamanova G.A., Serdyukov V.G., Magomedova M.R. Dynamics of locomotor apparatus state in children and adolescents. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal*, 2020, vol. 97, no. 7 (part 2), pp. 53–56. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2020.97.7.044> (in Russian).
5. Zyatitskaya A.L. Problem of diagnostics of deterioration in bone strength in children. *Byulleten' sibirskoi meditsiny*, 2009, vol. 8, no. 2, pp. 76–84 (in Russian).
6. Tazhibaeva D.S., Kabdualieva N.B., Baybakova M.K., Beglarova G.E., Zaripova L.N. The influence of chronic psychosocial stress on bone tissue in medical students. *Vestnik Kazakhskogo natsional'nogo meditsinskogo universiteta*, 2013, vol. 5, no. 1, pp. 233–236 (in Russian).
7. Kulikov A.G., Zaytseva T.N., Pyzhevskaya O.P., Ivanova E.R. Scoliosis in children: new approaches to the solution of important medical and social problems. *Mediko-sotsial'naya ekspertiza i reabilitatsiya*, 2016, vol. 19, no. 4, pp. 178–181. DOI: 10.18821/1560-9537-2016-19-4-178-181 (in Russian).
8. Onishchenko G.G., Zaitseva N.V., Zemlyanova M.A. Identification of health effects caused by environmental chemical exposure. In: G.G. Onishchenko ed. Perm', Knizhnyi format, 2011, 532 p. (in Russian).
9. Rafikova Yu.S., Semenova I.N., Suyundukov Ya.T., Khasanova R.F., Biktimerova G.Ya., Rafikov S.Sh. Regional peculiarities of metal concentration in blood serum among adolescents of the mining region. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*, 2017, vol. 10, no. 2, pp. 34–37 (in Russian).
10. Dos Santos N.R., Rodrigues J.L.G., Bandeira M.J., dos S. Anjos A.L., Araújo C.F.S., Adan L.F.F., Menezes-Filho J.A. Manganese exposure and association with hormone imbalance in children living near a ferro-manganese alloy plant. *Environ. Res.*, 2019, vol. 172, pp. 166–174. DOI: 10.1016/j.envres.2019.02.021
11. Menezes-Filho J.A., Carvalho C.F., Rodrigues J.L.G., Araújo C.F.S., dos Santos N.R., Lima C.S., Bandeira M.J., de S. Marques B.L. [et al.]. Environmental Co-Exposure to Lead and Manganese and Intellectual Deficit in School-Aged Children. *Int J. Environ. Res. Public Health*, 2018, vol. 15, no. 11, pp. 2418. DOI: 10.3390/ijerph15112418.
12. Sadvakasova N.A. Problema umstvennoi rabotosposobnosti u detei [The problem of mental performance in children]. *Nauchnoe obozrenie. Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya*, 2018, no. 3. Available at: <https://scientificreview.ru/ru/article/view?id=38> (14.09.2021) (in Russian).
13. Zhulev E.N., Velmakina I.V., Tyurina K.S. Influence of the psychoemotional voltage level on clinical manifestations of muscular-joint dysfunction of the lumino-lower-male joint in young persons. *Sovremennye problem nauki i obrazovaniya*, 2018, no. 1, pp. 20. Available at: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27360> (23.06.2021) (in Russian).
14. Karkashadze G.A., Namazova-Baranova L.S., Zakharova I.N., Makarova S.G., Maslova O.I. Syndrome of high academic loads in school-aged children and adolescents. *Pediatricheskaya farmakologiya*, 2017, vol. 14, no. 1, pp. 7–23. DOI: 10.15690/pf.v14i1.1697 (in Russian).
15. Mirskaya N.B. Risk factors negatively affecting on the formation of musculoskeletal system in children and adolescents in the present conditions. *Gigiena i sanitariya*, 2013, vol. 92, no. 1, pp. 65–71 (in Russian).
16. De Assis S.J.C., Sanchis G.J.B., de Souza C.G., Roncalli A.G. Influence of physical activity and postural habits in schoolchildren with scoliosis. *Arch Public Health*, 2021, vol. 79, no. 1, pp. 63. DOI: 10.1186/s13690-021-00584-6
17. Mirskaya N.B., Kolomenskaya A.N., Sinyakina A.D. Prevalence and medical and social importance of disorders and diseases of the musculoskeletal systems in children and adolescents (Review of literature). *Gigiena i sanitariya*, 2015, vol. 94, no. 1, pp. 97–104 (in Russian).
18. Kostenko Y.Y., Melnyk V.S., Horzov L.F., Potapchuk A.M. Relationship between idiopathic scoliosis of the spine and dentognathic anomalies in adolescents. *Wiad. Lek.*, 2019, vol. 72 (11 cz 1), pp. 2117–2120.
19. Guo Y., Jiang Q., Tanimoto T., Kami M., Luo C., Leppold C., Nishimura K., He Y. [et al.]. Low hospital referral rates of school scoliosis screening positives in an urban district of mainland China. *Medicine (Baltimore)*, 2017, vol. 96, no. 14, pp. e6481. DOI: 10.1097/MD.00000000000006481
20. Baroni M.P., Sanchis G.J., de Assis S.J., dos Santos R.G., Pereira S.A., Sousa K.G., Lopes J.M. Factors associated with scoliosis in schoolchildren: a cross-sectional population-based study. *J. Epidemiol.*, 2015, vol. 25, no. 3, pp. 212–220. DOI: 10.2188/jea.JE20140061
21. Zhang H., Guo C., Tang M., Liu S., Li J., Guo Q., Chen L., Zhu Y., Zhao S. Prevalence of scoliosis among primary and middle school students in Mainland China: a systematic review and meta-analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*, 2015, vol. 40, no.1, pp. 41–49. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000664
22. Kochetkova E.A., Bubnov O.Y., Vasileva T.G., Geltser B.I. Estimation of calcium-phosphorus exchange in adolescent with carriage disorders. *Byulleten' VSNTs SO RAMN*, 2006, vol. 47, no. 1, pp. 27–30 (in Russian).
23. Orlov O.I. Profilaktika narushenii obmena kal'tsiya i sistem ego regulyatsii pri dlitel'noi gipokinezii s uchastiem cheloveka [Prevention of disorders of calcium metabolism and its regulation systems during prolonged hypokinesia with human participation]. *Osteoporoz i osteopatii*, 2007, vol. 10, no. 3, pp. 21–23. DOI: 10.14341/oste02007321-23 (in Russian).
24. Mazziotti G., Angeli A., Bilezikian J.P., Canalis E., Giustina A. Glucocorticoid-induced osteoporosis: an update. *Trends Endocrinol. Metab.*, 2006, vol. 17, no. 4, pp. 144–149. DOI: 10.1016/j.tem.2006.03.009
25. Samikulina P.N., Gryaznykh A.V. Changes of cortisol values in young men with different levels of physical fitness during recovery after submaximal muscular load. *Chelovek. Sport. Meditsina*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 5–13 DOI: 10.14529/hsm170101 (in Russian).
26. Falameeva O.V., Grafov A.V., Kulyaev E.A., Kholodkin V.S., Verkhoturova V.T. Vzaimosvyaz pokazatelei mineral'noi plotnosti kostnoi tkani s progressirovaniem idiopatcheskogo skolioza u detei i podrostkov [The relationship of bone mineral density indicators with the progression of idiopathic scoliosis in children and adolescents]. V S'ezd khirurgov-vertebrologov Rossii «Vertebrologiya v Rossii: itogi i perspektivy razvitiya»: tezisy doklada na konferentsii. Saratov, El'-Print Publ., 2014, pp. 198–200 (in Russian).

Valina S.L., Shtina I.E., Maklakova O.A., Ustinova O.Yu., Eisfeld D.A. Regularities in diseases of the musculoskeletal system developing in schoolchildren under complex exposure to environmental factors and factors related to lifestyle. *Health Risk Analysis*, 2021, no. 3, pp. 54–66. DOI: 10.21668/health.risk/2021.3.05.eng

Получена: 14.09.2021

Принята: 15.09.2021

Опубликована: 30.09.2021