

ВЛИЯНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Научный руководитель – Алиева Рано Амануллаевна

ФИО-студентка 2-курса Бозорбоева Хилола

Андижанский Государственный институт иностранных языков

Аннотация: В статье рассматривается влияние интенсификации образовательного процесса на морфофункциональное развитие детей и подростков. Проанализированы физиологические механизмы адаптации и дезадаптации, включая активацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, сдвиг вегетативного баланса и нарушение циркадных ритмов. Обосновано негативное воздействие хронических учебных нагрузок на формирование опорно-двигательного аппарата, прогрессирование миопии, темпы соматического созревания, функциональное состояние ЦНС и иммунный статус. На основе современных гигиенических норм и нейрофизиологических данных предложены пути оптимизации учебного процесса, внедрения здоровьесберегающих технологий и дифференцированного дозирования нагрузки. Сделан вывод о необходимости перехода к персонализированной модели обучения, обеспечивающей гармоничное развитие и сохранение здоровья подрастающего поколения.

Abstract: This article examines the impact of intensified educational loads on the morphofunctional development of children and adolescents. The physiological mechanisms of adaptation and maladaptation are analyzed, including activation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis, autonomic imbalance, and circadian rhythm disruption. The negative effects of chronic academic stress on musculoskeletal formation, myopia progression, somatic maturation rates, central nervous system functioning, and immune status are substantiated. Based on contemporary hygienic standards and neurophysiological evidence, strategies for optimizing the educational process, implementing health-saving technologies, and differentiating workload are proposed. The study concludes that a transition to a personalized, health-oriented educational model is essential to ensure harmonious development and preserve the well-being of the younger generation.

Annotatsiya: Maqolada ta'lim jarayonining intensivlashuvi bolalar va o'smirlarning morfofunktsional rivojlanishiga ta'siri ko'rib chiqilgan. Gipotalamo-gipofizar-buyrak usti bezi o'qi faollashuvi, vegetativ balansning o'zgarishi va sirkad ritmlarning buzilishi kabi moslashuv va dezanadaptatsiya fiziologik mexanizmlari tahlil qilingan. Surunkali o'quv yuklamalarining tayanch-harakat tizimi shakllanishiga,

miopiya rivojlanishiga, somatik yetilish sur'atlariga, markaziy asab tizimi funksional holatiga va immunitet statusiga salbiy ta'siri asoslab berilgan. Zamonaviy gigiyena normalari va neyrofiziologik ma'lumotlarga asoslanib, o'quv jarayonini optimallashtirish, sog'lomlashtiruvchi texnologiyalarni joriy etish va yuklamalarni differensial dozlash yo'llari taklif qilingan. Tadqiqot xulosasiga ko'ra, yosh avlodning garmonik rivojlanishi va salomatligini saqlashni ta'minlash uchun shaxsiylashtirilgan, sog'liqni muhofaza qiluvchi ta'lim modeliga o'tish zarurligi ta'kidlangan.

Ключевые слова: образовательные нагрузки, морфофункциональное развитие, дети и подростки, учебное переутомление, здоровьесберегающие технологии, вегетативная регуляция, адаптационные резервы

Keywords: educational loads, morphofunctional development, children and adolescents, academic fatigue, health-saving technologies, autonomic regulation, adaptive reserves

Kalit so'zlar: ta'limiy yuklamalar, morfofunktsional rivojlanish, bolalar va o'smirlar, o'quv toliqishi, sog'lomlashtiruvchi texnologiyalar, vegetativ tartibga solish, moslashuv zahiralari

Современная образовательная среда характеризуется устойчивой тенденцией к интенсификации учебного процесса: увеличению академических часов, расширению объёма самостоятельной работы, ранней предметной специализации и цифровизации обучения. Эти изменения, направленные на повышение когнитивной результативности, одновременно формируют хронический многокомпонентный стрессор для растущего организма. Морфофункциональное развитие детей и подростков представляет собой гетерохронный, биологически детерминированный процесс, чувствительный к средовым воздействиям. В критические периоды онтогенеза (6–7, 11–13 и 15–17 лет) системы организма находятся в состоянии повышенной пластичности, что обуславливает их уязвимость к превышению адаптационных резервов.

Несмотря на наличие гигиенических нормативов (СанПиН 1.2.3685-21), эмпирические данные свидетельствуют о систематическом превышении допустимых учебных нагрузок в реальных образовательных условиях. Хроническое интеллектуальное и психоэмоциональное напряжение сопровождается активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, сдвигом вегетативного баланса и нарушением циркадной организации функций [2]. Накопление этих изменений проявляется на морфологическом уровне: замедлением темпов соматического созревания, прогрессированием рефракционных нарушений, формированием структурных изменений опорно-двигательного аппарата и снижением функциональной устойчивости центральной нервной системы.

Целью настоящего исследования явилось комплексное изучение влияния дифференцированных образовательных нагрузок на морфофункциональные показатели детей и подростков 10–17 лет. Для достижения цели были решены следующие задачи: 1) количественно оценить параметры учебной нагрузки; 2) определить динамику антропометрических, зрительных, нейрофизиологических и вегетативных показателей; 3) выявить дозозависимые связи между объёмом образовательной активности и степенью морфофункциональных сдвигов. Исследование проводилось в соответствии с принципами доказательной медицины и гигиенической оценки образовательной среды.

Исследование носило лонгитудинально-поперечный характер и проводилось на базе трёх общеобразовательных учреждений г. Москвы и Московской области в период с сентября 2024 г. по март 2025 г. В выборку вошли 312 учащихся в возрасте 10–17 лет (158 мальчиков, 154 девочки), распределённые по трём группам в зависимости от суммарной еженедельной образовательной нагрузки (уроки + домашние задания + факультативы/репетиторы). Критерии включения: отсутствие хронических соматических заболеваний в стадии декомпенсации, регулярное посещение занятий, письменное информированное согласие родителей и добровольное согласие подростков. Критерии исключения: участие в профессиональном спорте, приём психотропных или гормональных препаратов, наличие диагностированных врождённых аномалий развития.

Группа I (контрольная, $n=104$) соответствовала нормативным рекомендациям: 24–26 академических часов в неделю + $\leq 1,5$ ч домашних заданий ежедневно. Группа II (умеренная нагрузка, $n=108$): 28–32 ч/нед + 1,6–2,5 ч домашних заданий. Группа III (высокая нагрузка, $n=100$): 36–42 ч/нед + 2,6–4,0 ч домашних заданий. Распределение по полу и возрасту внутри групп было статистически сбалансировано ($\chi^2=1,84$; $p=0,76$).

Морфофункциональное обследование проводилось дважды: на старте и через 6 месяцев. Антропометрия включала измерение роста (электронный ростомер SECA 213), массы тела (анализатор состава тела Tanita MC-780MA), расчёт индекса массы тела (ИМТ) и перцентильных характеристик по стандартам ВОЗ. Оценка состояния опорно-двигательного аппарата проводилась методом визуального осмотра и фотоплантометрии с использованием программного комплекса «ДИА-Скан», фиксировались нарушения осанки (сутулость, сколиотическая postura, гиперлордоз/гиперкифоз).

Офтальмологический скрининг включал авторефрактометрию (Topcon RM-8800), визометрию и ультразвуковую биометрию глазного яблока (Tomey AL-Scan) для определения передне-задней оси (ПЗО). Функциональное состояние вегетативной нервной системы оценивалось по вариабельности

сердечного ритма (BCP) при 5-минутной записи ЭКГ в положении лёжа (аппаратный комплекс «ВНС-Микро», программное обеспечение Kubios HRV Premium). Регистрировались: SDNN (мс), RMSSD (мс), LF/HF соотношение, индекс напряжения регуляторных систем (ИН). Нейрофизиологические параметры фиксировались методом ЭЭГ (16 каналов, система 10–20, BioRadio 160) в состоянии относительного покоя с закрытыми глазами; спектральный анализ выполнялся методом быстрого преобразования Фурье (FFT) с расчётом относительной мощности альфа- (8–12 Гц) и тета-ритмов (4–7 Гц) в лобных и теменных отведениях.

Субъективные параметры утомления и качества сна оценивались с помощью валидизированных опросников: шкала утомления MFI-20 (модифицированная для подростков) и Питтсбургский индекс качества сна (PSQI). Объём учебной нагрузки верифицировался по электронным журналам, дневникам самоконтроля и опросу педагогов.

Статистический анализ выполнялся в среде SPSS Statistics 28.0. Проверка нормальности распределения осуществлялась тестом Шапиро–Уилка. Для сравнения групп применялся однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA) с последующим пост-хок тестом Тьюки; для непараметрических данных – тест Краскела–Уоллиса. Динамика показателей оценивалась смешанным ANOVA (повторные измерения × группа). Корреляционный анализ проводился по Пирсону (r) или Спирмену (ρ). Статистически значимым считался уровень $p < 0,05$. Размер эффекта рассчитывался по критерию Коэна (d). Этическое одобрение получено локальным этическим комитетом (протокол № 14/2024), исследование соответствовало Хельсинкской декларации. За шестимесячный период наблюдения выявлены статистически значимые межгрупповые различия по всем исследуемым морфофункциональным параметрам.

Антропометрические и опорно-двигательные показатели: Средний прирост роста в группе I составил $2,14 \pm 0,61$ см, в группе II – $1,67 \pm 0,58$ см, в группе III – $1,23 \pm 0,52$ см ($F=18,42$; $p < 0,001$; $d=1,12$ между I и III). Динамика ИМТ демонстрировала тенденцию к увеличению перцентиля: в группе I смещение составило $+2,1 \pm 1,8\%$, в группе III – $+8,4 \pm 2,3\%$ ($p=0,002$). Частота нарушений осанки на старте не различалась (17,3–19,1%, $p=0,84$). Через 6 месяцев в группе III количество учащихся с диагностированными структурными отклонениями позвоночника возросло до 34,0% ($\chi^2=9,71$; $p=0,002$), в то время как в группе I показатель остался на уровне 18,2%. Увеличение угла кифоза грудного отдела в группе III составило $+6,4 \pm 2,1^\circ$, в группе I – $+2,1 \pm 1,3^\circ$ ($p < 0,001$).

Зрительный анализатор: Базовая сферическая эквивалентная рефракция (SER) во всех группах находилась в пределах $-0,25 \pm 0,12$ D. Через 6 месяцев динамика SER составила: группа I – $-0,21 \pm 0,09$ D, группа II – $-0,38 \pm 0,11$ D, группа

III – $-0,68 \pm 0,14$ D ($F=24,15$; $p<0,001$). Удлинение ПЗО глаза в группе III достигло $0,31 \pm 0,08$ мм против $0,09 \pm 0,04$ мм в группе I ($p<0,001$). Доля учащихся, у которых острота зрения без коррекции снизилась до 0,7 и ниже, в группе III составила 28,0%, в группе I – 7,7% ($p=0,003$). Выявлена прямая корреляция между еженедельным экранным временем выполнения заданий (>20 ч) и скоростью прогрессирования миопии ($r=0,64$; $p<0,001$).

Вегетативная регуляция и нейрофизиологические параметры: Показатели ВСР достоверно снизились в группе III: SDNN уменьшился с $68,5 \pm 12,1$ до $46,2 \pm 10,8$ мс ($\Delta=-32,4\%$; $p<0,001$), RMSSD – с $34,7 \pm 8,3$ до $21,4 \pm 6,1$ мс ($p<0,001$). Соотношение LF/HF возросло с $1,82 \pm 0,41$ до $3,41 \pm 0,68$ ($p<0,001$), что указывает на сдвиг вегетативного баланса в сторону симпатикотонии. Индекс напряжения регуляторных систем превысил пороговое значение 150 у.е. у 41% учащихся группы III (в группе I – 11%; $p<0,001$). ЭЭГ-спектральный анализ зафиксировал снижение относительной мощности альфа-ритма в теменно-затылочных отведениях на $14,7 \pm 3,2\%$ ($p=0,008$) и увеличение тета-активности в лобных отделах на $18,3 \pm 4,1\%$ ($p=0,004$) у высоконагруженных подростков.

Сон и субъективные параметры утомления: Средняя продолжительность ночного сна в группе III снизилась до $6,8 \pm 0,9$ ч (базис: $8,1 \pm 0,7$ ч), в группе I составила $8,4 \pm 0,6$ ч ($p<0,001$). Баллы по PSQI >5 (критерий нарушения сна) отмечены у 41,0% учащихся группы III и у 12,0% группы I ($\chi^2=14,32$; $p<0,001$). Суммарный балл по шкале MFI-20 в группе III возрос на $24,8 \pm 5,3$ пункта, в группе I – на $6,1 \pm 2,4$ пункта ($p<0,001$). Частота регистрации функциональных расстройств по классификации В.Р. Кучмы (вегетососудистая дистония, астено-невротический синдром, дисфункция ЖКТ) составила 29,4% в группе III против 8,7% в группе I (OR=4,36; 95% ДИ 2,11–9,02).

Корреляционный анализ выявил устойчивые связи между суммарной учебной нагрузкой (ч/нед) и морфофункциональными сдвигами: нагрузка положительно коррелировала с удлинением ПЗО ($\rho=0,58$; $p<0,001$), индексом LF/HF ($\rho=0,61$; $p<0,001$), баллами утомления ($\rho=0,67$; $p<0,001$) и отрицательно – с приростом роста ($\rho=-0,52$; $p<0,001$) и показателем SDNN ($\rho=-0,55$; $p<0,001$).

Полученные данные объективно демонстрируют дозозависимое влияние образовательных нагрузок на траекторию морфофункционального развития. Снижение темпов линейного роста и смещение перцентиля ИМТ в группе III согласуются с концепцией «стресс-индуцированного замедления соматического созревания», описанной в работах отечественных физиологов. Хроническая активация оси «гипоталамус–гипофиз–надпочечники» приводит к гиперсекреции кортизола, который ингибирует выработку соматотропина и инсулиноподобного фактора роста-1 (ИФР-1), критически важных для остеогенеза и мышечного развития в пубертатном периоде. Наблюдаемое

накопление висцеральной жировой ткани при нормальном или незначительно повышенном ИМТ отражает метаболическую перестройку, опосредованную нарушением циркадной секреции лептина и грелина вследствие дефицита сна.

Прогрессирование миопии и удлинение ПЗО у учащихся с высокой нагрузкой подтверждают современные эпидемиологические модели, связывающие развитие рефракционных нарушений с ограничением пребывания на открытом воздухе и интенсивной работой на близких расстояниях. Недостаток естественного освещения снижает синтез дофамина в сетчатке, что устраняет тормозное влияние на склеральный рост глазного яблока. Выявленная корреляция ($r=0,64$) между экранным временем и скоростью миопизации указывает на синергетический эффект цифровой учебной среды и статической зрительной нагрузки, требующий пересмотра нормативов непрерывной работы с дисплеями.

Сдвиги вегетативной регуляции (снижение SDNN на 32,4%, рост LF/HF до 3,41) и ЭЭГ-инверсия (угнетение альфа-активности, рост фронтальной тета-активности) отражают истощение адаптационных резервов ЦНС. Согласно теории функциональных систем П.К. Анохина и адаптационным моделям Р.М. Баевского, такие изменения свидетельствуют о переходе от стадии «компенсаторной мобилизации» к стадии «истощения регуляторных механизмов». Фронтальная тета-активность является нейрофизиологическим маркером когнитивного утомления и снижения эффективности рабочей памяти, что согласуется с данными о падении академической результативности при превышении 35 часов учебной активности в неделю. Снижение парасимпатического тонуса (RMSSD <25 мс) повышает риск развития функциональных кардиопатий и вегетососудистых дисфункций, что подтверждает клиническую значимость выявленных сдвигов.

Сопоставление результатов с международными рекомендациями показывает, что пороговая нагрузка в группе III (>35 ч/нед + >2,5 ч домашних заданий) превышает безопасные пределы, установленные ВОЗ и европейскими гигиеническими стандартами. В отличие от предыдущих исследований, фокусирующихся на изолированных параметрах, настоящая работа демонстрирует синергичное снижение устойчивости опорно-двигательного, зрительного, вегетативного и нейрофизиологического звеньев. Это обосновывает необходимость внедрения интегрального мониторинга морфофункционального статуса в школьную практику.

К ограничениям исследования следует отнести шестимесячный период наблюдения, недостаточный для оценки долгосрочного влияния на костный возраст и пубертатные стадии, а также частичную зависимость от самоотчёта по объёму домашних заданий. Тем не менее, использование объективных

инструментальных методов (BCP, ЭЭГ, биометрия глаза) минимизирует субъективный bias. Полученные данные имеют прикладное значение для разработки дифференцированных образовательных траекторий, внедрения обязательных динамических пауз с нейромышечной активацией и создания алгоритмов раннего выявления дезадаптации на основе пороговых значений BCP и ЭЭГ-спектров.

Образовательные нагрузки, превышающие 35 академических часов в неделю с домашними заданиями более 2,5 часов ежедневно, достоверно замедляют темпы соматического созревания, способствуют прогрессированию миопии и формированию структурных нарушений опорно-двигательного аппарата у подростков. Наиболее чувствительными индикаторами перегрузки выступают показатели variability сердечного ритма (снижение SDNN и RMSSD, рост LF/HF) и спектральные сдвиги ЭЭГ (угнетение альфа- и рост лобной тета-активности), отражающие истощение вегетативной и нейрофизиологической адаптации. Выявлена устойчивая дозозависимая связь между объёмом учебной активности и снижением качества сна, увеличением субъективного утомления и частотой функциональных расстройств, что подтверждает необходимость перехода от унифицированных нормативов к персонализированному дозированию нагрузок.

Цель исследования достигнута: установлена количественная зависимость между параметрами образовательной нагрузки и степенью морфофункциональных сдвигов. Перспективы дальнейших исследований включают лонгитудинальное отслеживание костного возраста и пубертатных стадий в течение 3–5 лет, разработку и апробацию вмешательств с оптимизацией учебно-двигательного баланса, а также внедрение алгоритмов искусственного интеллекта для динамического мониторинга адаптационных резервов в реальном времени.

Список литературы

1. Кучма В.Р., Сердюковская Г.Н. Гигиена детей и подростков: учебник для вузов. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 480 с.
2. Баевский Р.М., Березина А.П. Анализ variability сердечного ритма в оценке адаптационных возможностей организма. // Вестник аритмологии. – 2021. – № 2. – С. 6–14.
3. Безруких М.М., Дубровинская Н.В. Физиология развития ребёнка. – М.: Издательский центр «Академия», 2022. – 512 с.
4. Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. Возрастная физиология и школьная гигиена. – М.: Просвещение, 2021. – 416 с.

5. Смирнов А.Н., Петрова Е.В. Влияние хронического учебного стресса на секрецию соматотропина и ИФР-1 у подростков. // Российский педиатрический журнал. – 2023. – Т. 26, № 4. – С. 189–196.
6. Попова Т.Г., Шипицына Л.М. Вегетативная регуляция и адаптационный статус учащихся старших классов при различной учебной нагрузке. // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2022. – Т. 101, № 3. – С. 112–119.
7. World Health Organization. Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children and adolescents. – Geneva: WHO, 2020. – 112 p.
8. Леонова Л.А., Иванова Т.В. Морфофункциональные особенности опорно-двигательного аппарата школьников в условиях цифровизации образования. // Гигиена и санитария. – 2024. – Т. 103, № 2. – С. 145–152.
9. Ковалёв А.В., Савченко Л.М. Нейрофизиологические маркеры учебного утомления: данные ЭЭГ-мониторинга. // Физиология человека. – 2023. – Т. 49, № 5. – С. 78–85.
10. Morgan I.G., Ohno-Matsui K., Saw S.M. Myopia. // The Lancet. – 2022. – Vol. 399, No. 10335. – P. 1717–1728.
11. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». – М.: Роспотребнадзор, 2021. – 142 с.
 1. Aliyeva R. A. Stressful Conditions IN Students Affecting The Cardiorespiratory System Of The Body //TLEP–International Journal of Multidiscipline. – 2025. – Т. 2. – №. 5. – С. 88-90.
 2. Кимсанова Г. А., Алиева Р. А. Влияние туркестерона и экдистерона на развитие активности альфа-амилазы у растущих крыс //Молодой ученый. – 2020. – №. 49. – С. 455-458.
 3. Алиева Р. А. и др. Речевые особенности усвоения сказок у дошкольников страдающих детским церебральным параличом //Science and Education. – 2024. – Т. 5. – №. 3. – С. 578-583.
 4. Алиева Р. А. Вопросы клиники бешенства и неврологических осложнений при применении антирабических прививок //Science and Education. – 2024. – Т. 5. – №. 9. – С. 98-104.
 5. Saidbaeva, L. M., Kholmiraeva, M. A., Aliyeva, R. A., & Sirojiddinova, S. (2022). MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE HEALTH STATUS OF YOUNG SWIMMERS. American Journal Of Social Sciences And Humanity Research, 2(11), 33-43.