

№ 2
2026

ФГБНУ «ИНСТИТУТ РАЗВИТИЯ,
ЗДОРОВЬЯ И АДАПТАЦИИ РЕБЕНКА»

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

25

ЖУРНАЛУ 25 ЛЕТ!

*К юбилею журнала
«Новые исследования»*

*Оздоровительная и адаптивная
физическая культура.
Физиология спорта и здоровье*

*Междисциплинарные
исследования когнитивных
процессов*

*Физиологические процессы
обеспечения двигательной
активности*

Москва



НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Учредитель:
федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Институт развития, здоровья и адаптации ребенка»

№ 2(86) 2026

Выходит с 2001 г.

Выходит 4 раза в год

Главный редактор Приступа Е.Н., д.п.н., проф., Москва

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Адамовская О. Н., к.б.н., Москва
Догадкина С. Б., к.б.н., Москва
Карпинский К. В., д.псх.н., проф., Гродно,
Беларусь
Коняев И. Д., к.б.н., Москва
Ларионова Л. И., д.псх.н., проф., Москва
Лях В. И., д.п.н., проф., Москва
Малых С. Б., д.псх.н., проф., академик
РАО, Москва
Михайлова Е. С., д.б.н., Москва
Неборский Е. В., д.п.н., доц., Москва
Парамонова М. Ю., к.п.н., доц., Москва
Щербина А. И., к.п.н., Москва

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Байковский Ю. В., д.п.н., проф., Москва
Баранцев С. А., д.п.н., проф., Москва
Белялетдинова И. Х., к.м.н., Москва
Быков Е. В., д.м.н., проф., Челябинск
Володин А. А., д.п.н., доц., Москва
Кучма В. Р., д.м.н., проф., член-корр. РАН,
Москва
Левушкин С. П., д.б.н., проф., Москва
Мачинская Р. И., д.б.н., проф.,
член-корр. РАО, Москва
Сонькин В. Д., д.б.н., проф., Москва
Стукаленко Н. М., д.п.н., проф., Кокшетау,
Казахстан

Издатель: ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка»

Почтовый адрес: 119121, г. Москва, ул. Погодинская, д. 8, корп. 2

e-mail: almanac@mail.ru, адрес сайта: <https://irzar.ru/journal/>

Тел./факс: +7 (499) 245-04-33

Объем журнала: 3,90 Мб

Дата размещения на сайте: 30.06.2026

Изготовление макета: Издательский дом «Ажур», г. Екатеринбург, ул. Восточная, д. 54



NOVYE ISSLEDOVANIA

Founder:
The Federal State Budget Scientific Institution
«Institute of Child Development, Health and Adaptation»

№ 2(86) 2026

Published since 2001.

Published four times a year

Editor-in-Chief: Pristupa E.N., D. Sc. (Pedagogy), prof., Moscow

EDITORIAL BOARD

Adamovskaya O. N., Cand. Sc. (Biology),
Moscow
Dogadkina S. B., Cand. Sc. (Biology), Moscow
Karpinsky K. V., D. Sc. (Psychology), prof.,
Grodno, Belarus
Konyayev I. D., Cand. Sc. (Biology), Moscow
Larionova L. I., D. Sc. (Psychology), prof.,
Moscow
Lyakh, V. I., D. Sc. (Pedagogy), prof., Moscow
Malykh S. B., D. Sc. (Psychology), assoc. prof.,
full member of RAE, Moscow
Mikhailova E. S., D.Sc. (Biology), Moscow
Neborsky E. V., D.Sc. (Pedagogy), docent
Moscow
Paramonova M. Yu., Cand. Sc. (Pedagogy),
Moscow
Shcherbina A. I., Cand. Sc. (Pedagogy)
Moscow

EDITORIAL COUNCIL

Bajkovskij Yu. V., D. Sc. (Pedagogy), prof.,
Moscow
Barantsev S. A., D. Sc. (Pedagogy), prof.,
Moscow
Belyaletdinova I. H., Cand. Sc. (Medical),
Moscow
Bykov E. V., D. Sc., prof., Chelyabinsk
Volodin A. A., D. Sc (Pedagogy), assoc. prof.,
Moscow
Kuchma V. R., D. Sc. (Medicine), prof.,
corresponding member RAS., Moscow Levushkin
S. P., D. Sc. (Biology), prof., Moscow
Machinskaya R. I., D. Sc. (Biology), prof.,
corresponding member RAE, Moscow
Sonkin V. D., D. Sc. (Biology), prof., Moscow
Stukalenko N. V., D. Sc (Pedagogy), prof.,
Kokshetau, Kazakhstan

Publisher: The Federal State Budgetary Scientific Institution
«Institute of child development, health and adaptation»
Postal address: 119121, Moscow, st. Pogodinskaya, 8, bldg. 2
e-mail: almanac@mail.ru, website address: <https://irzar.ru/jornal/>
Tel./fax: +7 (499) 245-04-33
Log volume: 3,90 MB

Date posted on the website: 30.06.2026

Production of the layout: Publishing house «Azhur», Ekaterinburg, st. Vostochnaya, 54

ОГЛАВЛЕНИЕ

К ЮБИЛЕЮ ЖУРНАЛА «НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

ЦИКЛ АРХИВНЫХ СТАТЕЙ Д.А. ФАРБЕР И Н.Е. ПЕТРЕНКО,
ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»
В 2010 – 2015 ГГ. ПРОДОЛЖЕНИЕ 7

ОБЗОР МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМПОНЕНТОВ
КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ШКОЛЬНИКОВ, ПРОВОДИМЫХ В ИВФ РАО
(2001-2004 ГГ), РЕЗУЛЬТАТЫ КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ
В Ж. «НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ» В 2012 ГОДУ
Сонькин В.Д. 39

ОЗДОРОВИТЕЛЬНАЯ И АДАПТИВНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА. ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА И ЗДОРОВЬЕ

МЫШЕЧНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕТЕЙ 5-8 ЛЕТ,
НЕ ЗАНИМАЮЩИХСЯ И ЗАНИМАЮЩИХСЯ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ
СПОРТА
Сонькин В.Д. 58

ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ФАКТОР ПРОФИЛАКТИКИ
ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
Васильева А.Е., Шмыгельский И. А. 75

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ГИБКОСТИ В РАБОТЕ
С ЖЕНЩИНАМИ ПЕРИОДА
СРЕДНЕЙ ВЗРОСЛОСТИ
Протасова А. В., Широкова Е. А. 83

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ СПОРТСМЕНОВ:
СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ
Бондарев В.А., Уварова А. И. 93

ВОЗМОЖНОСТИ ЙОГИ В РЕГУЛИРОВАНИИ МЕТАБОЛИЗМА
Паралиенова Д. В., Щеголева М. А. 99

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ И КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ
СТАРШИХ ПОДРОСТКОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ
Немолочная Н.В., Варич Л. А. 106

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ЭМОЦИЙ ПРИ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КРИТИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ОНТОГЕНЕЗА (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Ермакова И.В. 117

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СТРЕССА В ТАНЦЕВАЛЬНОМ СПОРТЕ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Коняев И.Д., Захарьева Н.Н. 133

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ И СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДЕТЕЙ С ПЛОСКОСТОПИЕМ РАЗЛИЧНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Васько О.Н., Ильясевич И.А., Соколовский О.А. 153

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Белова А.Н., Галова Е.А., Воробьева О.В. 163

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ 185

CONTENT

ON THE ANNIVERSARY OF THE JOURNAL "NEW RESEARCH"

A SERIES OF ARCHIVAL ARTICLES BY D.A. FARBER AND N.E. PETRENKO,
PUBLISHED IN THE JOURNAL "NEW RESEARCH" IN 2010-2015.
CONTINUATION 7

REVIEW OF MONITORING STUDIES OF THE COMPONENTS
OF THE QUALITY OF LIFE OF SCHOOLCHILDREN CONDUCTED
AT THE IVF RAO (2001-2004), THE RESULTS OF WHICH WERE PUBLISHED
IN J. NEW RESEARCH IN 2012
Son'kin V. D. 39

HEALTH-IMPROVING AND ADAPTIVE PHYSICAL EDUCATION. PHYSIOLOGY OF SPORTS AND HEALTH

MUSCULAR PERFORMANCE OF CHILDREN AGED 5-8 YEARS OLD,
NON-SPORTS PARTICIPANTS AND PARTICIPANTS
Khakimova D.M., Korneev A.A., Zakharova M.N., Son'kin V.D. 58

PHYSICAL ACTIVITY AS A FACTOR OF PREVENTION OF CHRONIC
DISEASES IN MODERN CONDITIONS
Vasilyeva A.E., Shmygelsky I.A. 75

MODERN TECHNOLOGIES FOR DEVELOPING FLEXIBILITY
IN WORKING WITH WOMAN IN MIDDLE ADULTHOOD
Protasova A.V., Shirokova E. A. 83

HYGIENIC ASSESSMENT OF THE NUTRITION OF STUDENT ATHLETES:
MODERN CHALLENGES AND WAYS OF THEIR OPTIMIZATION
Bondarev V.A., Uvarova A.I. 93

THE POSSIBILITIES OF YOGA IN REGULATION OF METABOLISM
Paralienova D.V., Shchegoleva M. A. 99

INTERDISCIPLINARY STUDIES OF COGNITIVE PROCESSES

CHARACTERISTICS OF NEURODYNAMIC AND COGNITIVE PROCESSES
IN OLDER ADOLESCENTS STUDYING IN VARIOUS CONDITIONS
Nemolochnaya N. V., Varich L.A. 106

PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL MECHANISMS OF EMOTION
REGULATION IN COGNITIVE ACTIVITY DURING CRITICAL PERIODS
OF ONTOGENESIS (ANALYTICAL REVIEW)

Ermakova I.V. 117

PSYCHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL MANIFESTATIONS OF STRESS
IN DANCE SPORT: AN ANALYTICAL REVIEW

Konyaev I.D., Zakharyeva N.N. 133

**PHYSIOLOGICAL PROCESSES
OF ENSURING MOTOR ACTIVITY**

CHANGES IN THE FUNCTIONS OF THE NEUROMUSCULAR
AND VASCULAR SYSTEMS OF THE LOWER EXTREMITIES
IN CHILDREN WITH FLAT FEET OF VARIOUS ETIOLOGIES

Vasko O.N., Ilyasevich I.A., Sakalouski O.A. 153

PREDICTING THE PROGRESSION OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS
IN CHILDREN AND ADOLESCENTS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Belova A.N., Galova E.A., Vorobyova O.V. 163

TO AUTHORS 185

К ЮБИЛЕЮ ЖУРНАЛА «НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ»

ЦИКЛ АРХИВНЫХ СТАТЕЙ Д.А. ФАРБЕР И Н.Е. ПЕТРЕНКО, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ» В 2010 – 2015 ГГ.

Продолжение

Продолжаем знакомство с оригинальными текстами, опубликованными ранее в журналах «Новые исследования». Чтение текстов экспериментальных исследований в первоисточнике позволяет читателю проследить логику каждого эксперимента в отдельности и серии исследований в целом, познакомиться с основными методами электроэнцефалографических исследований мозговой организации когнитивных процессов, способами анализа и представления данных, которые позволили их авторам получить результаты, представляющие большой интерес для современных исследователей. Начало публикации см. в журнале Новые исследования №1-2026

3. <https://elibrary.eu/item.asp?=21075443> Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Произвольное направленное внимание и эффективность опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет // Новые исследования. 2013. № 3 (36). С. 5-26. E-mail: <develop.physiol@inbox.ru>

Исследовались мозговые механизмы, определяющие эффективность зрительного опознания в препубертатном возрасте. Анализировались топографические и временные характеристики связанных с событием потенциалов (ССП) при предъявлении неполных изображений разного уровня фрагментации от трудно опознаваемых до полного изображения. Изображения предъявлялись в условиях направленного внимания, задаваемого предупреждающим стимулом. Анализ внутрикоркового взаимодействия по показателю функции КОГ во временном интервале между предупреждающим и целевым стимулом выявил значительную степень зрелости механизмов избирательного произвольного внимания, осуществляемого при участии префронтальной коры. Вовлечение этих корковых зон в опознание неполных изображений обеспечивает характерную для 10-11-летних эффективность опознания, близкую к дефинитивному уровню. При анализе индивидуальных особенностей эффективности опознания в зависимости от его точности были выделены две группы испытуемых – опознающие эффективно, с малым числом ошибок и опознающие со значимо большим числом ошибок. Для группы с высокими показателями эффективности характерно значимо большее вовлечение вентролатеральных префронтальных корковых зон и нижневисочной коры левого полушария, что, по-видимому, определяет эффективность опознания.

Ключевые слова: зрительное восприятие, эффективность опознания, направленное внимание, альфа-ритм, префронтальная кора, дети 10-11 лет, индивидуальные особенности.

Voluntary attention and efficiency of fragmented images identification in 10–11-year-old children. We investigated the brain mechanisms underlying the effectiveness of visual identification at prepubertal

stage. Topographic and temporal characteristics of event-related potentials (ERPs) were studied during the presentation of incomplete images of various levels of fragmentation (from those which are difficult to recognize to the integral images). Direct attention during this work was stimulated by the prior warning signal. Analysis of intracortical interaction in terms of the COG function between the warning and the target signals showed a significant degree of maturity of voluntary attention, which is fulfilled with the involvement of the prefrontal cortex. It is these cortical areas which provide identification (almost definition) of fragmented images, so characteristic of 10–11-year-old children. The analysis of the individual differences in the efficiency of image identification, depending on its accuracy, made it possible to identify two groups of subjects: those who can identify the image effectively with a few errors, and those who tend to identify it with much more errors. The group with high efficiency demonstrates significantly higher activity in ventrolateral prefrontal cortical areas and inferior temporal cortex of the left hemisphere, which apparently determines the efficiency of identification.

Keywords: *visual perception, efficiency of image identification, directed attention, alpha rhythm, prefrontal cortex, 10–11-year-old children, individual differences.*

В наших предыдущих исследованиях было показано, что мозговые системы, определяющие эффективность когнитивных процессов, созревают постепенно и гетерохронно и к 9 годам близки к дефинитивному типу [1]. Вместе с тем с 11–12 лет начинается новый важный этап развития организма – половое созревание, которое опосредуется усилением активности центрального звена гормональной функции – гипоталамуса, стимулирующего выделение гонадотропного гормона гипофиза [1]. Функциональная активность гипоталамо-гипофизарной системы особенно велика на начальных стадиях (II–III) полового созревания в силу несформированности обратных тормозных влияний гормонов незрелых половых желез. Высокая активность гипоталамуса, играющего важную роль в регуляции активационных процессов, изменяет функциональную организацию мозговых структур, как в состоянии покоя, так и в процессе деятельности. В подростковом возрасте наблюдаются отрицательные сдвиги нейрофизиологических показателей внимания и рабочей памяти, а также проявляющиеся на поведенческом уровне признаки неуравновешенности, эмоциональной неустойчивости и неуправляемости [7, 10].

С целью выявления особенностей когнитивных процессов, связанных с пубертатом, важно было провести детальный анализ мозговых механизмов когнитивной деятельности в период, непосредственно предшествующий этому этапу развития (возраст 10–11 лет). Именно в этом возрасте, с переходом в среднюю школу значительно возрастает объем информации, которую ребенок должен усвоить и научиться ее использовать.

Эффективность информационных процессов определяется, прежде всего, функциональными возможностями и степенью зрелости механизмов анализа и обработки поступающей информации. Учитывая особую функциональную значимость зрительной информации в познавательном развитии ребенка, в настоящей работе анализировалась мозговая организация эффективного зрительного опознания – функции характеризующейся сложностью организации лежащих в ее основе мозговых систем [13, 14, 25, 35, 36, 44]. В настоящем исследовании используется модель опознания неполных (фрагментированных) изображений, дающая возможность оценить степень участия в этом процессе как модально-специфических корковых зон, так и высших ассоциативных отделов коры, участие которых определяет эффективность опознания поступающей информации, увеличивающуюся с возрастом [6, 8, 9]. С прогрессивным созреванием высших отделов коры (префронтальных корковых зон) связано

и формирование механизмов внимания [3, 5, 31, 47], определяющего в период подготовки к решению когнитивной задачи преднастройку к восприятию значимой информации. Изучению этого подготовительного периода посвящено значительное количество исследований. Показано, что функциональное состояние мозга в предстимульный период является значимым предиктором результатов деятельности [26, 45, 48]. Так время реакции может быть предсказано характером и степенью частотно-специфической синхронизации электрической активности сенсорно-специфических и ассоциативных зонах коры больших полушарий в период преднастройки [48]. У человека предстимульное состояние определяет также степень осознанности восприятия [12]. Значительная часть исследований предстимульного периода базируется на анализе ритмической электрической активности мозга [15, 16, 28, 29, 42]. При этом основное внимание обращено на показатель мощности альфа-ритма, уменьшение которого характеризует мобилизационную готовность, направленную на детекцию объекта и его анализ [22, 32, 33, 39, 42, 47]. Между тем для понимания специфики функциональной организации мозга в период преднастройки важна не столько оценка амплитудных значений ритмов ЭЭГ, сколько выявление степени и топографических особенностей их синхронизации. Синхронизация ритмов электрической активности отдельных мозговых структур рассматривается как системообразующий механизм [16], обеспечивающий их взаимодействие в локальных и распределенных нейронных сетях – их объединение в единую нейрокогнитивную систему [19, 29, 37, 40, 43]. В качестве меры синхронности ритмов ЭЭГ как показателя взаимодействия двух отделов мозга традиционно используется функция когерентности (КОГ). Исследование КОГ предстимульного периода выявило специфичность взаимодействия корковых зон в процессе произвольного направленного внимания: инструкция, информирующая испытуемого о характере значимой информации, приводит к избирательному, топографически-специфичному усилению коркового взаимодействия по альфа-ритму, зависящему от модальности ожидаемого стимула [3, 5]. Анализ многочисленных количественных линейных и нелинейных методов исследования биоэлектрической активности мозга, появившихся в последнее десятилетие [30, 34, 41] показывает, что одним из перспективных направлений является использование векторных авторегрессионных (ВАР) моделей [23]. Использование ВАР-моделирования позволяет не только оценить классическую функцию КОГ и ее модификации [46], уменьшающие влияние объемного проведения [46], но и выявить причинно-следственные связи между наблюдаемыми явлениями [17, 21, 24]. Апробация предлагаемых методов использования ВАР- модели в исследованиях Р.И. Мачинской и А.В. Курганского [4] позволили выделить наиболее информативный критерий функционального объединения структур мозга в нейрокогнитивные системы (мнимую функцию КОГ), участвующие в преднастройке к восприятию информации.

С целью выяснения механизмов, определяющих эффективность зрительного восприятия у детей 10-11 лет, мы в настоящей работе использовали разные методические приемы:

– меру оценки синхронности альфа-ритма ЭЭГ, позволяющую выявить функциональную организацию мозга в период преднастройки к зрительному восприятию;

– оценку регионарных связанных с событием потенциалов (ССП) – характеризующих организацию периода анализа и обработки значимой информации.

Для выяснения того, в какой мере созревание мозговых механизмов определяет эффективность опознания, его скорость и точность осуществлены были так же исследования на поведенческом уровне.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании участвовали 31 ребенок в возрасте 10-11 лет (средний возраст 10.61 ± 0.08). Дети имели нормальное зрение.

Испытуемым предъявлялось 16 знакомых изображений предметов (стул, утюг, очки и др.) и животных (слон, верблюд, лошадь) из стандартного набора [38]. Изображения без их предварительного показа предъявлялись в 5 фрагментарных уровнях (2, 4, 5, 7 и 8) от трудно опознаваемого фрагментарного уровня (2) до полного изображения (8 уровень). Для каждого изображения показывались все 5 уровней фрагментации. Время предъявления стимулов – 750 мс. Предъявлению целевого стимула предшествовал предупреждающий стимул (восклицательный знак, настраивающий испытуемого на выполнение задания. Модель эксперимента изложена ранее [6, 8, 9]. У всех испытуемых анализировались поведенческие показатели опознания и функциональная организация мозга в предстимульные и постстимульные периоды.

В поведенческом эксперименте анализировались точность опознания по числу ошибок и порог опознания – по уровню фрагментации, на котором опознается изображение.

В ходе нейрофизиологического эксперимента проводилась непрерывная регистрация ЭЭГ по системе 10-20 % от затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), передневисочных (T3, T4), задневисочных (T5, T6), центральных (C3, C4, Cz) и лобных (F3, F4, F7, F8, Fz) областей коры.

Для анализа периода преднастройки ЭЭГ после исключения артефактов разбивалась на одинаковые временные отрезки (T_0 200 мс). Множество этих отрезков (общая длительность для каждой ситуации 8 сек) использовалось для оценки коэффициентов ВАР 20 порядка. Оптимальный порядок был выбран, исходя из двух требований: (1) остатки авторегрессии не отличаются от белого шума (отсутствие серийных корреляций) и (2) выбранный порядок обеспечивает достаточное частотное разрешение ("частотную специфичность"), сравнимое с тем, что традиционно используется в электрофизиологии при анализе ЭЭГ классическими методами частотного анализа.

В работе использовался алгоритм Виеры-Морфа, модифицированный для вычисления одного набора коэффициентов ВАР-модели для целого множества сегментов ЭЭГ, не составляющих непрерывной записи [18]. Здесь следует отметить, что при оценивании силы функциональных связей (как с помощью классического спектрального оценивания, так и на основе построения ВАР-модели многоканальных данных) возникает проблема "ложных взаимодействий-(spurious interactions)" [2]. Чем короче суммарная длительность многоканального сигнала, тем выше уровень флуктуаций оценки коэффициентов ВАР-модели (эффект конечности выборки) и, соответственно, тем больше (в среднем) величина любой положительной меры взаимодействия (например, функции когерентности). Ясно, что сравнение силы функциональных связей,

оцененных по эпохам различной длины, приведет к возникновению ложного впечатления, что эта сила выше для более короткой эпохи.

Для того чтобы нивелировать влияние конечности выборки на величину мер функциональных связей коэффициенты VAR-модели 20-го порядка во всех экспериментальных условиях вычислялись следующим образом: (1) все множество отрезков длительностью T_0 в каждой экспериментальной ситуации разбивалось на подмножества в 40 последовательных отрезков; (2) для каждого такого подмножества вычислялись коэффициенты VAR-модели 20-го порядка; (3) различные меры функционального взаимодействия вычислялись как среднее по подмножествам из 40 отрезков. В качестве меры функционального взаимодействия вычислялась мнимая часть $J(f) = \text{Im}\{C(f)\}$ комплексной функции когерентности. $J(f)$ вычислялась для дискретной сетки частот и затем усреднялись в альфа-диапазоне, определяемом индивидуально для каждого испытуемого.

Использовалась следующая процедура определения индивидуального альфа-диапазона. Для каждого испытуемого в стандартном альфа-диапазоне 7.5-12.5 Гц для каждой пары отведений автоматически определялось положение максимума функции когерентности в ЭЭГ, записанной до предъявления предупреждающего сигнала. По этим данным строилась гистограмма частотного положения пиков для всего множества пар электродов и сглаживалась 11-точечным окном Бохмана. Сглаживание исключало обнаружение множественных максимумов в пределах стандартного диапазона. Локальные максимумы этой гистограммы рассматривались в качестве частоты доминирующего ритма. Если такой максимум оказывался в пределах стандартного диапазона, то в качестве индивидуального диапазона выбиралась полоса частот шириной 1 Гц, в центре которой находился этот максимум. Если в пределах стандартного диапазона не было локальных максимумов, то в качестве индивидуального использовался весь стандартный диапазон. Все перечисленные выше меры усреднялись для трех экспериментальных условий (ЭУ): ЭУ1 соответствовало отрезку ЭЭГ, регистрируемому до появления предупреждающего стимула – неспецифическое внимание; ЭУ2 – ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления целевого (неполного фрагментарного изображения, еще неопознанного) – характеризовал ожидание когнитивной задачи; ЭУ3 – ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления первых эффективно опознаваемых фрагментарных изображений – характеризовал преднастройку к когнитивной задаче, предшествующую эффективному опознанию.

Статистический анализ используемых мер оценки ЭЭГ осуществлялся с использованием общей линейной модели в варианте *rmANOVA*.

Для исследования постстимульного периода анализировались ССП, регистрируемые с различных корковых зон. Усреднялись следующие классы ССП: ССП при отсутствии опознания – те уровни фрагментации изображения, на которые испытуемый каждый раз отвечал "Не знаю", ССП, непосредственно предшествующие опознанию (испытуемый отвечал "Не знаю") и ССП при опознании – тот уровень фрагментации изображения, на котором объект был впервые правильно опознан. Усредненные по классам "опознаваемости" стимула ССП отдельных испытуемых использовались для группового усреднения и анализа с помощью метода Главных Компонентов. Суммарная ампли-

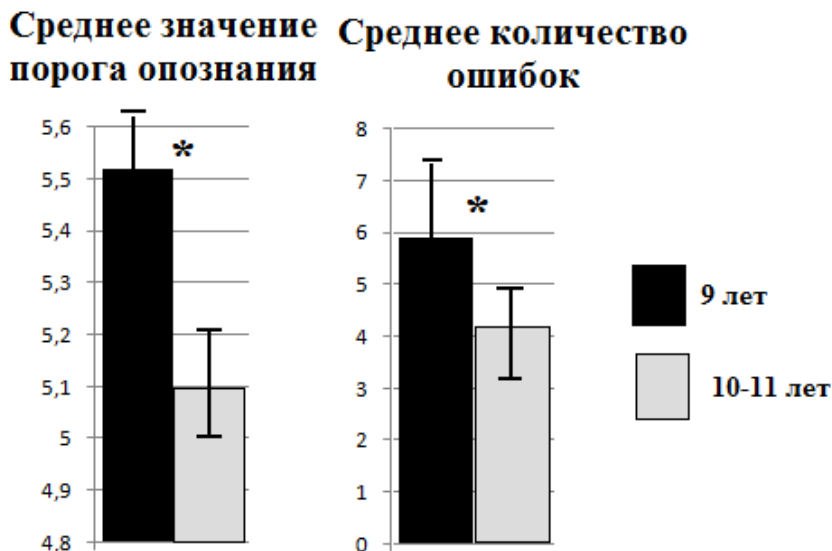
туда ССП на временных отрезках, соответствующих выделенным главным компонентам, обрабатывалась с помощью дисперсионного анализа (ANOVA Repeated measure). Использовались следующие факторы: «опознание» (неопознанные, предшествующие опознанию, опознанные); «полушарие» (левое, правое); «отведения» (7 пар отведений). Достоверность различий суммарных амплитуд ССП компонентов ССП, соответствующих тем временным интервалам, в которых было выявлено значимое влияние фактора «опознание» и его взаимодействие с факторами «полушарие» и «отведение», оценивалась с использованием непараметрического критерия Вилкоксона. Для выяснения того, в какой мере созревание мозговых механизмов определяет эффективность опознания, его скорость и точность осуществлены были так же исследования на поведенческом уровне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Поведенческие показатели опознания фрагментарных изображений

Анализ поведенческих показателей опознания фрагментарных изображений позволил выявить увеличение эффективности выполнения задания у детей 10-11 лет в сравнении с 9-летними детьми (рис 1, а). По числу ошибок опознания группа детей 10-11 лет ($n=31$: 16 мальчиков, 15 девочек; средний возраст 10.61 ± 0.08), характеризовалась меньшим числом ошибок ($M=4.19 \pm 0.76$), чем в группе 9 лет – ($n=25$: 14 мальчиков, 11 девочек; средний возраст 9.17 ± 0.15), количество ошибок составляло 5.92 ± 1.46 . Различия между группами по числу ошибок значимы ($F(1,54)=8.3$; $p=0.006$). Среднее значение порога (уровня фрагментации) опознания в группе 10-11 летних составляет 5.10 ± 0.12 и значимо ($F(1,54)=4.1$; $p=0.048$) ниже порога опознания в группе 9 летних детей – 5.52 ± 0.08 . Значимых различий между мальчиками и девочками по количеству ошибок и порогу опознания ни в одной из исследуемых групп выявлено не было.

А



Б

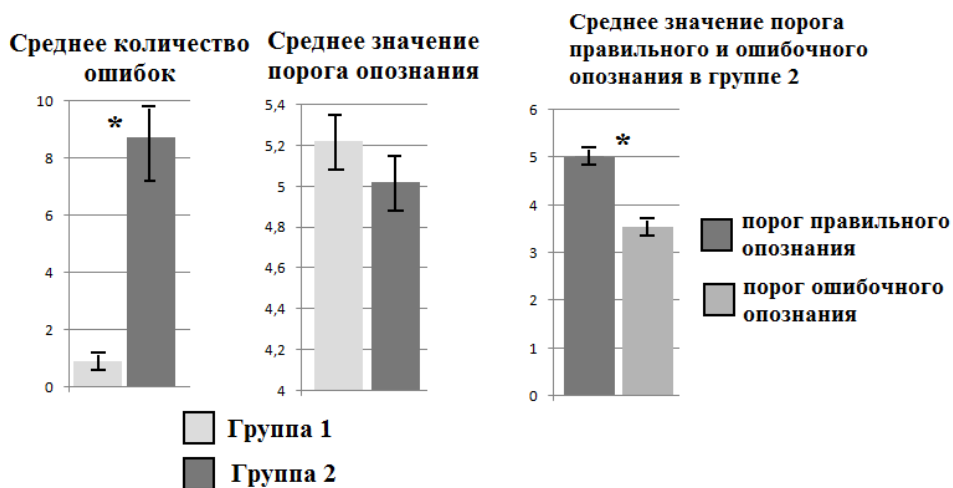


Рис. 1. Возрастные (А) и индивидуальные (Б) поведенческие показатели опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет. "Звездочками" отмечены значимые различия показателей. Показана ошибка среднего.

В зависимости от количества ошибок у детей 10-11 лет были выделены две крайние группы с разной эффективностью опознания (рис. 1, б). Первая группа (14 человек) характеризовалась малым числом ошибок – 0.93 ± 0.24 , во второй группе (13 человек) отмечено значимо ($F(1,23) = 34.1$; $p = 0.0001$) большее количество ошибок 8.73 ± 1.21 . У детей 10-11 лет вторая группа (с существенно бóльшим числом ошибок) опознает изображения раньше первой группы, но при этом значимые различия порога опознания отсутствуют ($M = 5.22 \pm 0.16$ и $M = 5.02 \pm 0.16$ – для первой и второй групп соответственно). При этом порог опознания ошибочных изображений ($M = 3.55 \pm 0.15$) у испытуемых второй группы значимо ниже порога их правильного опознания.

Исследование предстимульного периода

Для выявления специфики преднастройки проводилось сравнение ситуации ожидания целевого стимула с ситуацией неспецифического внимания (ЭУ1). Сравнение осуществлялось в двух ситуациях, когда целевой стимул не опознавался (ЭУ2) и при эффективном опознании целевого стимула (ЭУ3).

Исследование периода, предшествующего предъявлению целевого, но неопознанного стимула (неэффективное опознание), проводилось при сопоставлении с ситуацией ожидания предупреждающего стимула (неспецифическое внимание). Анализ *т*-ANOVA по множеству пар отведений лобных областей (F3, F4, F7, F8) с остальными внутрислоушарных и межполушарных отведениями проводился по схеме с факторами ПОЛУШАРИЕ1 (левое, правое) – полушарие первого отведения в паре, ПОЛУШАРИЕ2 (левое, правое) – полушарие второго отведения в паре, ЛОКАЛИЗАЦИЯ (по числу разных пар отведений) и УСЛОВИЕ (ЭУ1, ЭУ2).

Основной эффект фактора УСЛОВИЕ оказался высоко значимым для пар отведений, куда в качестве одного отведения входили F7, F8 ($F(1,24) = 4.6$, $p =$

0.042). Для этих отведений так же получено значимое взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ ($F(3,66) = 4.2, p = 0.01$). Для областей F3, F4 на значимый уровень выходит взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ1 ($F(1,24) = 10.1, p = 0.004$) и УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(3,62) = 3.1, p = 0.04$).

Значимое взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ ($F(1,24) = 4.6, p = 0.041$) показал также анализ $J(f)$ в парах отведений, образованных нижевисочными областями (T5, T6) с остальными отведениями, за исключением фронтальных и Cz. Парные сравнения $J(f)$ ситуации неспецифического внимания (ЭУ1) с ситуацией преднастройки на неэффективное опознание фрагментарных изображений (ЭУ2) выявили значимые различия между следующими парами отведений с фокусом в вентролатеральной префронтальной коре преимущественно правого полушария.

Полученные данные показывают, что период ожидания целевых изображений даже в случае неэффективного опознания (ЭУ2) характеризуется иной по сравнению с периодом, предшествующим предъявлению предупреждающего стимула (ЭУ1), картиной функциональных связей (рис. 2). Как видно на рисунке отчетливые фокусы изменения $J(f)$ наблюдаются билатерально в вентролатеральных префронтальных зонах коры (F7, F8) и в правой дорсолатеральной префронтальной зоне (F4). Отмечается преимущественная выраженность этих изменений в правом полушарии, где латеральная префронтальная кора образует четкие связи со стриарной и экстрастриарной корковыми зонами.

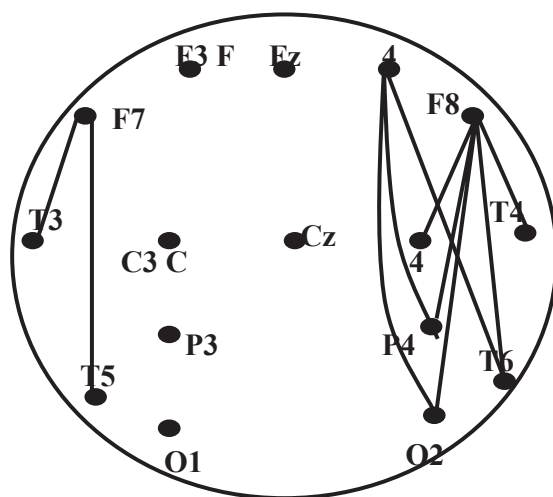


Рис. 2. Значимые изменения мнимой части функции когерентности $J(f)$ при переходе от ситуации неспецифического внимания к ситуации преднастройки к неэффективному опознанию. Показано относительное расположение отведений ЭЭГ с их обозначениями.

Сравнение периода, предшествующего эффективному опознанию целевого стимула, с ситуацией ожидания предупреждающего стимула по $J(f)$ показало высоко значимое влияние фактора УСЛОВИЕ и его взаимодействие с факторами ПОЛУШАРИЕ и ЛОКАЛИЗАЦИЯ. Анализ $rmANOVA$ по множеству пар

отведений, образованных F3, F4 и F7, F8 с остальными отведениями проводился по схеме с факторами полушарие первого отведения в паре ПОЛУШАРИЕ1 (левое, правое), полушарие второго отведения в паре ПОЛУШАРИЕ2 (левое, правое), ЛОКАЛИЗАЦИЯ (по числу разных пар отведений) и УСЛОВИЕ (ЭУ1, ЭУ3).

Влияние фактора УСЛОВИЕ оказалось значимым для пар отведений, куда в качестве одного отведения входили F7, F8 ($F(1,24) = 5.0, p = 0.035$). Для этих отведений получено значимое взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(2,58) = 3.2, p = 0.038$) и УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ 2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(3,83) = 3.3, p = 0.019$). Для областей F3, F4 на уровне тенденции выявлено влияние фактора УСЛОВИЕ ($F(1,24) = 4.0, p = 0.058$) на значимый уровень выходит взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(4,21) = 3.4, p = 0.028$). При исключении из анализа перекрестных связей (фактор ПОЛУШАРИЕ 2) влияние фактора УСЛОВИЕ значимо ($F(1,24) = 4.4, p = 0.047$). Эффект фактора УСЛОВИЕ на уровне тенденции ($F(1,24) = 4.0, p = 0.058$) выявлен в парах отведений, образованных Fz с остальными отведениями, за исключением фронтальных. Значимым влияние фактора УСЛОВИЕ ($F(1,24) = 4.3, p = 0.048$) становится при анализе в парах отведений, образованных Fz с каудальными зонами. Этот анализ проводился по схеме с факторами ПОЛУШАРИЕ (левое, правое), ЛОКАЛИЗАЦИЯ и УСЛОВИЕ (ЭУ1, ЭУ3).

Изолированное влияние фактора УСЛОВИЕ значимо при анализе J(f) по множеству пар отведений, образованных затылочной (O1, O2 – $F(1,24) = 4.2, p = 0.05$) и теменной (P3, P4 – $F(1,24) = 14.5, p = 0.001$) корой с остальными отведениями. Для пар отведений O1, O2 значимо так же взаимодействие факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ x ПОЛУШАРИЕ 1 ($F(3,22) = 3.6, p = 0.03$) и УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ2 x ЛОКАЛИЗАЦИЯ ($F(3,72) = 3.0, p = 0.038$).

Совместное влияние факторов УСЛОВИЕ x ПОЛУШАРИЕ1 x ПОЛУШАРИЕ 2 показал анализ J(f) в парах отведений, образованных теменными (P3,P4: $F(1,24) = 9.8, p = 0.005$), нижневисочными (T5,T6: $F(1,24) = 4.9, p = 0.036$) и передневисочными (T3,T4: $F(1,24) = 7.1, p = 0.013$) зонами коры с остальными отведениями.

Парные сравнения J(f) ситуации неспецифического внимания (ЭУ1) с ситуацией преднастройки к эффективному опознанию фрагментарных изображений (ЭУ3) выявили значимые различия между следующими парами отведений с фокусом в правой дорсо- и вентролатеральной префронтальной коре (отведения F4, F8) с каудальными и височно-центрными областями этого же полушария (рис. 3). Картина изменений при эффективном опознании близка к таковой при неэффективном опознании большей представленностью изменений внутрикортикальных взаимодействий в правом полушарии. При этом наблюдается усиление фокуса взаимосвязанности в правой дорсолатеральной префронтальной зоне за счет усиления связей с височной корой.

Анализ ССП при опознании фрагментарных изображений в 10-11 летнем возрасте.

Дисперсионный анализ амплитуды ССП у детей 10-11 летнего возраста, проведенный для неопознанных, предшествующих опознанию и опознанных

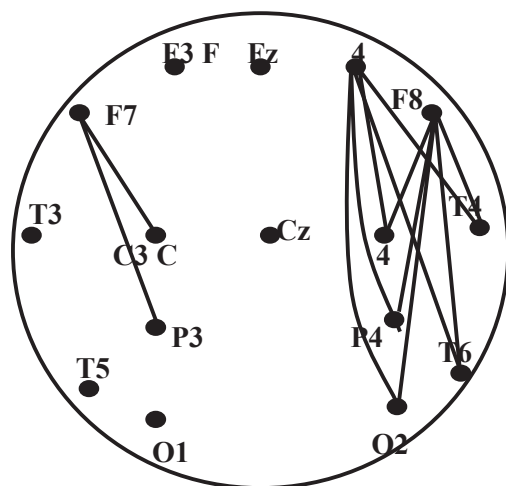


Рис. 3. Значимые изменения мнимой части функции когерентности $J(f)$ при переходе от ситуации неспецифического внимания к ситуации преднастройки к эффективному опознанию.

фрагментарных изображений, выявил следующие различия параметров ССП. Как видно из табл. 1 изолированное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ выявлено во временном интервале, соответствующем наиболее характерному для процесса опознания компоненту N250-300, и во временном интервале, соответствующем негативному компоненту N500. Взаимодействие фактора ОПОЗНАНИЕ с фактором ОТВЕДЕНИЕ проявляется практически на всех временных интервалах, затрагивая как ранние компоненты, соответствующие обработке модально-специфической информации, так и более поздние связанные с когнитивными операциями и принятием решения.

Для выявления специфики изменения параметров ССП при опознании фрагментарных изображений в тех временных интервалах, в которых методом дисперсионного анализа было выявлено значимое влияние фактора ОПОЗНАНИЕ и его взаимодействие с фактором ОТВЕДЕНИЕ проводилось сопоставление амплитудных значений компонентов ССП методом парного сравнения.

На рис. 4 приведены ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 10-11 лет независимо от эффективности опознания, отражающие различия, характерные для этого возраста в целом. Наиболее ранние статистически значимые различия отмечены в интервале 80-160 мс как в лобных, так и в каудальных отделах коры. В префронтальной коре левого полушария на опознанные изображения отмечается увеличение ранней негативности с пиковой латентностью приблизительно 100 мс ($F3 - Z = -2.3$; $P = 0.024$; $F7 - Z = -2.2$; $P = 0.031$; $Fz - Z = -2.9$; $P = 0.004$).

В лобных областях при опознании значимо увеличивается амплитуда компонента P350 (305-390 мс: $F3 - Z = -2.4$; $P = 0.016$; $F4 - Z = -2.0$; $P = 0.048$; $F8 - Z = -2.9$;

$P = 0.004$; $Fz - Z = -1.9$; $P = 0.054$). Негативный компонент N350-400 в дорсолатеральной префронтальной коре, имеет большую амплитуду в ответ на неопознанные изображения; на опознанные стимулы в это время начинает развиваться

Таблица 1

Результаты дисперсионного анализа суммарных амплитуд ССП на неопознанные, предшествующие опознанию и опознанные фрагментарные изображения у детей 10-11 лет

| времен- ные ин- тервалы, мс | 20-80 | 80-160 | 161-220 | 220-304 | 305-390 | 390-470 | 470-570 | 570-660 | 660-750 |
|--------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|---------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Опознан. | | | | F(4,56) = 4.2; P=0.005 | | | F(1,28) = 4.8; P=0.037 | | |
| Опознан. х Отвед. | 12,336) = 2.0; P=0.028 | F(5,137) = 3.2; P=0.012 | | (12,17) = 2.6; P=0.04 | (12,17) = 2.8; P=0.028 | (5,151) = 3.5; P=0.004 | (8,209) = 2.1; P=0.045 | (12,17) = 2.9; P=0.024 | (5,138) = 4.1; P=0.002 |

ся поздний позитивный комплекс (390-470 мс: F3 – Z=-2.8; P=0.005; F4 – Z=-2.3; P=0.024). Начиная с 550-600 мс в лобных зонах коры поздний позитивный комплекс (ППК) на опознанные стимулы сменяется медленной негативацией (570-660 мс: F3 – Z=-3.4; P=0.0006; F4 – Z=-2.4; P=0.015; F7 – Z=-1.9; P=0.052; F8 – Z=-2.8; P=0.004; Fz – Z=-3.9; P=0.0001).

Негативный компонент N250-300, имеющий большую амплитуду при опознании изображений в этом возрасте, значительно изменяется не в префронтальной коре, а в височных областях (220-305 мс: T3 – Z=-2.0; P=0.044; T4 – Z=-1.9; P=0.052). На более поздних этапах анализа информации с 400 мс в этих зонах коры в ответ на опознанные изображения отмечается значимое усиление ППК (390-470 мс: C3 – Z=-2.3; P=0.021; Cz – Z=-2.8; P=0.0051; T3 – Z=-2.3; P=0.021; T4 – Z=-2.6; P=0.009).

В каудальных областях в ответ на опознанные изображения увеличивается амплитуда компонентов P100 в правом полушарии (80-160 мс: T6 – Z=-2.2; P=0.028; O2 – Z=-1.92; P=0.054) и N250-300 – в левом (220-305 мс: P3 – Z=-2.1; P=0.033; T5 – Z=-1.92; P=0.054). Компонент P300 и следующая за ним негативность N450-500, напротив имеют большие амплитудные значения в ответ на неопознанные стимулы, на опознанные изображения после 400 мс начинает развиваться поздний позитивный комплекс (305-390 мс: P3 – Z=-2.0; P=0.048; O1 – Z=-2.2; P=0.025; 470-570 мс: P3 – Z=-2.3; P=0.024; T5 – Z=-2.8; P=0.006; O1 – Z=-2.7; P=0.007).

Индивидуальные особенности опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет с разной эффективностью деятельности

В связи с тем, что в поведенческих исследованиях выявлены существенные индивидуальные различия в эффективности опознания, по этому показателю были выделены две крайние группы испытуемых – опознающих изображения с высокой (группа 1) и низкой (группа 2) точностью. Далее проводился индивидуальный анализ постстимульной активности у этих двух групп. Результаты дисперсионного анализа, представленные в таблице 2, выявили значимое влияние фактора ГРУППА и его взаимодействия с факторами ОПОЗНАНИЕ, ПОЛУШАРИЕ и ОТВЕДЕНИЕ на суммарную амплитуду ССП как для начальных этапов анализа информации, так и во временных интервалах, соответствующих компоненту N250- 300 (Ncl) и более поздним когнитивным операциям.

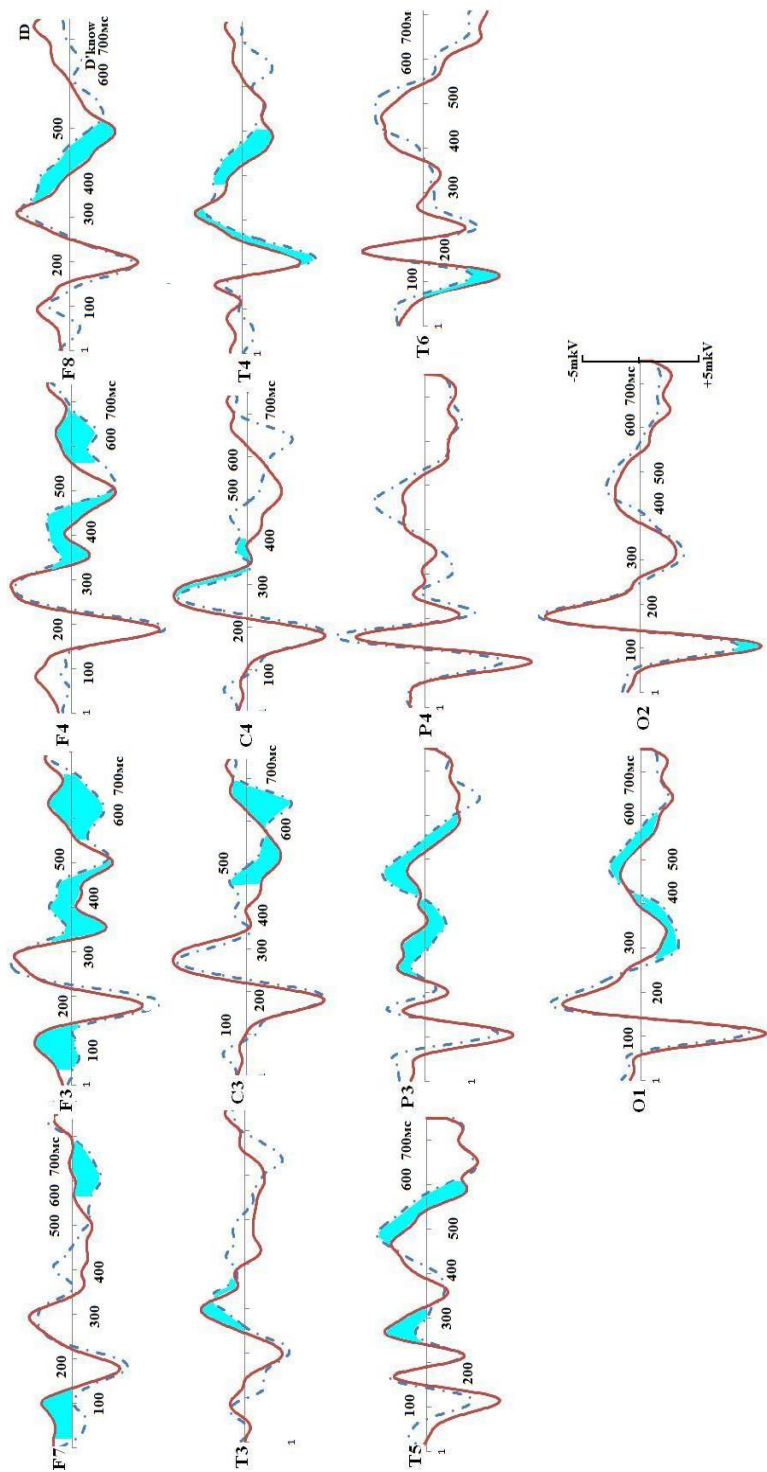


Рис 4. Регионарные ССП на олознанные (толстая линия) и неолознанные (пунктир) фрагментарные изображения у детей 10-11 лет. По горизонтали – время, мс; по вертикали – усредненные ССП, мкВ. Значимые различия заштрихованы.

Таблица 2

Результаты дисперсионного анализа на неопознанные, предшествующие опознанию и опознанные фрагментарные изображения у детей с разной эффективностью деятельности

| времен-ные ин-тервалы, мс | 20-80 | 80-160 | 160-220 | 220-305 | 305-390 | 390-470 | 470-570 | 570-660 | 660-750 |
|-------------------------------------|-------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------|---------|----------------------------|----------------------------|
| Группа | | | | F(2,28) = 3.4; P=0.049 | | | | | |
| Опознан. X Группа | | | F(2,28) = 4.7; P=0.017 | F(2,27) = 7.9; P=0.002 | F(1,28) = 4.1; P=0.028 | | | | |
| Опознан. X Отвед. X Группа | | | | | | | | (12,187) = 2.4; P=0.044 | F(12,18) = 3.3; P=0.011 |
| Опознан. X Полуш. X Отвед. X Группа | | F(12,18) = 2.7; P=0.03 | F(12,18) = 3.0; P=0.017 | | F(12,18) = 3.2; P=0.014 | | | | |

Изолированное влияние фактора ГРУППА значимо в интервале 220-305 мс, взаимодействие факторов ГРУППА x ОПОЗНАНИЕ выявлено в интервале от 160 до 390 мс, а ГРУППА x ОПОЗНАНИЕ x ОТВЕДЕНИЕ на значимый уровень выходит в интервале 560-660 и 660-750 мс. Совместное влияние факторов ГРУППА x ОПОЗНАНИЕ x ПОЛУШАРИЕ x ОТВЕДЕНИЕ отмечено в интервале 80-160 мс 160-220 мс и 305-390 мс. Полученные различия свидетельствуют об определенных отличиях в мозговой организации процесса опознания в группах с высокой и низкой эффективностью опознания.

Для уточнения межгрупповых различий, поскольку совместный анализ выявил влияние фактора ГРУППА на ряд компонентов ССП, был проведен дисперсионный анализ отдельно для 1 и 2 групп. Для группы 1 (таблица 3) изолированное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ выявлено в интервале 220-305 мс. Взаимодействие факторов ОПОЗНАНИЕ x ОТВЕДЕНИЕ значимо в интервалах 160-220, 305- 390, 390-470, 470-570 и 570-660 мс. Совместное влияние факторов ОПОЗНАНИЕ x ПОЛУШАРИЕ x ОТВЕДЕНИЕ на значимый уровень выходит в интервалах 80- 160 мс, 160-220 мс, 220-304 мс и 660-750 мс.

Наиболее ранние различия между опознанными и неопознанными фрагментарными изображениями у детей, выполняющих деятельность с малым числом ошибок (рис. 5, а), отмечены в лобных областях левого полушария и связаны с возникновением ранней негативности в ответ на опознанные изображения ($F_3 - Z = -2.5; P = 0.013; F_7 - Z = -1.9; P = 0.055$).

В левой нижневисочной области в ответ на опознанные изображения значимо увеличивается амплитуда компонентов основного комплекса P100 (80-160 мс: $T_5 - Z = -2.1; P = 0.033$) и N250 (220-305 мс: $T_5 - Z = -2.0; P = 0.048$). На уровне тенденции отмечено увеличение амплитуды компонента N400 в ответ на опознанные изображения в нижневисочных зонах коры (390-470 мс: $T_5 - Z = -1.7; P = 0.087; T_6 - Z = -1.9; P = 0.064$). Поздний позитивный комплекс

в каудальных областях так же имеет большую амплитуду при опознании ($T5 - Z = -2.3$; $P = 0.019$; $T6 - Z = -2.4$; $P = 0.016$; $O1 - Z = -2.0$; $P = 0.046$). На неопознанные фрагментарные изображения амплитуда негативности N200 в затылочной и теменной областях левого полушария значимо увеличивается (160-220 мс: $O1 - Z = -2.2$; $P = 0.028$; $P3 - Z = -2.4$; $P = 0.016$). В лобной и лобно-височной зонах правого полушария негативностью 450-500 (390-470 мс: $F4 - Z = -1.9$; $P = 0.054$; $F8 - Z = -2.1$; $P = 0.033$) и поздний позитивный комплекс (570-660 мс: $F4 - Z = -2.5$; $P = 0.013$) также имеют большую амплитуду в ответ на неопознанные изображения.

Иная картина влияния опознания на параметры ССП наблюдается в группе с низкой эффективностью (табл. 4). По данным дисперсионного анализа в этой группе изолированное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ отмечено лишь в интервале 570-660 мс, значимое взаимодействие факторов ОПОЗНАНИЕ x ОТВЕДЕНИЕ отмечается во временном окне 80-160 мс. В интервалах 220-304 и 660-750 мс значимо взаимодействие факторов ОПОЗНАНИЕ x ПОЛУШАРИЕ x ОТВЕДЕНИЕ.

Таблица. 4

Результаты дисперсионного анализа суммарных амплитуд ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 10-11 лет с низкой эффективностью деятельности

| временные интервалы, мс | 20-80 | 80-160 | 161-220 | 220-305 | 305-390 | 390-470 | 470-570 | 570-660 | 660-750 |
|-------------------------------|-------|---------------------------------|---------|----------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|----------------------------------|
| Опознан | | | | | | | | $F(1,10) = 5.1$; $P = 0.048$ | |
| Опознан x Отвед | | $F(3,30) = 4.5$; $P = 0.01$ | | | | | | | |
| Опознан x Полуш x Отвед | | | | $F(1,10) = 7.3$; $P = 0.022$ | | | | | $F(1,10) = 5.3$; $P = 0.043$ |

У детей, опознающих фрагментарные изображения с большим количеством ошибок, существуют различия в мозговых механизмах опознания по сравнению с группой детей, которые ошибаются мало (рис. 5 Б).

Наиболее ранние различия ССП опознанных и неопознанных фрагментарных изображений отмечены в лобных областях и связаны с увеличением амплитуды раннего негативного компонента в ответ на опознанные стимулы ($F3 - Z = -2.7$; $P = 0.008$; $F4 - Z = -1.9$; $P = 0.055$). Значимые различия выявлены и для комплекса компонентов P250-N300, в котором P250 имеет большую амплитуду на неопознанные изображения за счет существенного увеличения амплитуды негативности N300 в ответ на опознанные изображения в правой нижнетеменной области (220- 305 мс: $T6 - Z = -2.3$; $P = 0.022$). Поздний позитивный комплекс в переднее- центральных областях коры начинается раньше (с 390 мс) и имеет большую амплитуду в ответ на опознанные фрагментарные изображения. Различия носят значимый характер в правой переднее-височной

зоне (390-470 мс: $T4 - Z = -2.1$; $P = 0.041$). На более поздних временных интервалах медленный позитивный комплекс становится более выражен на неопознанные фрагментарные изображения как в лобных, так и каудальных областях, в то время как при опознании развивается поздняя негативность (570-660 мс: $F3 - Z = -2.4$; $P = 0.016$; $F4 - Z = -2.5$; $P = 0.013$; $P4 - Z = -2.3$; $P = 0.021$).

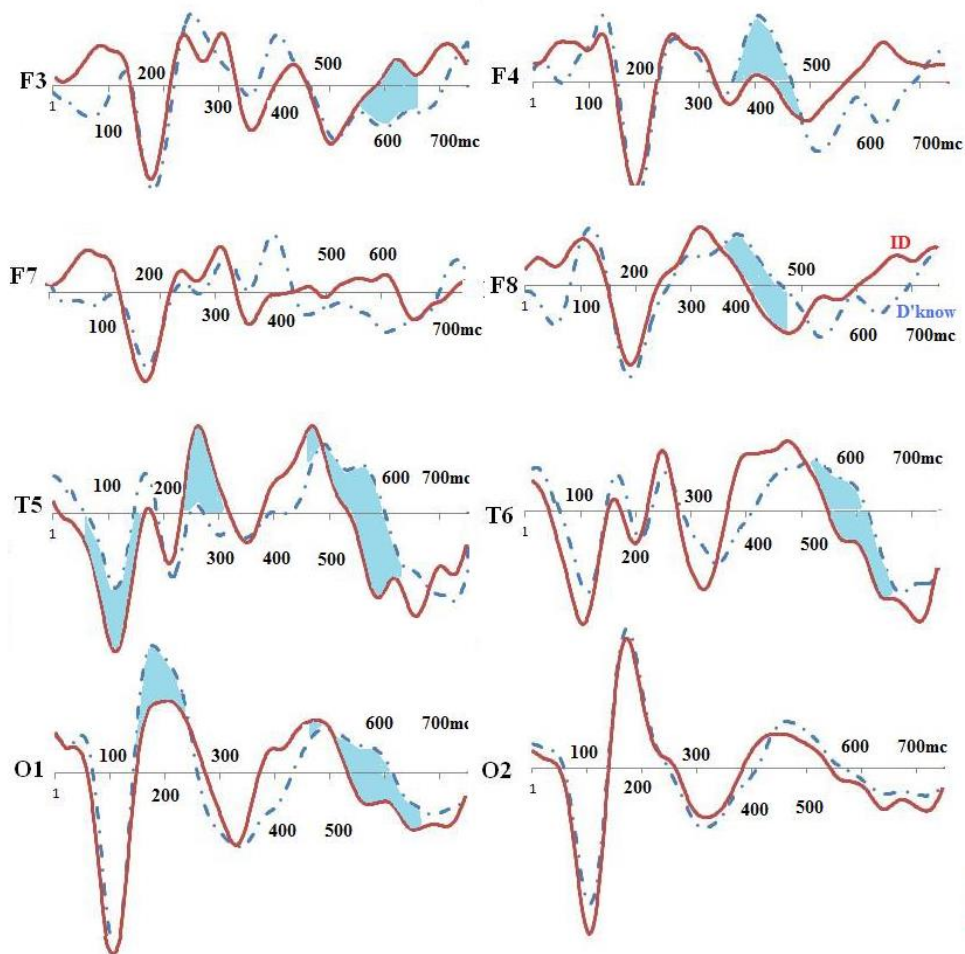


Рис 5А. Регионарные ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей с эффективным (А) и неэффективным (Б) опознанием. Обозначения как на рис. 4.

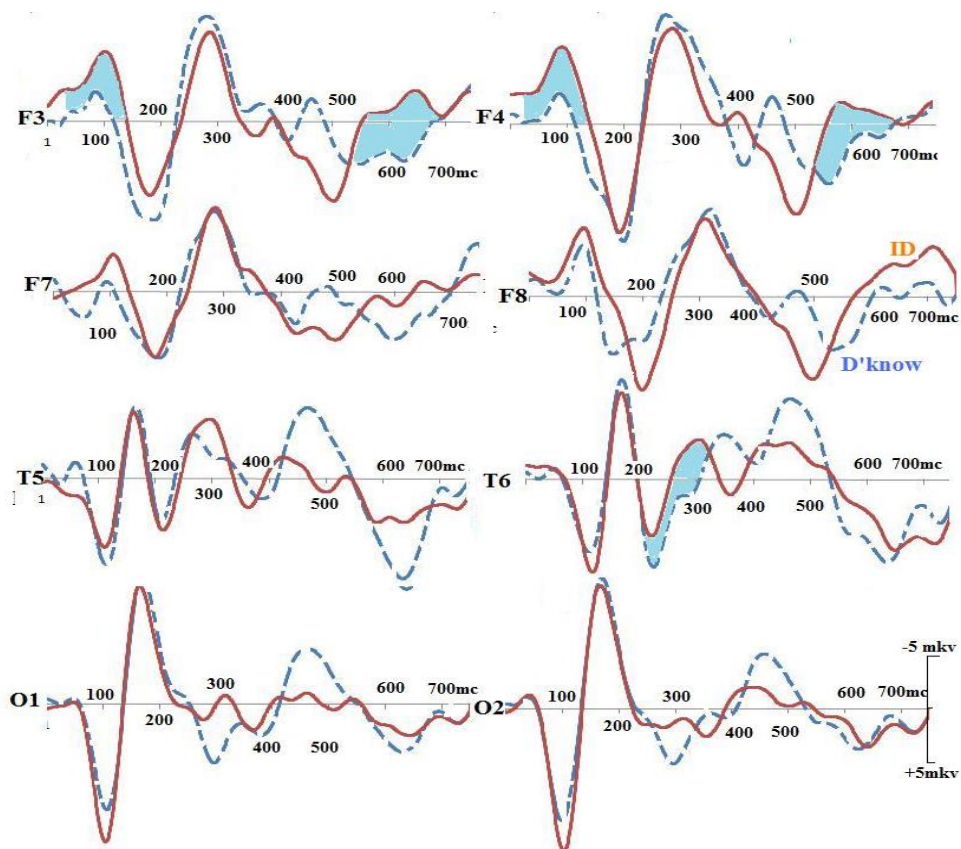


Рис 5Б. Регионарные ССП на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей с эффективным (А) и неэффективным (Б) опознанием. Обозначения как на рис. 4.

Таким образом, анализ поведенческих показателей опознания неполных фрагментарных изображений у детей 10-11 лет выявил прогрессивные изменения эффективности этой деятельности на данном этапе развития по сравнению с детьми 9 лет. Отрицательные отклонения функционального состояния мозговых структур, связанных с восприятием информации, характерные для пубертатного периода [7, 10] в 10-11 лет еще не обнаруживаются. Основываясь на данных о роли произвольного внимания в избирательной преднастройке структур мозга к реализации деятельности [3, 5, 31, 47], мы поставили перед собой цель выявить мозговые механизмы, лежащие в основе эффективного опознания. Наше исследование было направлено на выявление специфики функциональной организации произвольного внимания у детей 10-11 лет. Для этого сопоставлялись показатели функционального взаимодействия корковых зон по мнимой функции КОГ ($J(f) = \text{Im}\{C(f)\}$) в период, предшествующий предъявлению целевого стимула и отражающий направленность на выполнение когнитивной задачи с неспецифическим вниманием, с периодом спокойного наблюдения, предшествующим появлению предупреждающего стимула.

Полученные данные выявили существенные преднастройки функциональной организации мозга в ситуации произвольного внимания, направленного на опознание предъявляемых изображений. Готовность к реализации этой деятельности приводила к значительному увеличению степени вовлечения дорсолатеральных и вентролатеральных префронтальных зон в формирование новых когнитивных систем. Эти изменения преимущественно выражены в правом полушарии, что соответствовало избирательному вовлечению корковых зон в анализ и интеграцию фрагментов изображения, то есть на выполнение зрительно-пространственного задания – функции, реализуемой с преимущественным участием правого полушария. Принципиальные различия в организации предстимульного внимания в тех случаях, когда стимул не опознавался, и при его опознании не наблюдались. Вместе с тем выявлено усиление степени вовлечения дорсолатеральной префронтальной коры, играющей важнейшую роль в мониторинге информации и удержании ее в рабочей памяти. Можно полагать, что более эффективное опознание обеспечивается другим важным фактором, реализуемым в процессе преднастройки, а именно извлечением из памяти хранящегося там следа предъявляемого изображения. Это полностью согласуется с гипотезой М. Бара [13, 14, 25] о роли префронтальной коры в опознании изображений. Согласно гипотезе М. Бара префронтальная кора, получающая информацию по быстропроводящей дорзальной зрительной системе, играет важнейшую роль в извлечении следов и поиске возможного аналога объекта в памяти. Информация об этом объекте, поступая по нисходящим связям в корковые зоны вентральной зрительной системы, облегчает процесс опознания. О роли функциональной активности префронтальной коры в эффективном опознании свидетельствуют и данные, полученные в настоящей работе в процессе реализации сенсорных и когнитивных операций, определяющих опознание предъявляемого изображения. При анализе ССП установлено, что у детей этого возраста, как и у взрослых испытуемых [8], при эффективном опознании обнаруживается раннее вовлечение в этот процесс дорсо- и вентролатеральных зон префронтальной коры, что проявилось в наличии у детей 10-11 лет ранней негативности в ответах на опознанные изображения при отсутствии ее на неопознанные стимулы. При этом усиливается и участие в опознании нижневисочных корковых зон, где интегрируются восходящие и нисходящие влияния, и осуществляется заключительный этап процесса опознания [8, 20, 36]. Данные о роли активности префронтальной и височной коры в эффективности опознания подтверждены в серии исследований, проведенных в рамках данной работы и направленных на выявление механизмов, определяющих индивидуальные особенности успешности опознания фрагментарных изображений у детей 10-11 лет. В поведенческом эксперименте в зависимости от точности опознания были выделены две группы детей: опознающих точно, с малым числом ошибок и опознающих со значительно бóльшим числом ошибок. Для группы опознающих с высокой эффективностью было характерно большее вовлечение вентролатеральных префронтальных корковых зон и нижневисочной коры левого полушария. Преимущественное участие левого полушария в процессе опознания определяет его роль в категоризации стимулов и назывании опознаваемого изображения, которые осуществлялись испытуемым в ответах на опознаваемый стимул.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные выявили значительную степень зрелости механизмов избирательного произвольного внимания, осуществляемого при участии префронтальной коры. Вовлечение этих корковых зон в опознание неполных изображений обеспечивает характерную для 10-11-летних детей эффективность опознания, близкую к дефинитивному уровню. Нейрофизиологический анализ функциональной организации мозга в процессе опознания выявил увеличивающееся с возрастом участие префронтальной коры и ее нисходящих влияний на зрительные зоны, обеспечивающих эффективность опознания. При анализе индивидуальных особенностей эффективности деятельности в зависимости от точности опознания были выделены две группы детей: опознающих точно, с малым числом ошибок, и опознающих с существенно бóльшим числом ошибок. Для группы с высокими показателями эффективности характерно значимо большее вовлечение вентролатеральных префронтальных корковых зон и нижневисочной коры левого полушария, что, по-видимому, определяет эффективность опознания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колесов Д.В., Сельверова Н.Б. Физиолого-педагогические аспекты полового созревания. – М. 1978. – 221 с.
2. Курганский А.В. Некоторые вопросы исследования кортико-кортикальных функциональных связей с помощью векторной авторегрессионной модели многоканальной ЭЭГ // ЖВНД. – 2010. – Т. 60, № 6. – С. 740.
3. Мачинская Р.И. Функциональное созревание мозга и формирование нейрофизиологических механизмов избирательного произвольного внимания у детей младшего школьного возраста // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 1. – С. 26.
4. Мачинская Р.И., Курганский А.В. Сравнительное электрофизиологическое исследование регуляторных компонентов рабочей памяти у взрослых и детей 7-8 лет. Анализ когерентности ритмов ЭЭГ // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 1. – С. 5-19.
5. Мачинская Р.И., Мачинский Н.О., Дерюгина Е.И. Функциональная организация правого и левого полушарий мозга человека при направленном внимании // Физиология человека. – 1992. – Т. 18, № 6. – С. 77.
6. Петренко Н.Е., Фарбер Д.А. Возрастная динамика мозговой организации опознания фрагментарных изображений от 5-6 к 7-8 годам // Альманах «Новые исследования». – 2011. – № 4. – С. 5.
7. Фарбер Д.А., Игнатъева И.С. Влияние нейроэндокринных сдвигов пубертатного периода на реализацию рабочей памяти у подростков // Физиология человека. – 2006. – Т. 32. – № 1. – С. 5.
8. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Опознание фрагментарных изображений и механизмы памяти // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, № 1. – С. 5-18.
9. Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Формирование механизмов опознания неполных изображений в предшкольном и младшем школьном возрасте // Физиология человека. – 2012. – Т. 38, № 5. – С. 5.
10. Физиология подростка / Под ред. Фарбер Д.А. – М.: Педагогика, 1988. – 67 с.
11. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / Под ред. М.М. Безруких, Д.А. Фарбер. – М.: МПСИ, МОДЭК, 2010. – 768 с.
12. Babiloni C., Vecchio F., Cappa S. et al. pre-and poststimulus alpha rhythms are related to conscious visual perception: a high-resolution EEG study // Cereb. Cortex. – 2006. – I. 16. – P. 1690.

13. Bar M. A cortical mechanism for triggering top-down facilitation in visual object recognition // *J. Cogn. Neurosci.* – 2003. – V. 15. – P. 600.
14. Bar M., Kassam K.S., Ghuman A.S., Boshyan J. et al. Top-down facilitation of visual recognition // *Proc Natl Acad Sci U S A.* – 2006. – V. 103, N 2. – P. 449.
15. Bollinger, J., Rubens, M.T., Zanto, T.P. & Gazzaley, A. Expectation-driven changes in cortical functional connectivity influence working-memory and long-term memory performance // *J. Neurosci.* – 2010. – V. 30. – P. 14399.
16. Bressler S. L., Tognoli E. Operational principles of neurocognitive networks. // *Int J. Psychophysiol.* – 2006. – V. 60, N 2. – P. 139-148.
17. Cadotte A.J., DeMarse T.B., He P., Ding M. Causal measures of structure and plasticity in simulated and living neural networks // *PLoS ONE.* – 2008. – V. 3, N 10. – P. e3355.
18. Cui J., Xu L., Bressler S.L., Ding M., Liang H. BSMART: A Matlab/C toolbox for analysis of multichannel neural time series // *Neural Networks.* – 2008. – 21: 1094.
19. Darvas F., Miller K.J., Rao R.P.N., Ojemann J.G. Nonlinear Phase-Phase Cross-Frequency Coupling Mediates Communication between Distant Sites in Human Neocortex // *J. Neurosci.* – 2009. – V. 29, N 2. – P. 426.
20. Doniger G. M., Foxe J. J., Schroeder Ch. E., Murray M. M., Higgins B. A., and Javitt D. C. Visual Perceptual Learning in Human Object Recognition Areas: A Repetition Priming Study Using High-Density Electrical Mapping // *NeuroImage.* – 2001. – V. 13. – P. 305.
21. Guo S., Seth A.K., Kendrick K.M et al. Partial Granger causality eliminating exogenous inputs and latent variables // *J. Neurosci. Methods.* – 2008. – 172(1): 79.
22. Hanslmayr S, Aslan A, Staudigl T, Klimesch W, Herrmann CS, et al. Prestimulus oscillations predict visual perception performance between and within subjects. *NeuroImage.* – 2007. – V. 37. – P. 1465.
23. Kaminski M. Determination of transmission patterns in multichannel data // *Phil. Trans. R. Soc. B.* – 2005. – I. 360. – P. 947.
24. Kaminski M., Ding M., Truccolo W.A., Bressler S.L. Evaluating causal relations in neural systems: Granger causality, direct transfer function and statistical assessment of significance // *Biol. Cybern.* – 2001. – V. 85. – P. 145.
25. Kverega K., Boshyan J., Bar M. Magnocellular Projections as the Trigger of Top-Down Facilitation in Recognition // *The Journal of Neuroscience.* – 2007. – V. 27, N. 48. – P. 13232.
26. Liang H., Bressler S. L., Ding M. et al. Temporal dynamics of attention- modulated neuronal synchronization in macaque V4 // *Neurocomputing.* – 2003. – V. 52-54. – P. 481
27. Nolte G., Bai O., Wheaton L. et al. Identifying true brain interaction from EEG data using the imaginary part of coherency // *Clin. Neurophysiol.* – 2004. – V. 115. – P. 2292.
28. alva S, Palva JM New vistas for alpha-frequency band oscillations // *Trends Neurosci.* – 2007. – V. 30. – P. 150.
29. Patten TM, Rennie CJ, Robinson PA, Gong P. Human cortical traveling waves: dynamical properties and correlations with responses // *PLoS One.* – 2012. – V. 7, N 6. P. e38392.
30. Pereda E, Quiroga RQ, Bhattacharya J. Nonlinear multivariate analysis of neurophysiological signals // *Prog Neurobiol.* – 2005. – V. 77, N 1-2. – P. 1.
31. Posner, M.I. Attention: The mechanisms of consciousness // *Proceedures of the National Academy of Science.* – 1994. – V. 91. – P. 7398.
32. Rohenkohl G., Nobre A.C. Alpha Oscillations Related to Anticipatory Attention Follow Temporal Expectations // *J Neurosci.* – 2011. – V. 31, N 40. – P. 14076.
33. Romei V., Gross J., Thut G. On the Role of Prestimulus Alpha Rhythms over Occipito-Parietal Areas in Visual Input Regulation: Correlation or Causation? // *The Journal of Neuroscience.* – 2010. – V. 30, N 25. – P. 8692.

34. Schreiber T. Measuring information transfer // Phys Rev Lett. – 2000. – V. 85, N 2. – P. 461.
35. Sehatpour P., Molholm S., Schwartz T., Mahoney J., Mehta A., Javitt D., Stanton P., Foxe J. A human intracranial study of long-range oscillatory coherence across a frontal-occipital-hippocampal brain network during visual object processing // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. – 2008. – V. 105, N. 11. – P. 4399.
36. Sehatpour P., Molholm S., Javitt D.C., Foxe J.J. Spatiotemporal dynamics of human object recognition processing: An integrated high-density electrical mapping and functional imaging study of "closure" processes // NeuroImage. – 2006. – V. 29. – P. 605.
37. Senkowski D., Schneider T.R., Foxe J.J., Engel A.K. Crossmodal binding through neural coherence: implications for multisensory processing // Trends in Neurosciences. – 2008. – V. 31, N. 8. – P. 401.
38. Snodgrass J.G., Corwin J. Perceptual identification thresholds for 150 fragmented pictures from the Snodgrass and Vanderwart picture set. // Percept. Motor Skills. – 1988. – V. 67. – P. 3.
39. Snyder A.C., Foxe J.J. Anticipatory attentional suppression of visual features indexed by oscillatory alpha-band power increases: a high-density electrical mapping study // J Neurosci. – 2010. – V. 30. – P. 4024.
40. Tabareau N, Slotine J-J, Pham Q-C. How Synchronization Protects from Noise // PLoS Comput Biol. – 2010. – V. 6, N1. – P. e1000637.
41. Thakor N.V., Tong S. Advances in quantitative electroencephalogram analysis methods // Annu Rev Biomed Eng. – 2004. – V. 6. – P. 453.
42. van Dijk H, Schoffelen JM, Oostenveld R, Jensen O. Prestimulus oscillatory activity in the alpha band predicts visual discrimination ability // J Neurosci. – 2008. – V. 28. – P. 1816.
43. Varela F., Lachaux J-P., Rodriguez E., Martinerie J. The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration // Nat. Rev. Neurosci. – 2001. – V. 2. – P. 229.
44. Viggiano M.R., Kutas M. Overt and covert identification of fragmented objects inferred from performance and electrophysiological measures // J. Experim. Psychology: General. – 2000. – V. 129, N 1. – P. 107
45. on Stein A., Chiang C., Konig P. Top-down processing mediated by interareal synchronization // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. – 2000. – V. 97. – P. 14748.
46. Wolters C., de Munck J.C. Volume Conduction // Scholarpedia. – 2007. – V. 2, N 3. – P. 1738.
47. Yamagishi N, Callan D.E, Anderson S.J, Kawato M. Attentional changes in pre-stimulus oscillatory activity within early visual cortex are predictive of human visual performance // Brain Res. – 2008. – V. 1197, N 4. – P. 115.
48. Zhuang J., Peltier S., He S., LaGonte S., Hu X. Mapping the connectivity with structural equation modeling in an fMRI study of shape-from-motion task // Neuroimage. – 2008. – V. 42. – P. 799.

4. <https://elibrary.eu/item.asp?=23373058> Фарбер Д.А., Петренко Н.Е. Особенности мозговой организации произвольного внимания и их влияние на эффективность целостного опознания у подростков 12-13 ЛЕТ// Новые исследования. 2015. № 4 (36). С. 5

У детей 12-13 лет изучались показатели функциональной организации мозга в период подготовки к когнитивной деятельности и её выполнения. Анализ показателей формирования внутрикоркового взаимодействия в процессе преднастройки к целостному опознанию неполных изображений у детей трёх возрастных групп: 10-11, 11-12 и 12-13 лет выявил динамику мозговой организации произвольного внимания и её специфику в 12-13 лет.

Установлено, что в течение предподросткового возраста происходят неоднозначные изменения степени и характера участия регуляторных систем в мозговой организации произвольного внимания. К 12-13 годам вследствие прогрессивного созревания дорзолатеральной префронтальной коры возрастает влияние системы избирательной регуляции. Возрастает дифференцированность и полушарная специализация формирующихся при произвольном внимании функциональных объединений корковых областей. На поведенческом уровне снижается импульсивность принятия решения. Положительная направленность организации произвольного внимания и его влияние на эффективность выполнения заданий нивелируется негативными изменениями активности структур мотивационной регуляторной системы. В 12-13 лет существенно снижается степень вовлечения вентролатеральной префронтальной коры в организацию произвольного внимания. Дефицитарность мотивационного компонента внимания отрицательно влияет на успешность выполнения когнитивного задания: у детей 12-13 лет, несмотря на снижение импульсивности принятия решений, число ошибочных ответов по сравнению с детьми 11-12 лет значимо не изменяется.

Ключевые слова: регуляторные системы мозга, произвольное внимание, мотивационный компонент внимания, префронтальная кора, электроэнцефалограмма, функциональная организация мозга, связанные с событием потенциалы, зрительное опознание.

Brain organization of voluntary attention in adolescences aged 12-13 affects in-complete image recognition. We studied functional brain organization during the preparation to the cognitive task and along its performance in children aged 12-13. A comparative analysis of cortico-cortical interactions during the preparation to incomplete image recognition in children aged 10-11, 11-12 and 12-13 showed the dynamics of brain organization of voluntary attention and its specificity in 12-13-year-old children.

It was found that the involvement of executive systems into the brain organization of voluntary attention is changing ambiguously along the pre-teen years. The fact that the dorsolateral prefrontal cortex (PFC) becomes more mature to the age of 12-13 leads to a greater involvement of the executive system. Functional cortico-cortical connectivity formed during voluntary attention performance becomes more differentiated and hemispherical specialized. Behavioral data shows a decrease in impulsive decision-making. However, positive changings in the development of voluntary attention and its influence on the task performance are overshadowed by the decreased activity of the motivational modulatory system. The ventrolateral PFC becomes significantly less involved into the processes of voluntary attention to the age of 12-13. Lower level of the motivational component of attention negatively affects cognitive performance: children aged 12-13 did not show any significant differences in task performance, as compared with children aged 11-12, despite of the fact that they show a decrease in impulsive decision-making.

Key words: brain executive systems, voluntary attention, motivational component of attention, PFC, EEG, functional brain organization, ERPs, incomplete image recognition.

Возрастные и индивидуальные особенности произвольного внимания определяют возможности школьника в процессе преднастройки к выполнению когнитивных заданий и организации учебной деятельности. Ранее было показано, что постепенное и гетерохронное созревание регуляторных структур мозга в дошкольном и младшем школьном возрасте определяют прогрессивное развитие механизмов произвольного внимания на этом этапе развития [2; 3; 8].

Однако с наступлением пубертатного периода эта прогрессивная тенденция сменяется неоднозначными изменениями в развитии регуляторных систем разного уровня. На раннем этапе полового созревания в организме происходят изменения, связанные с активизацией нейрогормональной функций гипоталамуса [6], выделением гормонов, неоднозначно влияющих на созревание структур мозга, в том числе и высших регуляторных центров произвольного внимания и произвольной регуляции деятельности [17].

Современные методы изучения морфологической и функциональной организации мозговых процессов позволили получить новые и важные данные о структуре нейронов и их связей, обеспечивающих системную организацию когнитивной деятельности в этом возрасте. Показано, что существенные из-

менения происходят в префронтальной коре [9; 19-22]. Особенностью ее созревания на рассматриваемом этапе развития является разная динамика формирования нейронов и их связей в разных ее зонах [10]. Неравномерность развития связей префронтальной коры с другими структурами мозга обуславливает специфику их объединения в функциональные системы, складывающиеся в процессе когнитивной деятельности [13]. Показана также неодновременность созревания префронтальной коры и глубоких структур мозга, связанная с неоднозначным влиянием половых гормонов на их развитие [17]. Под влиянием половых гормонов, выделяющихся на начальной стадии полового созревания, наиболее интенсивные изменения происходят в лимбической и вентро-стриарной системах, что приводит к существенным изменениям механизмов мотивационно-эмоциональной регуляции [21; 22].

Прогрессивное созревание корковых регуляторных структур – процесс более длительный. Согласно имеющимся данным созревание префронтальной коры и ее связей с другими структурами прослеживается в течение всего восходящего онтогенеза. При этом установлена неодновременность и неоднозначность воздействия половых гормонов в особенности тестостерона на дорзолатеральные и вентролатеральные зоны префронтальной коры и их контролируемых влияний.

Учитывая данные о различной роли дорзо- и вентролатеральных зон префронтальной коры в формировании разных управляющих функций [1], есть все основания считать, что особенности их функционирования в предпубертальном и подростковом возрасте могут определять специфику мозговой организации произвольного внимания и его роль в эффективности когнитивной деятельности. К настоящему времени нет четких данных о возрасте появления описанных выше морфофункциональных изменений регуляторных систем, связанных с половым созреванием. Это обусловлено как индивидуальной вариативностью его темпа, так и, прежде всего, широким возрастным диапазоном анализируемых групп (например, 11-16, 12-17, 10-15 лет), включающих согласно существующей классификации [14] предпубертальный (до 13 лет) и подростковый (после 13) возраст. В связи с этим нами было начато поперечное изучение особенностей функционирования дорзо- и вентролатеральных систем префронтальной коры, их вклада в мозговую организацию произвольного внимания в период подготовки к выполнению когнитивного задания – опознанию неполных изображений разного уровня фрагментации. Результаты исследования детей 10-11 и 11-12 лет выявили определенную специфику мозговой организации произвольного внимания в каждой из групп, связанную с изменяющимся в течение предпубертального возраста вкладом разных регуляторных систем префронтальной коры в формирование межкортикальных объединений на разных этапах подготовки к выполнению когнитивного задания [5]. В настоящей статье рассматриваются данные, полученные при исследовании детей 12-13 летнего возраста, приходящегося на II и III стадии полового созревания [6].

С целью выявления динамики механизмов произвольного внимания, связанных с изменением в функционировании префронтальных регуляторных систем в статье представлены результаты совместного анализа показателей межкортикального взаимодействия дорзолатеральной и вентролатеральной преф-

ронтальных корковых зон с другими областями коры детей трех возрастных групп: 10-11, 11- 12, 12-13 лет.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании участвовали 25 школьников 12-13 лет (12 мальчиков и 13 девочек), средний возраст $12,3 \pm 0,14$. наряду с показателями мозговой организации внимания на разных этапах подготовки к деятельности и при ее осуществлении у детей 12-13 лет анализировались данные, полученные в тех же экспериментальных условиях при исследовании 21 школьника 11-12 лет (10 мальчиков, 11 девочек, средний возраст $11,2 \pm 0,2$) и 31 школьник 10-11 лет (16 мальчиков, 15 девочек). Все дети – учащиеся общеобразовательных школ г. Москвы, имеющие нормальное зрение и без трудностей обучения и отклонений в поведении.

Испытуемым предъявлялось 16 знакомых изображений предметов и животных из стандартного набора [18] без предварительной демонстрации полных изображений. Для каждого из 16 целевых объектов последовательно предъявлялись изображения пяти уровней фрагментации от трудно опознаваемых до полных изображений. Подробно модель и временная последовательность эксперимента изложены ранее [4]. У всех испытуемых анализировались поведенческие показатели опознания и функциональная организация мозга в предстимульные и постстимульные периоды.

В качестве поведенческих показателей использовались успешность опознания, о которой судили по числу ошибок, и порогу опознания – уровень фрагментации, на котором правильно опознавалось изображение.

В период подготовки к решению испытуемым когнитивной задачи и в процессе ее выполнения проводилась непрерывная регистрация ЭЭГ по системе 10- 20% от затылочных (O1, O2), теменных (P3, P4), передневисочных (T3, T4), задневисочных (T5, T6), центральных (C3, C4) и лобных (F3, F4, F7, F8) отведений.

В качестве меры функционального взаимодействия в период преднастройки использовалась мнимая часть комплексной функции когерентности $J(f) = \text{Im}\{C(f)\}$. Более подробно этот метод оценки межкоркового взаимодействия описан нами ранее [4].

Для каждой пары отведений вычислялась величина J_{α} , равная среднему значению функции $J(f)$ в диапазоне альфа-ритма (7,5-12,5 Гц). Такое вычисление проводилось индивидуально для каждого испытуемого отдельно в трех экспериментальных условиях (ЭУ1, ЭУ2, ЭУ3). ЭУ1 характеризовало неспецифическое внимание и соответствовало отрезку ЭЭГ, регистрируемому от момента фиксации взора до появления предупреждающего стимула; ЭУ2 относилось к ожиданию целевого стимула, и ему соответствовал отрезок ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления еще не опознанного целевого фрагментарного изображения; ЭУ3 характеризовало ожидание целевого, уже опознанного, стимула, и ему соответствовал отрезок ЭЭГ от предупреждающего стимула до появления эффективно опознаваемых фрагментарных изображений.

Статистический анализ величин J_{α} осуществлялся с помощью дисперсионного анализа для повторных измерений (rmANOVA) для двух подмножеств пар отведений, включавших отведения от дорзолатеральных (F3, F4) и вентралате-

ральных (F7, F8) зон префронтальной коры с отведениями от других корковых зон.

Для исследования степени и характера участия различных областей коры в эффективном зрительном опознании в предпубертковом возрасте анализировалась амплитуда компонентов регионарных ССП. Усреднялись ССП при отсутствии опознания – испытуемый отвечал "Не знаю" и ССП, регистрируемые при правильном опознании. Усредненные по типам "опознаваемости" стимула ССП отдельных испытуемых анализировались с помощью метода главных компонент. Суммарная амплитуда ССП на временных отрезках, соответствующих выделенным главным компонентам, обрабатывалась с помощью дисперсионного анализа для повторных измерений (rmANOVA). Значимость попарных различий параметров ССП оценивалась при помощи непараметрического критерия Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поведенческие показатели опознания фрагментарных изображений.

Анализ поведенческих показателей опознания фрагментарных изображений позволил выявить их изменение от 10-11 к 11-12 и 12-13 годам (рис. 1). Данные дисперсионного анализа выявили значимое влияние фактора ВОЗРАСТ как на количество ошибок ($F(2,65) = 5,633; p = 0,006$), так и на порог опознания ($F(2,65) = 23,36; p = 0,000$).

По числу ошибок опознания группа детей 12-13 лет значимо не отличалась от детей 11-12 лет ($1,9 \pm 0,33$), но по сравнению с 10-11 годами ($4,19 \pm 0,76$) обе группы совершали значимо меньше ошибок ($Z = -2,354; P = 0,019$ и $Z = -2,229; P = 0,026$ соответственно).

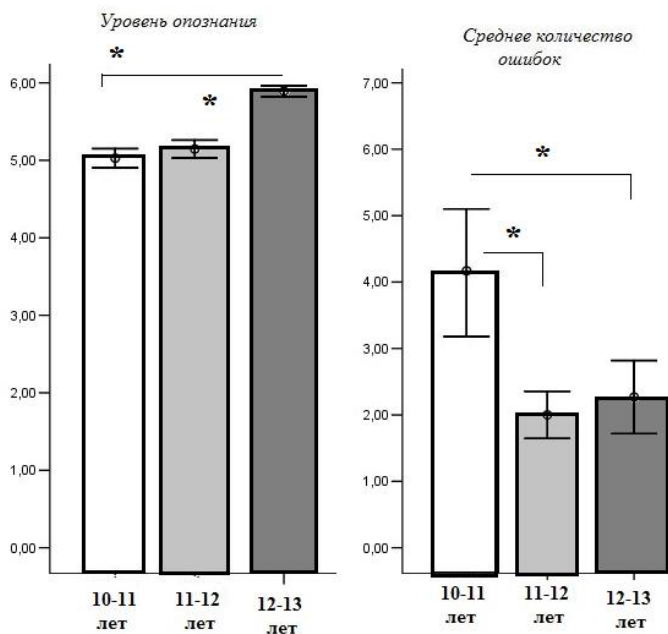


Рис. 1. Среднее значение порога опознания и количества ошибок у детей 10-11, 11-12 и 12-13 лет

Вместе с тем в 12-13 лет значительно увеличивается среднее значение порога (уровня фрагментации) опознания и составляет 5.89 ± 0.07 , по сравнению с группой 11-12 летних, у которых порог опознания составляет $5,177 \pm 0.11$ ($Z = -4.357$; $p = 0.001$) и с группой 10-11-летних детей – 5.10 ± 0.12 ($Z = -4,741$; $P = 0,0001$). Значимые половые различия как по количеству ошибок, так и по порогу опознаны не выявлены.

Функциональная организация мозга на разных этапах подготовки к выполнению когнитивного задания. Для выявления специфики мозговой организации произвольного внимания при эффективном и неэффективном выполнении когнитивной задачи показатели $J\alpha$ на этапе ожидания целевого изображения в тех случаях, когда оно не опознавалось (ЭУ2) и при его правильном опознании раздельно (ЭУ3) сопоставлялись с таковыми при неспецифическом внимании (ситуации ожидания предупреждающего стимула (ЭУ1)).

Анализ *gm ANOVA* по множеству пар отведений, включающих дорзолатеральную префронтальную кору (F3, F4) при сравнении ЭУ2 и ЭУ1 выявил значимость совместного влияния факторов УСЛОВИЕ и ПОЛУШАРИЕ ($F(1,24) = 5,028$, $p = 0,034$), что отражает различный характер изменения межкортикального взаимодействия в правом и левом полушарии при переходе от неспецифического внимания к произвольному направленному вниманию. Для пар отведений, в которые в качестве одного входили зоны вендролатеральной префронтальной коры (F7, F8) значимость влияния фактора УСЛОВИЕ и его взаимодействия с другими факторами не выявлено.

Сравнение периода, предшествующего эффективному опознанию целевого стимула, с ситуацией ожидания предупреждающего стимула (ЕУ3, ЕУ1), проведенное по той же схеме для подмножества отведений, включающих дорзолатеральную префронтальную кору (F3, F4), выявило значимое влияние фактора УСЛОВИЕ. Его взаимодействие с другими факторами не выявлено.

С целью выявления возрастной динамики нейрофизиологических механизмах преднастройки к опознанию неполных предметных изображений разного уровня фрагментации у детей 10-11, 11-12 и 12-13 лет был проведен дополнительный дисперсионный анализ, использующий помимо описанных факторов, фактор ВОЗРАСТ.

Для пар отведений, в которые в качестве одного входили области F3, F4 на значимый уровень выходит взаимодействие факторов ВОЗРАСТ \times УСЛОВИЕ \times ПОЛУШАРИЕ ($F(4,138) = 3.095$, $p = 0.018$).

Для пар отведений F7, F8 значимых взаимодействий с фактором ВОЗРАСТ выявлено не было.

Выявленное дисперсионным анализом совместное влияние факторов ВОЗРАСТ \times УСЛОВИЕ \times ПОЛУШАРИЕ1 свидетельствует о наличии в подмножестве отведений, включающих дорзолатеральную префронтальную кору, существенных возрастных различий в специализации полушарий на разных этапах подготовки к деятельности у детей 10-11, 11-12 и 12-13 лет.

Как видно на рисунке 2, в подмножестве пар отведений, включающем F3 и F4 (дорзолатеральная префронтальная кора), в левом полушарии величина $J\alpha$ у всех трех групп детей имеет минимальное значение в ЭУ1, а максимальное значение в ЭУ3. В правом полушарии также максимальное значение величины $J\alpha$ отмечено в ЭУ3, однако динамика от ЭУ1 к ЭУ3 у разных возрастных

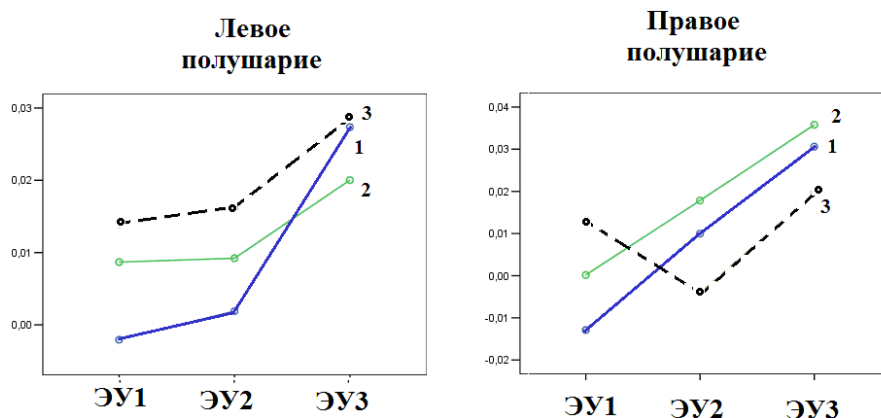


Рис. 2. Полушарные различия α в подмножестве отведений, включающих дорзолатеральную префронтальную кору, в разных экспериментальных условиях у детей 3 возрастных групп. Обозначения: По вертикали - усредненные значения α в подмножестве отведений дорзолатеральной префронтальной коры. По горизонтали - экспериментальные условия ЭУ: неспецифическое внимание (ЭУ1); ожидание целевого не опознаваемого стимула (ЭУ2); ожидание эффективно опознаваемого стимула (ЭУ3). Сплошная линия — дети 10-11 лет (1); тонкая линия – дети 11-12 лет (2); пунктир – дети 12-13 (3).

групп носит разный характер. Если у детей 10-11 и 11-12 лет происходит почти линейное возрастание α от ЭУ1 до ЭУ3, то у детей 12-13 лет отмечается снижение значений α в ситуации ожидания целевого не опознаваемого стимула (ЭУ2).

Анализ степени и характера вовлечения различных зон коры в процесс опознания фрагментарных изображений. С помощью метода главных компонентов были выделены временные интервалы, включающие статистически значимые амплитудные показатели ССП, регистрируемые в разных корковых зонах.

Амплитуда ССП в выделенных временных интервалах анализировалась с использованием *rmANOVA*. Оценивалось влияние следующих факторов: ОПОЗНАНИЕ (опознанные, неопознанные); ПОЛУШАРИЕ (левое, правое); ЛОКАЛИЗАЦИЯ (9 пар отведений).

Анализ, проведенный отдельно для ССП, регистрируемых в разных корковых зонах выявил (табл. 1) значимое влияние фактора ОПОЗНАНИЕ для дорзолатеральной префронтальной коры во временном интервале 390-470 мс, для вентролатеральной префронтальной коры взаимодействие факторов ОПОЗНАНИЕ и ПОЛУШАРИЕ значимо для компонента N200 (160-220 мс), а изолированное влияние фактора ОПОЗНАНИЕ значимо во временном интервале от 305 до 570 мс. Для каудальных зон влияние фактора ОПОЗНАНИЕ выражено меньше и обнаружено в теменных областях в интервалах 390-470 и 660-750 мс. В затылочных корковых зонах влияние фактора ОПОЗНАНИЕ выявлено только как тенденция и наблюдается во временном интервале 220-304 мс, соответствующем компоненту N250, наиболее тесно связанному с процессом опознания.

Для уточнения характера изменений ССП, связанных с опознанием методом парного сравнения, сопоставлялись амплитудные значения компонентов

Таблица 1

Регионарные различия ССП, связанные с опознанием у детей 12-13 лет

| Временные интервалы, мс | 20-80 8 | 80-160 9 | 161-220 7 | 220-304 6 | 305-390 4 | 390-470 5 | 470-570 2 | 570-660 1 | 660-750 3 |
|-------------------------|------------|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------|-------------------------------|
| F3-F4 | | | | | | F(1,23) = 7.40; P=0.012 | | | |
| F7-F8 | | | F(1,23) = 6.78; P=0.016 | | F(1,23) = 6.84; P=0.015 | F(1,23) = 7.75; P=0.011 | F(1,23) = 4.87; P=0.037 | | |
| P3-P4 | | | | | | F(1,23) = 8.19; P=0.009 | | | F(1,23) = 6.46; P=0.018 |
| T5-T6 | | | | | | | | | |
| I-O2 | | | | F(1,23) = 4.17; P=0.055 | | | | | |

ССП на опознанные и неопознанные стимулы. Как видно, на рис. 3 в вендролатеральной префронтальной коре на опознанные изображения отмечается увеличение негативности с пиковой латентностью соответствующего компонента N150 мс (160-220мс: F7 – Z=-1,98; P=0,047; F8 – Z=-2,28; P=0,022). Компоненты N350 и N450 как в дорзо-, так и вендролатеральных областях префронтальной коры увеличиваются при опознании.

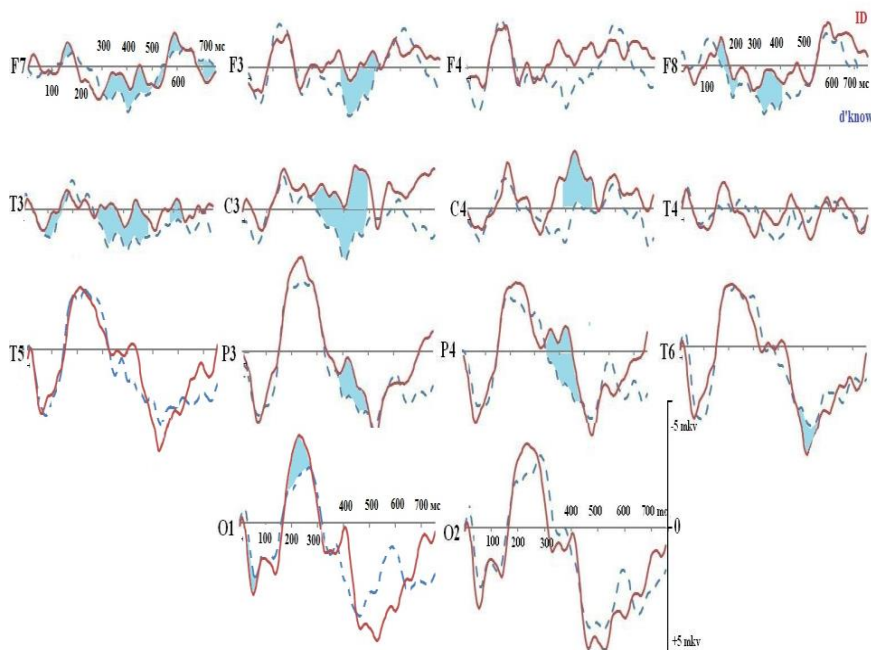


Рис. 3. ССП различных областей коры на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения у детей 12-13 лет. Значимые различия компонентов ССП заштрихованы.

В ССП на неопознанные фрагментарные изображения в это время развивается высокоамплитудный позитивный компонент с пиковой латентностью 400 мс (305-390мс: $F7 - Z = -2,114$; $P = 0,034$; $F8 - Z = -1,94$; $P = 0,052$; 390-470мс: $F3 - Z = -2,457$; $P = 0,014$; $F7 - Z = -2,371$; $P = 0,017$). Эти же различия отмечаются и в центральный и передневисочных зонах коры (305-390мс: $C3 - Z = -1,977$; $P = 0,048$; $T3 - Z = -2,74$; $P = 0,006$; 390-470мс: $C3 - Z = -3,257$; $P = 0,001$; $C4 - Z = -3,00$; $P = 0,003$; $T3 - Z = -2,67$; $P = 0,007$). На поздних стадиях опознания в передних областях коры значимые различия между опознанными и неопознанными фрагментарными изображениями отмечены в интервале 470-570мс ($F7 - Z = -3,14$; $P = 0,001$; $T3 - Z = -2,17$; $P = 0,03$) и 670-750мс ($F7 - Z = -2,06$; $P = 0,039$; $C3 - Z = -2,37$; $P = 0,017$) и связаны с увеличением негативности при опознании. Наиболее ранние статистически значимые различия на опознанные и неопознанные фрагментарные изображения отмечены в интервале 80-160 мс в передневисочной области левого полушария и связаны с увеличением ранней негативности N150 мс в ответ на опознанные изображения ($T3 - Z = -1,93$; $P = 0,053$).

В каудальных областях, где значимое влияние фактора опознание было выявлено только для теменной коры, метод парного сравнения амплитудных значений ССП выявил наличие значимых различий амплитуды компонентов ССП и в задневисочной, и в затылочной областях. Различия выражены для компонентов основного комплекса P100 (20-80 мс: $O1 - Z = -1,877$; $P = 0,057$) и N 250 (160-220 мс: $O1 - Z = -1,88$; $P = 0,052$), для компонента N 400 (390-450 мс: $P3 - Z = -2,08$; $P = 0,037$; $P4 - Z = -2,74$; $P = 0,006$) и следующей за ним поздней позитивности (470-570мс: $T6 - Z = -1,88$; $P = 0,052$), имеющих большую амплитуды в ответ на опознанные фрагментарные изображения.

С целью выявления специфики мозговой организации опознания в 12-13 лет был проведен совместный анализ амплитудных значений регионарные ССП у детей 11-12 и 12-13 лет и включением в дисперсионный анализ наряду с факторами ОПОЗНАНИЕ и ЛОКАЛИЗАЦИЯ фактора ВОЗРАСТ. Выявлено изолированное влияние фактора ВОЗРАСТ как для ранних и среднелатентных компонентов (20- 80 мс $F(1,43) = 5.36$; $P = 0.025$; 160-220 мс $F(1,43) = 6.46$; $P = 0.015$), так и для поздних колебаний ССП (470-570 мс: $F(1,43) = 4.95$; $P = 0.031$; 570-660 мс: $F(1,43) = 6.54$; $P = 0.014$ и 660-750мс: $F(1,42) = 5.62$; $P = 0.022$) периодов обработки информации. Совместное влияние факторов ВОЗРАСТ и ОПОЗНАНИЕ значимо в интервале 570-660мс ($F(1,43) = 4.54$; $P = 0.039$). Влияние фактора ВОЗРАСТ и его взаимодействие с факторами ОПОЗНАНИЕ и ЛОКАЛИЗАЦИЯ значимо в широком временном окне (20-80мс $F(6,258) = 2.32$; $P = 0.033$; 80-160мс: $F(2,101) = 4.44$; $P = 0.01$; 160-220мс: $F(2,107) = 2.88$; $P = 0.049$; 220-305мс: $F(6,38) = 3.95$; $P = 0.004$; 305-390мс: $F(6,38) = 2.93$; $P = 0.019$; 390-470мс: $F(6,38) = 2.93$; $P = 0.019$; 470-570мс: $F(3,136) = 6.03$; $P = 0.001$).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ поведенческих показателей опознания фрагментарных изображений у детей 12-13 лет выявил значимое возрастание порога опознания в сравнении с 11- 12 годами. Увеличение порога опознания свидетельствует о снижении к 12-13 годам импульсивности детей, которые начинают принимать решения более обдуманно, не торопясь, основываясь на большем количестве информации об объекте. При этом значимые изменения числа ошибок не об-

наруживаются. Возможно, это объясняется индивидуальными различиями, выраженными в 12-13 лет. Среди обследованных детей 5 из 25 допускали значительное число ошибок.

Нейрофизиологические исследования позволяют считать, что столь выраженная индивидуальная вариативность точности опознания связана с изменением функциональной активности регуляторных систем в начале полового созревания и индивидуальным темпом его развития. Результаты настоящей работы свидетельствуют о существенно различных изменениях в системах дорзолатеральной и вентролатеральной префронтальной коры. Прогрессивные изменения дорзолатеральной префронтальной коры и ее связей с другими областями коры к 12-13 годам проявляются в увеличении степени ее участия в анализе и обработке сенсорной информации. Сопоставление связанных с событием потенциалов (ССП) на опознанные и неопознанные стимулы выявило активацию при опознании этой области коры как на начальных этапах обработки информации, так и при осуществлении более поздних когнитивных операций. Проявлением прогрессивного развития дорзолатеральной префронтальной коры является и значительное снижение к 12-13 годам в сравнении с 10-11 годами импульсивности принятия решения вследствие формирования механизмов тормозного контроля.

Положительные изменения дорзолатеральной префронтальной коры проявляются при анализе ее участия в межкортикальном взаимодействии в процессе преднастройки к деятельности. В системе связей дорзолатеральной префронтальной коры с другими структурами мозга в 12-13 лет наблюдаются дифференцированные изменения показателя межкортикального взаимодействия в левом и правом полушариях в разных ситуациях внимания.

Полушарная специализация формирующихся при произвольном внимании межкортикальных объединений в системе дорзолатеральной префронтальной коры была выявлена нами у взрослых [4] и отсутствовала в 10-11 и 11-12 лет [5]. В 12-13 лет отмечены существенные отличия организации произвольного внимания, предшествующего эффективному и неэффективному опознанию целевого стимула. В левом полушарии в системе связей дорзолатеральной префронтальной коры значения показателя межцентрального взаимодействия постепенно повышаясь от ситуации неспецифического внимания к произвольному неэффективному, достигали максимальной величины при произвольном внимании, предшествующем эффективному опознанию. Иная картина наблюдалась в правом полушарии. При переходе от неспецифического внимания к ожиданию целевого, но еще трудно опознаваемого стимула, в 12-13 лет значение показателей межкортикального взаимодействия ($J\alpha$) снижается, увеличиваясь в период, предшествующий эффективному опознанию. Этот факт коррелирует с наблюдаемым нами в этом возрасте увеличением порога опознания фрагментарных изображений и свидетельствует о совершенствовании механизмов принятия решения за счет тормозного контроля. Очевидно, что, когда уровень фрагментации изображения недостаточен для правильного его опознания, неадекватным является активизация системы зрительного опознания, что и отражается в снижении межкортикального взаимодействия в подмножестве отведений, включающих дорзолатеральную кору.

Несмотря на эти прогрессивные изменения, которые должны были бы привести к возрастающей точности опознания, число ошибочных ответов к 12-13 годам не только не уменьшается, но даже незначительно возрастает. Причиной этого являются изменения, происходящие с началом полового созревания в системе вентролатеральной префронтальной коры. Несмотря на то, что вентролатеральная префронтальная кора, как показал анализ ССП, активируется в процессе опознания зрительных стимулов, ее вклад в организацию функциональных межкортикальных взаимодействий в процессе преднастройки снижается, тенденция к этому снижению наблюдалась нами уже у детей 11-12 лет, а в 12-13 лет, как показали результаты данной работы, значимые изменения межкортикального взаимодействия в системе вентролатеральной префронтальной коры при внимании, направленном на опознание неполных изображений, не выявляются.

Неоднозначность морфофункциональных изменений мозговых структур на начальном этапе полового созревания отмечены всеми исследователями этого периода индивидуального развития. Особенно много внимания уделено различиям функционирования дорзолатеральных и вентролатеральных зон префронтальной коры и их связи с другими корковыми областями [8, 10, 20]. Эти различия рассматриваются как важнейший фактор наблюдаемой в подростковом возрасте разнонаправленной динамики когнитивных процессов [11, 12] и их соотношение с эмоционально-мотивационными процессами [8, 20]. При изучении поведенческих показателей выполнения когнитивных заданий и использовании нейровизуализационных методов исследования мозга установлена зависимость эффективности выполнения задания от его эмоциональной привлекательности или последующего вознаграждения [8, 19, 20]. ФМРТ исследования показали, что преимущество в выполнении эмоционально привлекательного задания связано с повышенной активностью глубинных вентростриарных и лимбических структур. При этом активность вентролатеральной коры выражена значительно меньше, ее повышение наблюдается только при эмоциональной привлекательности и положительном подкреплении деятельности. Полученные в данной работе результаты свидетельствуют о том, что изменения в мотивационной регуляторной системе проявляются уже в предподростковом возрасте. Отсутствие эмоциональной привлекательности и положительного подкрепления при опознании изображения привело к снижению мотивационного компонента внимания, что проявилось в 12-13 лет в снижении вклада вентролатеральной префронтальной коры в мозговую организацию произвольного внимания. Дефицитарность мотивационного компонента внимания, связанная с изменениями эмоционально-мотивационной сферы на начальном этапе полового созревания нивелирует прогрессивные изменения когнитивных процессов к 12-13 годам. Следствием этого является отсутствие положительного влияния совершенствующихся к этому возрасту дорзолатеральных механизмов произвольного внимания, на эффективность деятельности – точность опознания не только не улучшается, но даже несколько ухудшается. Очевидно, что отсутствие мотивационного компонента внимания к выполнению нейтрального, не представляющего сиюминутного интереса задания у школьников 12-13 лет может отрицательно сказываться на успешности их учебной деятельности и являться важным фактором дезадаптации к школе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ поведенческих показателей опознания у детей 12-13 лет показал, что в этом возрасте значимо увеличивается уровень опознаваемости неполного фрагментированного изображения и в сравнении с 11-12 годами наблюдается тенденция к увеличению числа ошибок опознания. Сравнительный анализ (rmAnova) показателей функционального взаимодействия различных областей коры в процессе подготовки к опознанию изображений разного уровня фрагментации, проведенный у детей трех возрастных групп: 10-11, 11-12, 12-13 лет выявил динамику мозговой организации произвольного внимания в предпубертальном возрасте и механизмы, определяющие его специфику в 12-13 лет. Установлено, что гетерохронные, неоднозначные морфофункциональные преобразования различных зон префронтальной коры, связанные с началом полового созревания приводят к существенным изменениям их вклада в мозговую организацию произвольного внимания и обеспечения эффективной деятельности.

Прогрессивное созревание дорзолатеральной префронтальной коры к 12-13 годам определяет возрастающую дифференцированность формирующихся в левом и правом полушарии функциональных объединений корковых зон, адекватных процессам, осуществляемым на разных этапах подготовки к деятельности. Прогрессивные изменения в дорзолатеральной системе, связанные с формированием механизмов избирательной активации и тормозного контроля на поведенческом уровне, проявляются в снижении импульсивности принятия решения, что должно способствовать возрастающей точности опознания в 12-13 лет. Проведенные исследования не выявили уменьшение числа ошибок с возрастом. Причиной являются изменения, происходящие в вентролатеральной префронтальной коре. Вследствие значительного повышения активности глубоких эмоциогенных структур снижается ее активность и соответственно вклад мотивационной регуляторной системы в организацию произвольного внимания. Установленное у 12-13-летних детей отсутствие мотивационного компонента внимания к положительно немотивируемой деятельности является существенным препятствием для эффективного выполнения задания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мачинская Р.И. Управляющие функции // Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова. – 2015. – Т. 65, № 1. – С. 33-60.
2. Мозговые механизмы формирования познавательной деятельности в дошкольном и младшем школьном возрасте / под ред. Р.И. Мачинской, Д.А. Фарбер. – М.: НОУ ВПО «МПСУ»; Воронеж: МОДЭК, 2014.
3. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребенка / под ред. Д.А. Фарбер, М.М. Безруких. – М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2009.
4. Фарбер Д.А., Мачинская Р.И., Курганский А.В., Петренко Н.Е. Функциональная организация мозга в период подготовки к опознанию фрагментарных изображений. // Журнал высшей нервной деятельности им И.П. Павлова. – 2014. – Т. 64, № 2. – С. 190-200.
5. Фарбер Д.А., Курганский А.В., Петренко Н.Е. Мозговая организация преднастройки к зрительному опознанию у детей предпубертального возраста // Физиология человека. – 2015. – Т. 41, № 5. – С. 5-15.
6. Физиология подростка / под ред. Д.А. Фарбер. – М.: Педагогика, 1978. – 167 с.

7. Физиология развития ребенка: Руководство по возрастной физиологии / под ред. М. М. Безруких, Д. А. Фарбер. – М.: Издательство Московского психолого-социального института; Воронеж: Издательство НПО «МОДЭК», 2010. – 768 с.

8. Banagee S., Frey H.P., Molhalm S., Fax I. Interests shape how adolescents pay attention the interaction of motivation and top-down attention processes in beasing sensory activation to anticipated events // *European Journal of Neuroscience*. – 2014. – P. 1- 17.

9. Barnea-Goraly N, Menon V, Eckert M, Tamm L, Bammmer R, Karchemskiy A, Dant CC, Reiss AL. White matter development during childhood and adolescence: a cross-sectional diffusion tensorimaging study. *Cereb Cortex*. – 2005. – 15:1848-1854.

10. Blakemore S.J., Imaging Brain development; The adolescent Brain // *Neuroimage*. – 2012. – P. 397-406.

11. Dumontheil I., Burgess P., Blakemore S-J. Development of rostral prefrontal cortex and cognitive behavioral disorders // *Dev. Med. Ch. Neurol*. – 2008. – V. 50, № 3. – P. 168.

12. Huizinga M., Dolan C.V., Molen M.W. Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis // *Neuropsychologia*. – 2006. – Vol. 44. – P. 2017-2036.

13. Hwang K., Velanova R., Luna B. Strengthening of Top-Down Frontal Cognitive Control Networks Underlying the Development of Inhibitory Control: An fMRI Effective Connectivity Study // *J. Neurosci*. – 2010. – V. 30, № 46. – P. 15535.

14. *New Oxford American Dictionary / 2nd Edition, 2005*. – N.Y.: Oxford University Press, 2005.

15. Luna B., Padmanabhan A., O’Hearn K. What has fMRI told us about the development of cognitive control through adolescence? // *Brain Cogn*. – 2010. – V. 72, № 1. – P. 101.

16. Sebastian C.L., Tan G.C.Y., Roiser J.P., Viding E., Dumontheil I., Blakemore S.J. Developmental influences on the neural bases of responses to social rejection: implications of social neuroscience for education. *NeuroImage*, in press.

17. Sisk C., Zehr J. Pubertal Hormones organize the adolescent brain and behavior // *Front Neuroendocrinol*. – 2005. – V. 26, № 3-4. – P. 163.

18. Snodgrass J.G., Corwin J. Perceptual identification thresholds for 150 fragmented pictures from the Snodgrass and Vanderwart picture set // *Percept. Motor Skills*. – 1988. – V. 67. – P. 3.

19. Somerville L., Hare T., Casey B. Fronto-striatal maturation predicts cognitive control failure to appetitive cues in adolescents // *J. Cogn. Neurosci*, 2011. – Vol. 23. – N9. – P. 2123-2134.

20. Somerville L., Jones R., Casey B. A time of change: a behavioral and neural correlates of adolescents’ sensitivity to appetitive and aversive environmental cues // *Brain Cogn*, 2010. – Vol. 72, № 1. – P. 124-133.

21. Sowell E.R. et al. Longitudinal mapping of cortical thickness and brain growth in normal children // *J. Neurosci*. – 2004. – Vol. 24, № 38. – P. 8223-8231.

22. Sowell E.R., Thompson P.M., Holmes C.J., Jernigan T.L., Toga A.W. In vivo evidence for post-adolescent brain maturation in frontal and striatal regions // *Nat Neurosci*. – 1999. – 2:859-861.

DOI: 10.46742/2072-8840-2026-86-2-39-57

УДК: 159.938.363.6

**ОБЗОР МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
КОМПОНЕНТОВ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ШКОЛЬНИКОВ,
ПРОВОДИМЫХ В ИВФ РАО (2001-2004 гг),
РЕЗУЛЬТАТЫ КОТОРЫХ ОПУБЛИКОВАНЫ
в ж. «НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ» в 2012 ГОДУ**

Сонькин В.Д.^{1,2},

¹ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка», Москва, РФ

²ФГБОУ ВО Российский университет спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, РФ

e-mail: sonkin@mail.ru

АННОТАЦИЯ. Проанализированы исследования всероссийского мониторинга в 2001-2004 гг, посвященные оценке качества жизни школьников.

Ключевые слова: детский возраст, качество жизни

Sonkin V.D.

Review of monitoring studies components of the quality of life of schoolchildren, conducted at ivf rao (2001-2004), the results of which were published in the journal "new research" in 2012

ABSTRACT. The research of the All-Russian monitoring in 2001-2004 devoted to the assessment of the quality of life of schoolchildren is analyzed.

Keywords: schoolchildren, quality of life

Качество жизни – одна из наиболее актуальных проблем биомедицинских исследований на сегодняшний день. По данным базы данных PubMed, за последние 10 лет (2016-2026гг.) по этой тематике опубликовано свыше 2 миллионов 250 тысяч работ. На русском языке, по данным РИНЦ, за такой же период вышло свыше 100 тысяч публикаций этого направления.

Качество жизни, сильно варьирующее в современной России в зависимости от множества факторов, во многом определяет физическое, моторное и психическое развитие современных школьников, что, в конечном счете, отражается на их здоровье и перспективах социальной адаптации [11]. В то же время, компоненты качества жизни современных российских школьников недостаточно исследованы, нет теоретически обоснованных концепций формирования адекватных условий для оптимального развития детей и подростков, а практические меры по сохранению и укреплению здоровья учащихся и повышению каче-

ства их жизни, предпринимаемые в учреждениях образования, в большинстве случаев фрагментарны и односторонни. Исследование широкого комплекса факторов, формирующих важнейшие аспекты качества жизни современных российских школьников, включая социально-экономическую инфраструктуру и климатогеографические условия мест постоянного проживания, составляет актуальную социально-экологическую проблему, решаемую с позиций адаптации организма детей и подростков к изменяющимся условиям жизни в современной России [4, 10].

Согласно одному из современных определений (<http://www.glossary.ru>), качество жизни – это совокупность показателей общего благосостояния людей, характеризующих уровень материального потребления (уровень жизни), а также потребление непосредственно не оплачиваемых благ. Качество жизни предполагает:

- чистую окружающую среду;
- личную и национальную безопасность;
- политические и экономические свободы;
- + другие условия человеческого благополучия, трудно поддающиеся количественному измерению.

Качество жизни нетождественно уровню жизни, поскольку различные экономические показатели дохода выступают только одним из многих критериев качества жизни. При оценке качества жизни обычно используют три блока комплексных индикаторов [6]:

- 1) здоровье населения и демографическое благополучие
- 2) условия жизни (достаток, жилище, питание, работа и др.), а также социальные и экологические условия
- 3) духовное состояние общества, отражающееся, в том числе, в уровне психологического напряжения

Особое значение все эти факторы приобретают, когда речь идет о детях. На фоне негативной демографической ситуации в России, в последние десятилетия усугубилось и положение в области здоровья детского населения [8]

В Российской Федерации наблюдается очень широкая вариабельность условий, сопровождающих и формирующих среду обитания современного школьника [10]. Колоссальные размеры страны в сочетании с крайне неравномерным распределением кадровых, финансовых, материальных, социальных и иных ресурсов, создают мощнейшие градиенты, которые могут формировать условия как для очень высокого, так и для очень низкого качества жизни [5]. Наличие такого рода градиентов

не только влияет на здоровье людей и социально-экономическое состояние регионов [7], но и должно учитываться при принятии управленческих решений как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Осуществленный в ходе широкомасштабного эксперимента Минобразования РФ по совершенствованию структуры и содержания общего образования (2001-2004гг.) мониторинг позволил получить разносторонний срез условий и организации жизни современных российских школьников, их учебной нагрузки, режима учебы и отдыха, психологической напряженности, состояния здоровья и других характеристик, отражающих не только эффективность организации учебного процесса, но и качество их жизни [2]. Была создана компьютерная база данных результатов мониторинга, разработаны алгоритмы расчета производных показателей [2] и алгоритмы анализа компонентов качества жизни [11]. Проведен анализ результатов мониторинга с точки зрения системы образования [1], а также широкие сопоставления характеристик школьной среды, условий и образа жизни учащихся, питания, физического и моторного развития, состояния здоровья, психологического напряжения и других характеристик, в той или иной мере отражающих качество жизни школьников, проживающих в сельской местности и в городах, обучающихся в образовательных учреждениях разных видов с различной организацией учебно-воспитательного и оздоровительного процессов [2, 3].

Была разработана и предоставлена во все школы, где проводился мониторинг, подробная инструкция по проведению тестирования и заполнению каждого из бланков. Мониторинговые исследования проводились в школах осенью (октябрь) и весной (апрель-май) с учетом местных условий. Для проведения мониторинга в каждой школе создавалась специальная рабочая группа во главе с директором.

Финансирование мониторинговых мероприятий осуществлялось за счет средств Федерального бюджета и региональных бюджетов. Статистическая обработка осуществлялась после процедуры верификации данных, в ходе которой из базы данных удалялись записи, несущие ложную либо ошибочную информацию (ошибки заполнения анкет, ошибки считывания и т.п.). В результате этой процедуры объем пригодной для дальнейшей обработки информации уменьшался на 5-25%, но одновременно повышалась ее репрезентативность.

Разработанная в Институте возрастной физиологии РАО методика физиолого-гигиенического и психофизиологического мониторинга включала:

- **тесты** для оценки физического развития; двигательной подготовленности; психологической напряженности; школьной мотивации;
- **анкеты** для учащихся: образ жизни, школьная мотивация, формы досуга;
- **анкеты** для педагогов (в том числе – классных руководителей и директоров школ);
- **анкеты** для медицинских работников: состояние здоровья детей;
- **анкеты** для родителей: состояние здоровья, условия жизни, поведение детей;
- **алгоритмы** обработки результатов тестирования учащихся;
- **алгоритмы** обработки результатов анкетирования;
- **алгоритмы** интерпретации результатов анкетирования.

Были разработаны 8 бланков анкет:

А. Паспорт школы (Титульные данные школы; Оборудование и оснащение помещений; Здоровьесберегающее оборудование, оснащение и мероприятия; Персонал школы; Контингент учащихся) – заполняет директор школы

Б. Паспорт класса (Режим и сменность занятий; Педагогические технологии; Расписание занятий; Оздоровительные и профилактические мероприятия; Заболеваемость в течение учебного года) – заполняет классный руководитель

В. (начальная школа) и Д. (старшая школа). Условия и образ жизни учащегося (Характеристика семьи и бытовых условий; Организация досуга, степень риска наркогенного заражения; Характеристика питания; Спортивно-оздоровительная активность; Производственная и бытовая физическая активность; Показатели физического и моторного развития (данные вносят медицинский работник и учитель физкультуры) – заполняет ученик старшей школы или родители ученика младшей школы

Г. Анкета младшего школьника (Школьная мотивация; Режим дня; Поведенческие реакции) – заполняют родители

Е. Анкета классного руководителя (Поведение ребенка начальной школы в школе) – заполняет классный руководитель

Ж. Анкета старшеклассника (Психофизическая напряженность; Режим дня) – заполняет ученик

З. Здоровье (Наличие хронических заболеваний (по медицинским картам), обострения острых заболеваний, травмы, операции) – заполняет медработник школы.

В итоге было проведено исследование широкого комплекса факторов, формирующих важнейшие аспекты качества жизни современных российских школьников, на основании данных всероссийского мониторинга 2001–2004гг., осуществленного в рамках эксперимента Министерства образования РФ по совершенствованию структуры и содержания общего образования. Информация собрана методом анкетирования, включает 22 информационных блока, отражающих состояние школьной среды; объем и структуру учебных нагрузок; условия и образ жизни; двигательную активность; структуру питания; состояние здоровья; организацию досуга; риск наркогенного заражения; психологическую напряженность школьников. Всего в процессе обработки учтены результаты анкетирования более 80000 школьников начальных и старших классов из 2388 школ, проживающих в различных климатогеографических зонах России (в качестве климатогеографических регионов рассматривались 7 Федеральных округов) и в населенных пунктах с различной социально-экономической инфраструктурой. Учитывалась также географическая широта расположения региона, усредненная годичная амплитуда температур, а также экономическое положение в регионе (на основании данных Росстата за 2002г.). Получены результаты, отражающие влияние социально-экономической инфраструктуры на многие из исследованных компонентов качества жизни школьников. Для большой группы показателей выявлен градиент: Мегapolis – Областной центр – Районный город – Село, устойчиво проявляющийся внутри климатогеографического региона. В частности, этот фактор влияет на состояние школьной среды, социально-экономическое благополучие семей, включая условия проживания и условия для учебных занятий школьника, структуру и качество питания. Этот же фактор влияет на социально-психологические свойства школьников, в том числе на их производственную активность, занятия спортом, организацию досуга, а также в определенной мере на риск вовлечения в наркотизацию. В то же время, значительная часть рассмотренных компонентов качества жизни школьников не демонстрирует отчетливой зависимости от того или иного внешнего фактора, что отражает комплексность и неоднозначность самого понятия «качество жизни».

Сегодня мы публикуем из архива журнала «Новые исследования» статью, опубликованную в 2012 году и подводящую итог популяционному мониторингу 2001-2004 гг., нашедшему свое продолжение спустя 20 лет в результатах новых мониторинговых исследований, проведенных в Институте развития, адаптации и здоровья школьников, в 2022-2025гг. [9]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д. и др. Здоровьесберегающие технологии в общеобразовательной школе: методология, формы, методы, опыт применения. – Центр образования и здоровья Минобразования РФ. – М.: Триада-фарм, 2002. – 117 с.
2. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Зайцева В.В. и др. Организация и оценка здоровьесберегающей деятельности образовательных учреждений: Руководство для работников системы общего образования / Под ред. Безруких М.М., Сонькина В.Д. – М.: Московский городской фонд поддержки школьного книгоиздания, 2004. – 380 с. (Серия «В помощь образовательному учреждению» / Министерство образования и науки Российской Федерации)
3. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Зайцева В.В. и др. Характеристика среды жизнедеятельности современных российских школьников // Вопросы современной педиатрии, 2006, т.5, №5. Приложение 1 / Школа и здоровье. – с. 31-36.
4. Година Е.З., Миклашевская Н.Н. Экология и рост: влияние факторов окружающей среды на процессы роста и полового созревания у человека // Итоги науки и техники. Сер. Антропология. — М.: ВИНТИ, 1989. – Т. 3. – С. 77-134.
5. Гольц Г.А. Инфраструктура и общество: принципы стратегии опережающего развития России. // Общественные науки и современность. 2003. № 6. С. 41-50.
6. Гундаров И. А. Управление государством по критерию качества жизни – путь к справедливому строю: Проблемы соц. эргономики/И. А. Гундаров; И. А. Гундаров // Проблемы психологии и эргономики. 2003. Вып. 2. – С. 113-118.
7. Дартау Л.А. Теоретические аспекты управления здоровьем и возможности его реализации в условиях Российской Федерации. – Проблемы управления. – 2003. – № 2. – С. 43
8. Кучма, В. Р. Теория и практика гигиены детей и подростков на рубеже тысячелетий / В. Р. Кучма. – Москва: Научный центр здоровья детей РАМН, 2001. – 376 с. – ISBN 5-94302-008-X. – EDN XWOVUJ.
9. Организация и проведение мониторинга физического здоровья обучающихся общеобразовательных организаций: Методические рекомендации / С. П. Левушкин, О. Ф. Жуков, В. Д. Сонькин, Н. А. Скоблина. – Москва: ИВФ РАО, 2022. – 97 с. – EDN JSVRBZ.
10. Прохоров Б.Б. Социальная экология. М.: АCADEMIA, 2005. – 413 с.
11. Сонькин В.Д., Зайцева В.В., Макеева А.Г. Некоторые характеристики качества жизни сельских школьников // Качество жизни и дети России: Труды ВНИИТЭ. – выпуск 9.- М., 2004.- с.22-37.

REFERENCE

1. Bezrukih M.M., Son'kin V.D. i dr. Zdorov'esberegayushchie tekhnologii v obshcheobrazovatel'noj shkole: metodologiya, formy, metody, opyt primeneni-

ya. – Centr obrazovaniya i zdorov'ya Minobrazovaniya RF. – M.: Triada-farm, 2002. – 117 s.

2. Bezrukih M.M., Son'kin V.D., Zajceva V.V. i dr. Organizaciya i ocenka zdorov'esberegayushchej deyatel'nosti obrazovatel'nyh uchrezhdenij: Rukovodstvo dlya rabotnikov sistemy obshchego obrazovaniya / Pod red. Bezrukih M.M., Son'kina V.D. – M.: Moskovskij gorodskoj fond podderzhki shkol'nogo knigozdaniya, 2004. – 380 s. (Seriya «V pomoshch' obrazovatel'nomu uchrezhdeniyu» / Ministerstvo obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii)

3. Bezrukih M.M., Son'kin V.D., Zajceva V.V. i dr. Harakteristika sredy zhiznedeyatel'nosti sovremennyh rossijskih shkol'nikov // Voprosy sovremennoj pediatrii, 2006, t.5, №5. Prilozhenie 1 / Shkola i zdorov'e. – s. 31-36.

4. Godina E.Z., Miklashevskaya N.N. Ekologiya i rost: vliyanie faktorov okruzhayushchej sredy na processy rosta i polovogo sozrevaniya u cheloveka // Itogi nauki i tekhniki. Ser. Antropologiya. — M.: VINITI, 1989. – T. 3. – S. 77-134.

5. Gol'c G.A. Infrastruktura i obshchestvo: principy strategii operezhayushchego razvitiya Rossii. // Obshchestvennye nauki i sovremennost'. 2003. № 6. S. 41-50.

6. Gundarov I. A. Upravlenie gosudarstvom po kriteriyu kachestva zhizni – put' k spravedlivomu stroyu: Problemy soc. ergonomiki/I. A. Gundarov; I. A. Gundarov // Problemy psihologii i ergonomiki. 2003. Vyp. 2. – S. 113-118.

7. Dartau L.A. Teoreticheskie aspekty upravleniya zdorov'em i vozmozhnosti ego realizacii v usloviyah Rossijskoj Federacii. – Problemy upravleniya. – 2003. – № 2. – S. 43

8. Kuchma, V. R. Teoriya i praktika gigieny detej i podrostkov na rubezhe tysyacheletij / V. R. Kuchma. – Moskva: Nauchnyj centr zdorov'ya detej RAMN, 2001. – 376 s. – ISBN 5-94302-008-X. – EDN XWOVUJ.

9. Organizaciya i provedenie monitoringa fizicheskogo zdorov'ya obuchayushchihsya obshcheobrazovatel'nyh organizacij: Metodicheskie rekomendacii / S. P. Levushkin, O. F. Zhukov, V. D. Son'kin, N. A. Skoblina. – Moskva: IVF RAO, 2022. – 97 s. – EDN JSVRBZ.

10. Prohorov B.B. Social'naya ekologiya. M.: ACADEMIA, 2005. – 413 s.

11. Son'kin V.D., Zajceva V.V., Makeeva A.G. Nekotorye harakteristiki kachestva zhizni sel'skih shkol'nikov // Kachestvo zhizni i deti Rossii: Trudy VNIITE. – vypusk 9.- M., 2004.- s.22-37.

<https://elibrary.ru/item.asp?id=21074673> Зайцева В.В., Сонькин В.Д., Makeeva A.G., Сонькин В.В. КОМПОНЕНТЫ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ СОВРЕМЕННЫХ РОССИЙСКИХ ШКОЛЬНИКОВ: РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ Сообщение 2. Школьная среда и контингент учащихся

В ходе всероссийского мониторинга в 2001-2004 гг. были получены статистические данные по 2388 школам и более чем 80 тысячам учащихся младших и старших классов, характеризующие

состояние школьной среды и контингент учащихся. Анализ собранной информации был проведен с учетом социально экономического статуса населенного пункта (мегаполис - областной центр - районный центр - село; средний уровень доходов в регионе), а также географического положения населенного пункта. Оба эти фактора оказывают влияние на некоторые характеристики состояния школьной среды, однако немало и таких показателей, которые не зависят от влияния географических и социально экономических условий, то есть носят более субъективный характер, определяемый сложившимся укладом жизни в регионе. Настоящее сообщение представляет собой фрагмент фактологического материала, полученного в ходе всероссийского мониторинга 2001-2004гг., методология которого описана нами в предыдущем сообщении [1]. Кроме настоящего, предполагается публикация еще двух сообщений, содержащих полученные численные результаты, а также заключительное сообщение с общим обсуждением полученных результатов.

Ключевые слова: детский возраст, школьная среда, здоровье

Components of school life quality of contemporary russian pupils: monitoring results. Message 2. School environment and the contingent of pupils.

During the All-Russian monitoring held in 2001-2004 there were received data on 2388 schools and more than 80 thousand pupils of junior and high school presenting characteristics of school environment and the contingent of pupils. The data analysis was performed taking into account social economic status of the place (megalopolis - city - town - village; average income level of the region) and also its geographical position. Both these factors influence school environment. However there are many characteristics of school environment that do not depend on geographic or social economic conditions and are rather subjective and depend on the lifestyle of the region itself. This message is a part of the factual material gathered during the All-Russian monitoring in 2001-2004 which was described in the previous message (message 1). Apart from this one we plan to publish two more messages with the quantitative results and another one with the overall description of the received data.

Key words: child age, school environment, health

Настоящее сообщение представляет собой фрагмент фактологического материала, полученного в ходе всероссийского мониторинга 2001-2004гг., методология которого описана нами в предыдущем сообщении [1]. Кроме настоящего, предполагается публикация еще двух сообщений, содержащих полученные численные результаты, а также заключительное сообщение с общим обсуждением полученных результатов.

1. СТРУКТУРА ВЫБОРКИ ВСЕРОССИЙСКОГО МОНИТОРИНГА

Выбор объектов всероссийского мониторинга 2001-2004 гг. определялся Министерством образования РФ и региональными органами управления образованием. Участие в мониторинге было добровольным для образовательных учреждений, однако для его обеспечения выделялось определенное финансирование. Совершенно ясно, что выбор участников в таких условиях не мог быть совершенно случайным (рандомизированным) и был сдвинут в сторону преобладания продвинутых (в различных отношениях) образовательных учреждений. Тем не менее, значительный охват школ как по их местоположению, так и по организации образовательного процесса, позволяет в определенной мере судить о ситуации в образовательной среде, которая сложилась к началу 21 века в России. По-видимому, реальная «средняя» ситуация на самом деле несколько хуже, однако это не должно оказывать решающего влияния на те факторы, которые мы рассматривали в качестве ведущих при изучении элементов качества жизни, а именно: географическое положение; ранг населенного пункта; экономическое положение региона. Для анализа влияния географического и экономического факторов был избран формальный критерий принадлежности мониторируемого образовательного учреждения к одному из Федеральных округов. Исключения из этого правила бы ли сделаны для города Москвы как уникального столичного мегаполиса, единственного представителя россий-

ских мегаполисов в полученной нами выборке (данные по Санкт-Петербургу и Екатеринбург были немногочисленны и не могли составить базу для корректного статистического анализа), а также для Московской области, которая по многим социально-экономическим показателям отличается от остальных субъектов Федерации, включенных в Центральный Федеральный округ, испытывая на себе мощнейшее влияние близлежащего мегаполиса. Распределение объектов мониторинга по Федеральным округам представлено в таблице 1.

Таблица 1

Распределение объектов мониторинга по федеральным округам

| Федеральный округ | Количество школ | Количество классов | Количество учащихся | |
|--------------------|-----------------|--------------------|---------------------|--------------|
| | | | 1-3 класс | 10-11 класс |
| Северо-Западный | 307 | 415 | 6223 | 3833 |
| Центральный | 612 | 1034 | 14459 | 6295 |
| Москва | 151 | 223 | 2458 | 2213 |
| Московская область | 484 | 655 | 8856 | 3927 |
| Приволжский | 324 | 596 | 7139 | 6231 |
| Южный | 178 | 375 | 4173 | 4559 |
| Уральский | 153 | 298 | 2527 | 3180 |
| Сибирский | 117 | 171 | 1850 | 1569 |
| Дальневосточный | 62 | 65 | 216 | 725 |
| Всего | 2388 | 3832 | 47901 | 32532 |

Количество учащихся, данные которых были включены в анализ, немного (в 2,3 раза) меньше, чем количество заполненных и проанализированных индивидуальных комплектов анкет. Причина этого состоит в многочисленных нарушениях порядка заполнения анкет и в большом количестве ошибок в первичных материалах. Специальные процедуры верификации данных, в ходе которых рассчитывали сигмальные отклонения и другие статистики по каждому показателю и отбрасывали те записи в базе данных, которые содержали резко (более чем за 2σ) выпадающие значения, позволили получить сравнительно корректный материал для последующего анализа. Несмотря на высокий уровень «отходов», полученные статистические данные отличаются высокой надежностью и достоверностью благодаря высокой наполняемости групп. Мониторинговые исследования по единой, стандартизированной программе, выполненные на столь значительном объеме объектов (свыше 80 тысяч учащихся), крайне редки в мировой литературе. Ранжирование населенных пунктов производили по 3 основным градациям: города – столицы областей (в дальнейшем – О); города – центры районов (в дальнейшем Р); сельские населенные пункты (в дальнейшем – С). Город Москва рассматривался во всех случаях отдельно в качестве мегаполиса (в дальнейшем – М). В представленной ниже таблице 2. приведены величины узловых климатогеографических и социально-экономических факторов, которые мы учитывали при анализе материалов мониторинга. Это: 1. Географическая широта – как показатель территориальной градации север юг, которая для России имеет особую важность в связи с огромной протяженностью страны и четко выраженным градиентом социально-экономического развития регионов в соответствии с этим вектором. 2. Годичная амплитуда

температуры (сумма максимально высокой и максимально низкой температур в течение одного года) – как показатель суровости (континентальности) климатических условий, что оказывает значительное влияние не только на результативность и эффективность сельскохозяйственного производства, но также и на трудоемкость и ресурсоемкость промышленного производства. 3. Доход на душу населения (по данным Росстата за 2002г.) – как интегральный показатель социально-экономического развития региона.

Таблица 2

Выраженность эколого-географических и социально-экономических факторов

| Субъект Федерации | Географ. широта | Годовая амплитуда температуры | Доход на душу населения |
|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
| Северо-Западный федеральный округ | 61 | 25 | 7781 |
| Уральский федеральный округ | 57 | 35 | 10142 |
| Московская обл. | 56 | 26 | 6440 |
| Москва | 56 | 28 | 26203 |
| Приволжский федеральный округ | 55 | 36 | 5939 |
| Центральный федеральный округ* | 55 | 29 | 10257 |
| Дальневосточный федеральный округ | 53 | 48 | 8045 |
| Сибирский федеральный округ | 53 | 42 | 5559 |
| Южный федеральный округ | 45 | 32 | 4440 |

Градиент запад-восток выражен географическим положением Федеральных округов, причем при изложении фактического материала мы в большинстве случаев располагали его именно в ракурсе данного градиента. Для ряда Федеральных округов, имеющих значительные размеры, вынужденно были приняты некие усредненные показатели географической широты и годичной амплитуды температур. Следует отметить, что градиент «север-юг» отнюдь не тождествен климатическому градиенту. Так, например, наиболее северно-расположенный Северо-Западный Федеральный округ имеет наименьшую амплитуду температур, то есть наиболее мягкий климат. Самая высокая амплитуда температур – в Дальневосточном округе, который одновременно является одним из наиболее южно-расположенных. Анализ данных об усредненных доходах жителей Федеральных округов показывает безусловное и очень большое превышение показателя в г.Москве. Занимающий по этому показателю 2-е место регион (Московская область) отстает от лидера в 2.5 раза. В полном соответствии с мировой тенденцией, наиболее низок данный показатель в южных областях, в частности – в Южном Федеральном округе. Все эти факторы и выявленные градиенты были использованы при анализе массива данных мониторинга.

2. СОСТОЯНИЕ ШКОЛЬНОЙ СРЕДЫ

Распределение школ, участвовавших в мониторинге, по видам образовательных учреждений составило: средних общеобразовательных школ в городе – 79,3%, на селе – 87,4%; процент начальных школ в городе и на селе оказался по чти равным (около 3,5%), гимназий в городе в шесть раз больше, чем на селе; основной школы на селе больше в четыре раза, чем в городе; прогим-

назии имеются только в городе, сельских лицеев в 13 раз меньше, чем городских, малокомплектных городских и сельских школ примерно поровну. Наиболее представительными учебными заведениями по стране в целом являются средние общеобразовательные школы. Важным условием организации школьной среды является характеристика здания школы и ее этажность. Каменных школьных зданий в городе 82,2%, на селе – 78,8%; деревянных зданий в городе 9%, на селе 18%; современных зданий в городе и на селе приблизительно одинаково, соответственно 49,5% и 44%; ветхих школьных зданий в городе 14,6%, на селе 17,1%. Регулярный ремонт проводится только в половине городских и сельских школ России. При этом одноэтажных и двухэтажных школьных зданий на селе в два-три раза больше, чем в городе; трехэтажных зданий в городе почти в два раза больше, чем на селе; имеются четырех и пятиэтажные здания в городе, которых значительно больше, чем на селе. Трехэтажных школ в городе около 50%, на селе 30%. Гигиенические требования к инфраструктуре школы в различных видах ОУ распространяются на системы отопления, вентиляции, наличие водопровода, канализации, оборудованной столовой с газовыми или электрическими плитами (СП. 2.4.789.99) Интегральный показатель здоровьесберегающего потенциала школы, который учитывает как состояние школьной инфраструктуры, так и активность педагогического коллектива в сфере пропаганды и реализации здорового образа жизни учащихся, представлен на графике (Рис. 1). Для каждого из Федеральных округов данные представлены отдельно для городов областного значения (О), районного – Р и сельских поселений (С). Отдельно приведены данные для Московского мегаполиса (М). Для статистически корректного сопоставления результатов на диаграммах приведены погрешности (M+ m). Расположение Федеральных округов по шкале абсцисс установлено в порядке «с запада на восток».

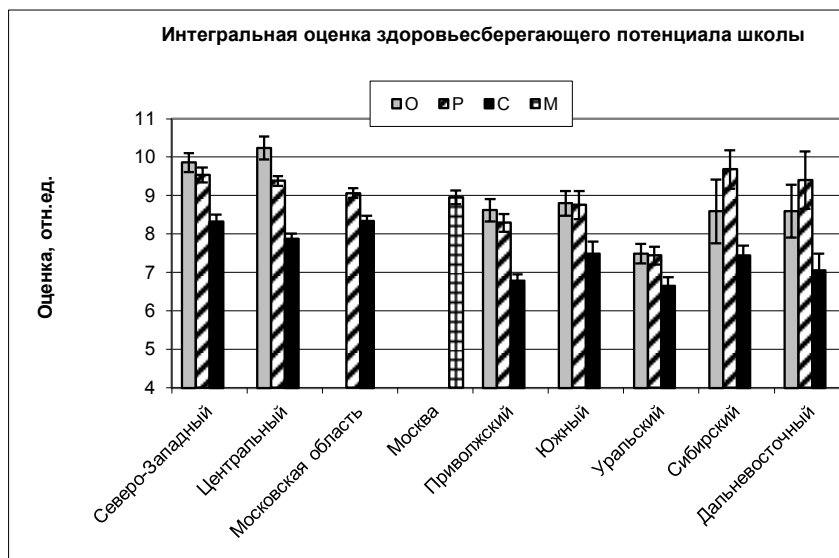


Рис. 1. Региональные особенности состояния здоровьесберегающего потенциала школы
Примечание: здесь и далее на диаграммах: О – областной центр; Р – районный центр; С – сельский населенный пункт; М – мегаполис

Практически во всех ФО заметно существенное отставание сельских школ от областных и районных по рассматриваемому показателю. Таким образом, социально-экономический региональный фактор оказывает большое влияние на возможности школ оказывать здоровьесберегающее воздействие на учащихся. В то же время, районные центры (за исключением Центрального ФО) не уступают по здоровьесберегающему потенциалу школ областным.

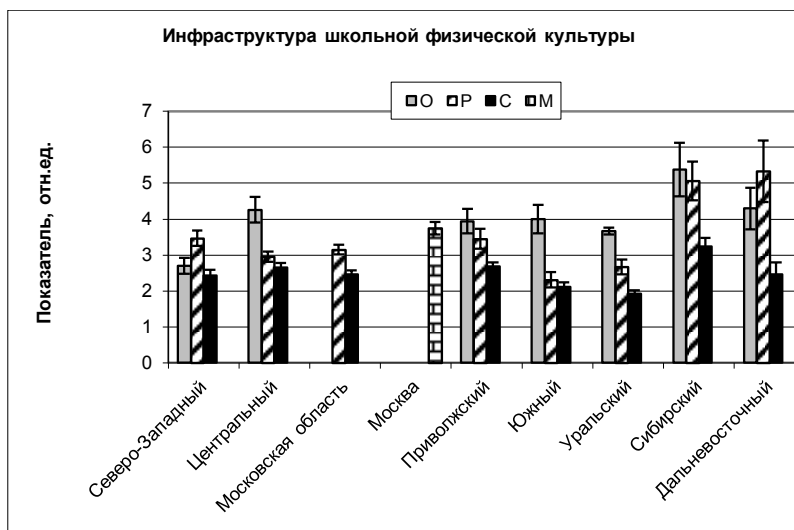


Рис.2. Региональные особенности состояния инфраструктуры школьной физкультуры

Следует подчеркнуть, что экономическое положение региона не является определяющим в уровне рассматриваемого показателя. Так, школы г.Москвы, наиболее экономически мощного региона, по созданию оптимальных условий для сохранения и укрепления здоровья школьников уступают школам городов Северо-Западного и Центрального ФО и даже райцентрам Сибирского ФО. Положение в наиболее бедном Южном ФО намного лучше, чем в достаточно богатом Уральском ФО.

Таким образом, ни климатогеографические, ни экономические факторы не являются императивными предикторами состояния школьной среды. По-видимому, существенную роль играют иные, не учитываемые в нашем исследовании, факторы. Важно подчеркнуть, что рассматриваемый показатель зависит не только (и не столько) от экономического благополучия образовательного учреждения, сколько от содержания работы педагогического коллектива, целенаправленного на решение задачи оздоровления учащихся. Одним из важнейших путей естественного оздоровления детей и подростков является рациональная организация физического воспитания. В свою очередь, эта организация базируется на наличии некоей минимальной инфраструктуры (спортивные залы, тренажеры, пришкольные спортплощадки, инвентарь и т.п.). Характеристика этой инфраструктуры представлена на следующем графике. Как и в предыдущем случае, сельские школы здесь во всех регионах отстают от городских. В целом ряде ФО районные центры имеют меньше возможностей по развитию инфраструктуры школьной физкультуры, чем областные. Особенно выраже-

ны такие различия в Центральном, Южном и Уральском ФО. Богатая Москва по этому показателю заметно отстает от областных центров Центрального и Сибирского ФО, находясь на одном уровне с наименее экономически сильными Приволжским и Южным ФО. В данном случае мы наблюдаем слабо выраженную тенденцию западно-восточного градиента. Кроме того, можно предположить также наличие климатического градиента: показатели наиболее высоки в Сибирском и Дальневосточном ФО, характеризующихся наиболее суровыми климатическими условиями, тогда как показатели в климатически умеренной зоне – Северо-Западный, Центральный ФО и Московская область – заметно ниже. Возможно, суровость климатических условий требует от администрации и педагогического персонала соответствующих компенсационных усилий по оснащению спортивной базы школ, что и проявилось в уровне данного показателя.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТИНГЕНТА УЧАЩИХСЯ

Школы России сильно различаются по размеру, и это напрямую связано с социально-экономическим статусом населенного пункта. Сельские школы везде (кроме Дальневосточного ФО) намного меньше по численности учащихся, чем городские, а районные нередко меньше, чем в областных центрах. По этому параметру московские школы занимают «среднее» место, уступая почти всем областным центрам. Фактически это означает, что обеспеченность детского населения общеобразовательными школами в Москве существенно выше, чем в других областных центрах России. Скорее всего, это является следствием высокого экономического уровня столичного мегаполиса. В то же время, по наполняемости учебных классов Москва занимает лидирующее положение. Вероятно, это является отражением специфики демографической ситуации в г. Москве. В сельских школах наполняемость классов значительно меньше, чем в городах, что, без сомнения, отражает различие современной демографической картины города и села. Географические и климатические градиенты в этом показателе не проявляют себя.



Рис. 3. Среднее количество учащихся в образовательном учреждении по регионам. Обозначения – см. рис. 1.

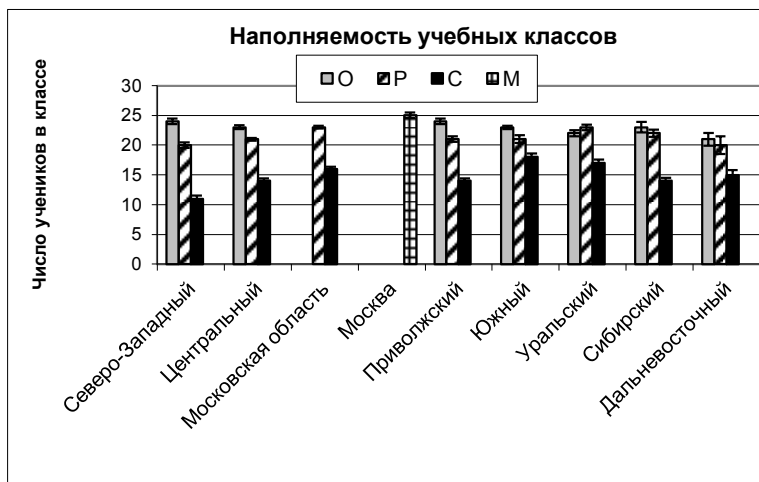


Рис. 4. Средняя наполняемость учебного класса. Обозначения – см. рис. 1.

Для качественной характеристики демографической ситуации может быть полезен такой показатель, как количество неполных семей (%%). В большинстве случаев этот показатель ниже на селе, чем в городах, тогда как между областными и районными центрами внутри регионов существенных различий не выявляется. Самый высокий уровень показателя отмечен в Сибирском и Северо-Западном ФО, где он достигает примерно $\frac{1}{4}$ всех семей школьников. Это демонстрирует отсутствие западно-восточного и северно-южного градиента в распространении данного признака. Удивительно низкий показатель демонстрирует г.Москва – самый низкий из всех городов не только областного, но и районного значения. Причины этого феномена остаются неясными. Одно из предположений – более высокий уровень благосостояния способствует более высокой устойчивости семейных связей. Детальный анализ этой возможной зависимости требует дальнейших специализированных исследований.

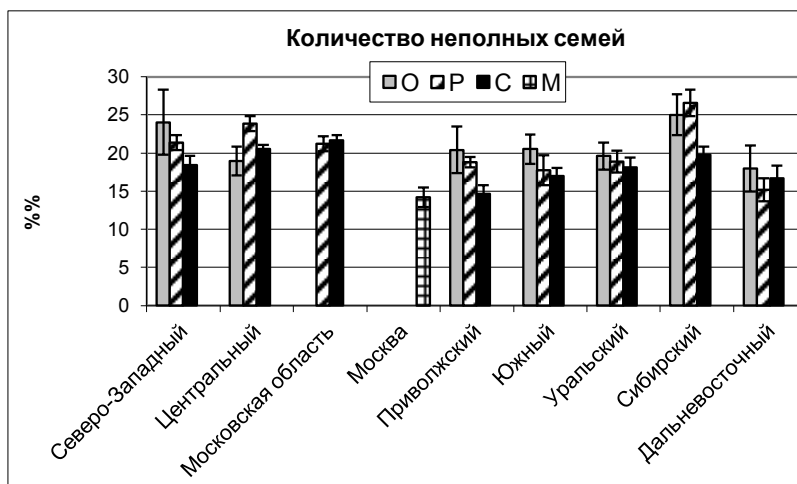


Рис. 5. Процент неполных семей учащихся по регионам. Обозначения – см. рис. 1.

Примечательна структура распределения учащихся, чьи семьи получают те или иные социальные пособия. Московские семьи по этому показателю находятся среди наиболее социально компетентных, что вполне соответствует статусу самого богатого региона страны. В остальных регионах жители сельских населенных пунктов чаще являются получателями социальной помощи, чем жители городов. Особо выделяется в этом отношении Дальневосточный ФО. Общий уровень показателя наиболее высок в Сибирском и Южном ФО. Можно констатировать слабо выраженный градиент запад-восток в распределении рассматриваемого признака.

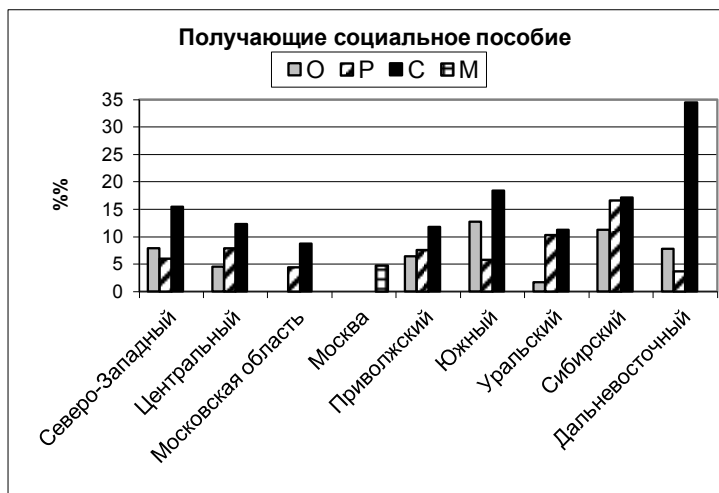


Рис. 6. Доля учащихся из семей, получающих социальное пособие. Обозначения – см. рис. 1.

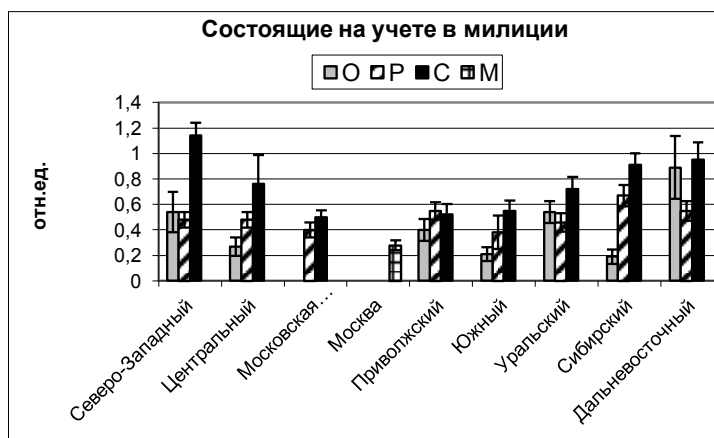


Рис. 7. Распределение частоты девиантного поведения среди учащихся по регионам. Обозначения – см. рис. 1.

Социальное неблагополучие нередко проявляется в девиантном поведении учащихся. По этой причине представляет интерес анализ численности учеников, 0 5 10 15 20 25 30 35 %% Получающие социальное пособие О Р С М 0,2

0,4 0,6 0,8 1 1,2 1,4 отн.ед. Состоящие на учете в милиции О Р С М состоящих на учете в милиции. В большинстве случаев сельские дети и подростки представляют собой зону повышенного риска. Москва по этому показателю – относительно благополучный город. Таким образом, здесь отчетливо прослеживается давление экономического фактора, тогда как ни географический, ни климатический факторы не проявляют существенных влияний.

4. ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОЛЛЕКТИВ ШКОЛЫ

Организация педагогического процесса в не меньшей степени, чем от наличия соответствующей инфраструктуры, зависит также от качественного состава педагогического коллектива. Вот почему в ходе мониторинга мы рассматривали некоторые показатели, отражающие состояние школьного педколлектива. Так например, по нашему мнению, существенное значение может иметь возраст педагогов. Некоторые различия по этому показателю, хотя и не большие, были выявлены между Федеральными округами. Средний возраст педагогов школы О Р С 43 Возраст, лет 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 М Рис. 8. Характеристика среднего возраста учителей школы по регионам. Обозначения – см. рис. 1. Так, в Московской области средний возраст учителей как в районных, так и в городских школах, составляет 42 года (рис.8). Самые молодые учителя работают в Приволжском ФО, а также в районных городах Южного ФО. Однако эти различия составляют всего 3-4 года, и скорее всего не сказываются на квалификации педагогов. Во всяком случае, средний педагогический стаж во всех ФО превышает 15 лет (рис.9). Все это говорит о том, что педагогический персонал школ в целом по стране состоит из зрелых, профессионально опытных специалистов. Средний педагогический стаж О Р С 25 20 Стаж, лет 15 10 0 5 М Рис.9. Данные о педагогическом стаже учителей по регионам. Обозначения – см. рис. 1. В то же время, важно учитывать также распределение педагогов в зависимости от уровня их профессиональной подготовки, представленное на диаграмме (рис.10). В Московском мегаполисе и городах областного значения учителей с высшим образованием намного больше, чем со средним специальным. В районных центрах всех ФО примерно половину учительского корпуса составляют лица, не имеющие высшего образования. В сельской местности учителей с высшим образованием меньше, чем со средним. – 17 – 18 – Рис.10. Характеристика уровня образования педагогов школ по регионам с учетом социально-экономического статуса населенного пункта проживания. Таким образом, размер населенного пункта, тесно связанный с его социально-экономическим статусом, играет ведущую роль в формировании качественного состава педагогического корпуса. В этих условиях достаточно сложно говорить о создании равных стартовых возможностей для всех учащихся, что является одной из важнейших задач проводимой ныне реформы образования. Вероятно, создание равных стартовых возможностей станет реальным тогда, когда уровень и качество жизни населения будет в значительно меньшей степени, чем сейчас, зависеть от того, где оно проживает – в крупном городе, маленьком городке или на селе. С точки зрения качества жизни школьников немаловажное значение имеет уровень организации спортивно-оздоровительной деятельности школ как показатель усилий регионального руководства, администрации и педагогического коллектива школ, направленных на сохранение и укрепление здоровья учащихся

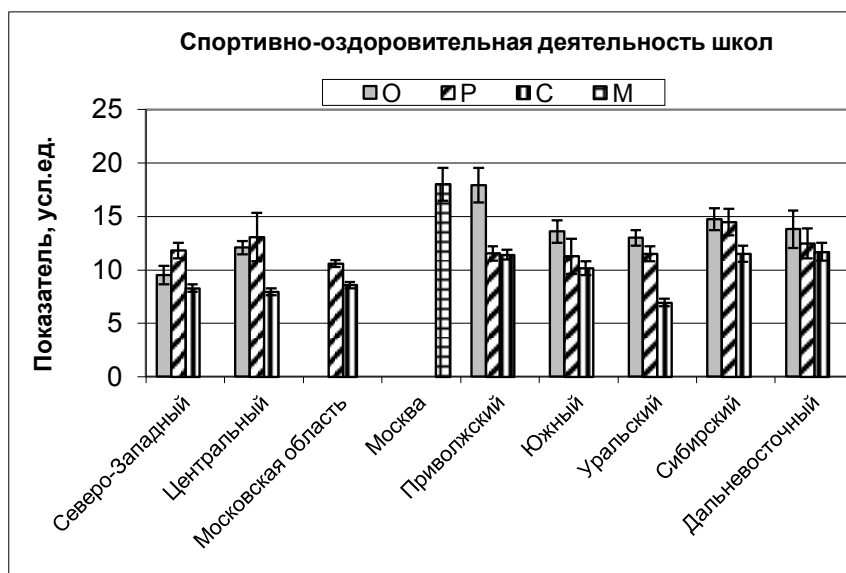


Рис. 11. Характеристика спортивно-оздоровительной активности школьных коллективов.
Обозначения – см. рис. 1.

Интегральный показатель, отражающий эти усилия, наиболее высок в г. Москве, что может быть связано с его особым экономическим статусом, а также в областных центрах Приволжского ФО, одного из беднейших, что никак не может быть объяснено сугубо экономическими причинами. В сельских школах уровень показателя, как правило, ниже, чем в городских. Областные и районные центры в большинстве случаев не различаются по уровню показателя, либо такие различия невелики (за исключением Московского региона и Поволжья). Нет признаков климатического и географического градиентов в распределении данного показателя.

5. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА УЧЕБНЫХ НАГРУЗОК

Учебная нагрузка – сложно действующий фактор, влияющий на качество жизни школьников. С одной стороны, чрезмерный их объем ведет к переутомлению, невозможности полноценного восстановления и повышает разнообразные риски для здоровья школьников. С другой стороны, учебные нагрузки обеспечивают освоение школьниками новых знаний и умений, повышает их социальную компетентность и готовит их к решению важнейших задач своей жизни в ближайшем будущем.

Следует отметить, что для учащихся младших классов различия в уровне нагрузок оказались невелики и по этой причине не представляют интереса для анализа. Данные об объеме школьных нагрузок старшеклассников представлены на диаграмме. Сюда включены как обязательные уроки школьной программы, так и факультативы, количество которых варьирует в различных школах довольно существенно. Среди крупных городов по объему школьных нагрузок старшеклассников лидирует Москва; практически таков же объем нагрузок в школах Приволжского ФО, чуть меньше – в школах Северо-Западного ФО. Остальные ФО демонстрируют существенно меньший объем школьных уро-

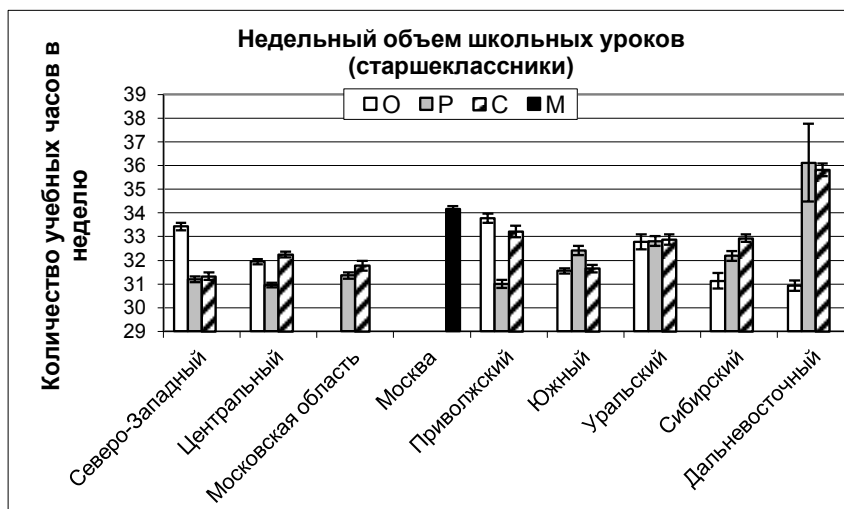


Рис. 12. Региональные особенности объемов учебной нагрузки школьников. Обозначения см. рис.1.

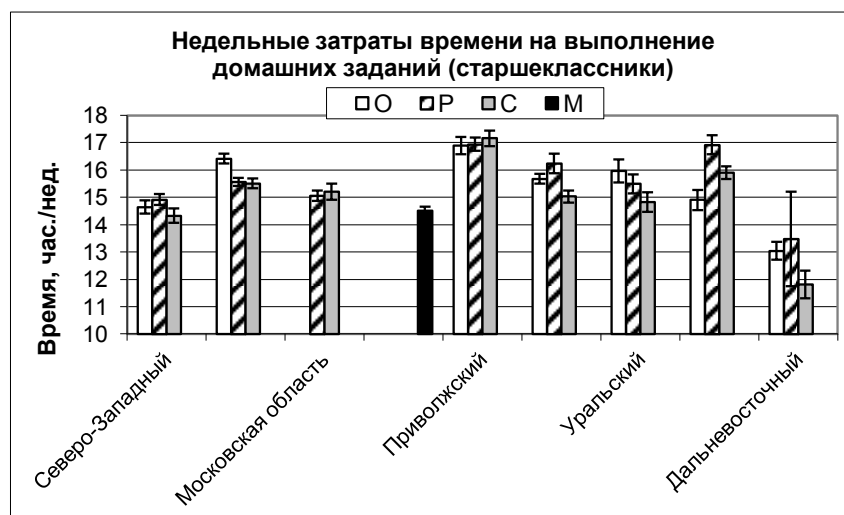


Рис. 13. Региональные особенности затрат времени на выполнение домашних заданий старшеклассниками. Обозначения см.рис.1

ков. Нет четкой закономерности, характеризующей различия между городом и селом, городами разного уровня. Так, в Дальневосточном ФО в областных центрах нагрузка оказалась намного меньше, чем в более мелких населенных пунктах, причем в райцентрах отмечен очень большой разброс данных между отдельными школами. По-видимому, в проявлении этого показателя нет единой закономерности и высока роль субъективных факторов, связанных с пониманием организации учебного процесса педагогическим персоналом. В то же время, в сочетании с количеством часов в неделю, затрачиваемых на приготовление домашних заданий, этот показатель становится более информатив-

ным. В тех случаях, когда число школьных уроков особенно высоко, объем времени домашних заданий заметно ниже, и наоборот. Таким образом, структура учебных нагрузок в разных регионах страны несколько отличается: в одних (го род Москва, Дальневосточный ФО) центр тяжести смещен в сторону числа школьных уроков, тогда как в других (Центральный, Приволжский и Сибирский ФО) – в сторону объема домашних заданий. Современная педагогическая наука считает первый вариант (с минимизацией домашних заданий) более прогрессивным. У детей в этом случае остается значительно больше времени на свободное самостоятельное развитие. Это может влиять на качество организации досуга, а также на общую психологическую напряженность школьников, что будет предметом обсуждения в следующих сообщениях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зайцева В.В., Сонькин В.Д., Макеева А.Г., Сонькин В.В. Компоненты качества жизни современных Российских школьников: Результаты мониторинговых исследований. Сообщение 1. Методология всероссийского мониторинга // Новые исследования. – 2011. – №2. – С. 57-72.

ОЗДОРОВИТЕЛЬНАЯ И АДАПТИВНАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА. ФИЗИОЛОГИЯ СПОРТА И ЗДОРОВЬЕ

DOI: 10.46742/2072-8840-2026-86-2-58-74

УДК: 612.7: 796/799

МЫШЕЧНАЯ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕТЕЙ 5-8 ЛЕТ, НЕ ЗАНИМАЮЩИХСЯ И ЗАНИМАЮЩИХСЯ РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ СПОРТА

Сонькин В.Д.^{1,2}

¹ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка», Москва, РФ

²ФГБОУ ВО Российский Университет Спорта «ГЦОЛИФК», г. Москва, РФ
e-mail: sonkin@mail.ru

АННОТАЦИЯ. Методом эргометрического тестирования проведено сравнительное исследование мышечной работоспособности детей 5-8 лет, занимающихся и не занимающихся спортом. Участниками исследования были 111 детей-спортсменов (39,4% девочек) и 507 не занимающихся (50,3% девочек). В качестве тестовых нагрузок использовали спринтерский (120-150м) и стайерский (6 мин) бег. По скорости спринтерского и стайерского бега, а также по расчетным эргометрическим показателям выявлено существенное превосходство детей, занимающихся спортом. Вид спорта влияет на преимущественное развитие аэробного, анаэробного гликолитического или анаэробного фосфагенного механизма энергопродукции. Не подтвердилось представление многих спортивных педиатров об отсутствии специфической адаптации организма детей этого возраста в процессе тренировки.

Ключевые слова: дети 5-8 лет, мышечная работоспособность, спорт, эргометрические показатели, структура энергообеспечения циклической работы

Son'kin V.D.

Muscular Performance of Children Aged 5-8 Years Old, Non-Sports Participants and Participants

ABSTRACT. Ergometric testing was used to compare the muscular performance of 5- to 8-year-old children, both active and non-active. Participants included 111 child athletes (39.4% girls) and 507 non-athletes (50.3% girls). Sprints (120-150 m) and long-distance runs (6 min) were used as test loads. A significant advantage of children involved in sports was revealed in terms of sprint and long-distance running speed, as well as calculated ergometric parameters. The type of sport influences the preferential development of aerobic, anaerobic glycolytic, or anaerobic phosphagen mechanisms of energy production. The notion of many sports pediatricians regarding the lack of specific adaptation of the body of children of this age during training was not confirmed.

Key words: children aged 5-8 years, muscular performance, sports, ergometric indicators, energy supply structure of cyclic work

Мышечная, или физическая работоспособность, является важнейшей характеристикой организма, отражающей уровень его морфофункционального созревания и степени интеграции функциональных систем для достижения полезного результата – реализации двигательной функции [1]. Одна из главных задач исследования детей, начавших занятия спортом в раннем возрасте, состоит в изучении влияния этих спортивных занятий на работоспособность и ее компоненты. Для измерения и оценки работоспособности чаще всего применяются тесты, основанные на достижении устойчивого состояния функциональной активности в процессе выполнения нагрузки повышающейся мощности (например – PWC170). Однако, в дошкольном возрасте дети с трудом достигают плато тех или иных вегетативных функций, по реакции которых оценивают уровень работоспособности [8, 16, 20]. По этой причине в целях реализации задач настоящего исследования был использован эргометрический подход к измерению мышечной работоспособности, разработанный нами ранее [12].

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Формирование выборки

Экспериментальные данные были получены в ходе углубленного исследования, в котором участвовали дети из Клуба единоборств «Булат», ЛРОО СШ «Дельфин», МБОУ ДО «Спортивная школа № 1» и МБОУ ДО «СШ № 12» г. Липецка). Изначально было обследовано 130 детей-спортсменов (39% девочек) и 507 детей, которые не занимаются спортом (50% девочек). Критерием включения в конечную выборку для эргометрических расчетов считали то, что скорость стайа (бег на длинную дистанцию – 6-минутный бег) меньше, чем скорость спринта (бег на короткую дистанцию 90, 120 или 150м), а также попадание величины признаков в диапазон среднее \pm 4 стандартных отклонений. По причине несоответствия критериям были удалены 40 наблюдений (1 – не занимается спортом, 39 – занимается спортом). Стандартизацию антропометрических данных проводили для каждой половозрастной группы с помощью программы AntroPlus.

В таблице 1 представлена возрастная-половая структура обследованной выборки.

Расчет показателей мышечной работоспособности

Для расчета показателей мышечной работоспособности детей был реализован алгоритм оценки мышечной работоспособности, базирующийся на эргометрической нелинейной модели А.Мюллера – В.Зациорского [14,

**Численность обследованных детей, занимающихся
и не занимающихся спортом, в исходной выборке**

| Возраст | Не занимаются | Единоборства | Плавание | Спортивная гимнастика | Футбол |
|----------|---------------|--------------|----------|-----------------------|--------|
| Мальчики | | | | | |
| 5-6 лет | 96 | 4 | 8 | 6 | 4 |
| 7-8 лет | 156 | 20 | 3 | 2 | 9 |
| Девочки | | | | | |
| 5-6 лет | 93 | 0 | 2 | 19 | 1 |
| 7-8 лет | 162 | 1 | 3 | 3 | 6 |

4], с применением двух беговых нагрузок предельного характера – короткой – спринтерской (90, 120 или 150м в зависимости от возраста ребенка) и длинной – стайерской (6-минутный бег) [5, 12]. Эта модель позволяет вычислить индивидуальные коэффициенты и, на их основании, реперные эргометрические точки, по которым можно судить о максимальной анаэробной (алактатной) мощности (W_{max}), максимальной мощности гликолитического источника энергии (W_{40}), максимальной мощности аэробного источника энергии (W_{240}), об аэробной производительности на уровне анаэробного порога (W_{900}) и об интегральной ёмкости энергетических систем организма (K) [9;13]. Этот эргометрический подход к оценке мышечной работоспособности хорошо себя зарекомендовал в исследованиях по физиологии спорта и возрастной физиологии [2, 3, 6, 7, 11].

Алгоритмы расчетов

Уравнение Мюллера-Зациорского имеет вид: $t = e^b / W^a = K / W^a$

где t – время выполнения нагрузки;

W – мощность (или скорость) выполнения нагрузки

e – основание натуральных логарифмов (= 2.718)

K – интегральная емкость энергетических систем организма

a и b – индивидуальные коэффициенты, их, собственно, и надо вычислить.

Если уравнение прологарифмировать по основанию натуральных логарифмов, то получится уравнение прямой: $\ln(t) = b - a \ln(W)$

Для вычисления искомых значений используется система из двух уравнений для короткой нагрузки (в нашем случае – бег 90/120/150м) и для длинной нагрузки (в нашем случае – 6-минутный бег):

$$(1) \ln(t_1) = b - a \ln(W_1)$$

$$(2) \ln(t_2) = b - a \ln(W_2)$$

Эта система уравнений должна быть решена относительно переменных **a** и **b**.

Результат тестирования каждого испытуемого состоит из двух групп показателей: мощности (скорости) и предельного времени удержания нагрузки соответственно для 1 (W_1 и t_1) и 2 (W_2 и t_2) тестовых нагрузок при $W_2 > W_1$. Для этого первым делом надо оценить скорость на каждой из дистанций.

В тесте 90/120/150м задана дистанция, но скорость бега зависит от спортивного результата: скорость = 90 / время бега t или 120 / время бега t или 150 / время бега t .

В тесте 6 минут время задано ($t=360$ секунд), а скорость определяется пройденной дистанцией, деленной на 360с – скорость = дистанция / 360.

Значения индивидуальных констант **a** и **b** уравнения Мюллера рассчитывают из результатов двухнагрузочного тестирования на основании двух уравнений:

$$a = \ln(t_1/t_2) / \ln(W_2/W_1)$$
$$b = \ln(t_1 * W_1^a) \text{ или } b = \ln(t_2 * W_2^a)$$

где t_1 – время пробегания короткой дистанции; t_2 – время пробегания длинной дистанции; W_1 – скорость бега на короткой дистанции; W_2 – скорость бега на длинной дистанции.

Полученные индивидуальные величины параметров **a** и **b** далее используем для расчетов энергетических показателей.

Величину интегральной энергетической емкости **K** рассчитывают по формуле:

$$K = e^b$$

Для расчета мощностей характеристических точек используют универсальную формулу:

$$W_t = (K / t)^{(1/a)}$$

где W_t – мощность (скорость) соответствующей характеристической точки; t – предельное время удержания нагрузки мощностью W_t ; **K** и **a** – индивидуальные коэффициенты уравнения Мюллера.

С помощью этой формулы рассчитывают:

W_{max} (мощность/скорость, которую человек теоретически способен удерживать в течение 1 с, характеризует зону максимальной мощности), $t=1$;

W_{40} (мощность/скорость, удерживаемая 40 с, соответствующая верхней границе зоны субмаксимальной мощности) $t = 40$;

W_{240} (мощность/скорость, удерживаемая 240 с, что соответствует верхней границе зоны большой мощности, то есть МПК) $t = 240$;

W_{900} (мощность/скорость, удерживаемая 900 с, примерно соответствующая Анаэробному порогу и верхней границе зоны умеренной мощности). $t = 900$.

При расчете эргометрических показателей учитывали разную длину короткой (спринтерской) дистанции для детей в зависимости от возраста:

5-летние дети: Скорость спринта = 90 метров/ время

6-летние дети: Скорость спринта = 120 метров/ время

7-8-летние дети: Скорость спринта = 150 метров/ время

Статистический анализ

Сравнительный анализ проводили в программной среде R [21] и с помощью программного обеспечения PAST [20]. Медианные оценки, а также показатели размаха (межквартильный размах) определялись с помощью процедуры бутстрепа [18,19]. При сравнении медианных оценок рассчитывались стандартизированные и нестандартизированные размеры эффекта и 95% доверительные интервалы [95% ДИ]. Р-значения были скорректированы методом Холма (p_{Holm}). Визуализация данных проводилась с помощью пакетов «ggplot2». Диагностическую ценность показателей в бинарной классификации оценивали методом ROC-анализа. Рассчитывали площадь под ROC-кривой (AUC) с 95% ДИ. Оптимальное пороговое значение определяли по максимальному индексу Юдена. Для данного порога определяли чувствительность и специфичность теста. Статистическую значимость AUC оценивали с использованием Z-критерия; различия считали значимыми при $p < 0.05$. ROC анализ проводили в программе EasyROC (<http://biosoft.erciyes.edu.tr/app/easyROC/>). Также был проведен кластерный анализ. Подбор кластеров был осуществлен с помощью пакета “NbClust”, который позволяет на основе большого количества индексов кластеризации, определить оптимальное количество кластеров. Для выявления структуры данных и снижения размерности набора переменных был применён метод главных компонент (Principal Component Analysis, МГК). Анализ позволил преобразовать исходные взаимосвязанные переменные в новый набор независимых переменных — главных компонент, которые объясняют наибольшую долю общей дисперсии данных. Перед проведением анализа данные были стандартизированы (центровка и масштабирование переменных). Для интерпретации результатов анализировали первые главные компоненты, объясняющие наибольшую долю вариативности данных. Результаты МГК с учетом полученных кластеров

представлены в виде графиков распределения наблюдений (scores plot) и нагрузок переменных (loadings).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего обращает на себя внимание различие в показателях физического развития детей разных видов спорта (рис.1). Предварительно данные были нормированы относительно глобальных референсных значений ВОЗ и анализировались вместе. На рис. 1 представлен разброс данных в выборке по длине (рис.1А), массе тела (рис. 1Б) и Индексу Массы Тела – ИМТ (рис.1В). Обращает на себя внимание длинный хвост в распределении величин ИМТ (рис.1В) у детей, не занимающихся спортом, характерный для большинства популяций и связанный с присутствием в составе выборки детей с избыточной массой тела и ожирением.

Наглядно виден сдвиг распределения у спортивных гимнастов в сторону меньших значений ДТ: в этом проявляется специфический отбор в данный конкретный вид спорта (медианная z-оценка ДТ= $-0,44 \pm 1,27$). Для остальных групп различия значения варьировали от $-0,08$ до $0,14$ стандартных отклонений. Однако, значимых различий между группами по длине тела обнаружено не было. По ИМТ значимо опережают всех, дети, которые занимаются плаванием (усредненная z-оценка $0,35 \pm 0,75$). Но опять же различия незначимы. Как видно по распределению ИМТ, в группу с избыточным весом ($SDS \geq 1$) и ожирением ($SDS \geq 2$) попадают достаточно часто дети, которые занимаются спортом. При этом причины выявления повышенного ИМТ у этих детей неочевидны: это может быть

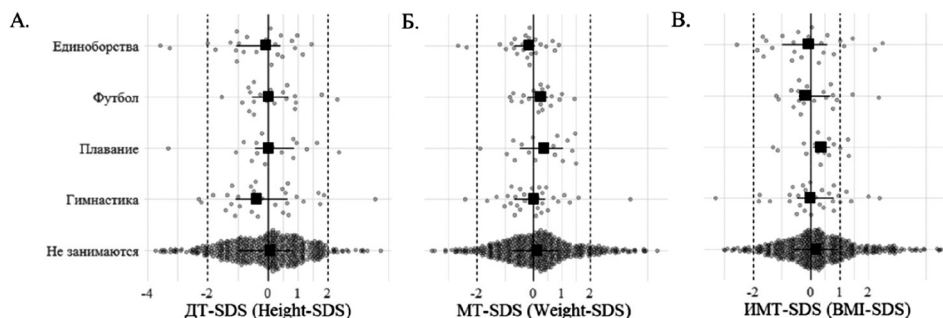


Рис. 1 Разброс показателей длины тела (ДТ, А), массы тела (MT, Б) и индекса массы тела (ИМТ, В) по группам видов спорта и не занимающихся. Линиями указаны диапазоны значений по ВОЗ.

Примечание. Статистическое оценивание проводилось на основе бутстрепана. Указаны медианы и межквартильный размах.

связано как с избыточным количеством жира в организме, так и с более развитой мускулатурой.

Таким образом, уже на ранней стадии спортивных занятий, начинает действовать отбор, связанный с морфофункциональными свойствами, благоприятными для занятий конкретным видом спорта.

В таблице 2 представлены средние значения натуральных (скорости бега на короткой и длинной дистанциях) и расчетных эргометрических показателей для мальчиков и девочек как занимающихся, так и не занимающихся тем или иным видом спорта. Этот материал позволяет сделать предварительные сопоставления.

С возрастом от 5-6 к 7-8 годам у мальчиков, занимающихся спортом, скорость спринта увеличивается на 10%, тогда как у девочек – на 33%. Еще выразительнее эта разница по скорости стайа: у мальчиков прирост составляет 3,6%, тогда как у девочек – 37%. При этом исходный уровень показателей как в быстром беге, так и в медленном, заметно выше у мальчиков. Мальчики, не занимающиеся спортом, существенно уступают по данным скорости бега своим сверстникам, приобщенным к спорту. Среди девочек это различие не столь выражено (таб.2).

Таблица 2.

**Медианные значения \pm межквартильный размах (МКР)
эргометрических показателей у обследованных детей**

| Неспортсмены | | | | Спортсмены | | | |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 5-6 лет | | 7-8 лет | | 5-6 лет | | 7-8 лет | |
| ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| Скорость спринта, м/с | | | | | | | |
| 4,1 \pm 0,4 | 3,8 \pm 0,5 | 4,5 \pm 0,7 | 4,3 \pm 0,5 | 4,7 \pm 1,1 | 4,4 \pm 0,8 | 5,2 \pm 0,9 | 5,6 \pm 2,0 |
| Скорость стайа, м/с | | | | | | | |
| 2,0 \pm 0,5 | 2,0 \pm 0,8 | 2,1 \pm 0,6 | 1,9 \pm 0,7 | 2,8 \pm 0,9 | 1,9 \pm 0,5 | 3,0 \pm 0,5 | 2,7 \pm 0,5 |
| Wmax | | | | | | | |
| 5,9 \pm 1,1 | 6,1 \pm 1,7 | 6,5 \pm 1,4 | 6,5 \pm 1,4 | 8,6 \pm 4,2 | 12,8 \pm 8,0 | 11,1 \pm 3,5 | 13,8 \pm 8,6 |
| W40 | | | | | | | |
| 3,0 \pm 0,5 | 2,9 \pm 0,6 | 3,1 \pm 0,5 | 3,0 \pm 0,6 | 4,2 \pm 0,5 | 3,8 \pm 0,4 | 4,8 \pm 0,6 | 4,9 \pm 0,9 |
| W240 | | | | | | | |
| 2,1 \pm 0,5 | 2,1 \pm 0,5 | 2,2 \pm 0,8 | 2,1 \pm 0,5 | 3,0 \pm 0,7 | 2,0 \pm 0,8 | 3,2 \pm 0,5 | 2,9 \pm 0,7 |
| W900 | | | | | | | |
| 1,7 \pm 0,5 | 1,7 \pm 0,8 | 1,7 \pm 0,6 | 1,6 \pm 0,7 | 2,4 \pm 0,9 | 1,4 \pm 0,5 | 2,4 \pm 0,4 | 2,2 \pm 0,7 |

Примечание. Статистическое оценивание проводилось на основе бутстрэпа [18, 19]

На рисунке 2 представлены данные эргометрических показателей в зависимости от вида спорта и стандартизированная разница между группами.

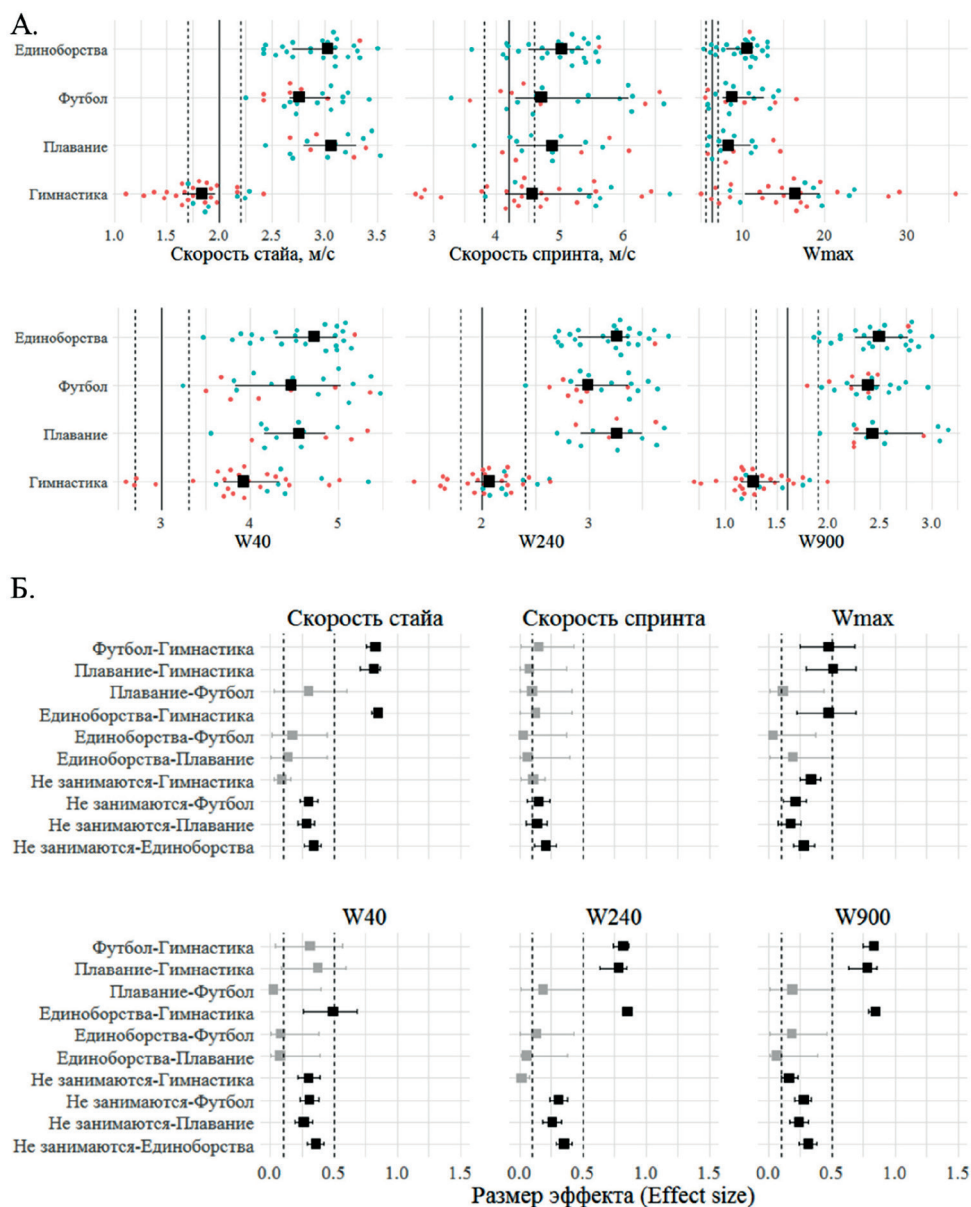


Рис. 2. Эргометрические показатели в зависимости от вида спорта и стандартизированные различия между группами (размеры эффекта по Уилкоксоу): А. Медианные значения (черный квадрат) и межквартильный размах (усы) эргометрических показателей в зависимости от вида спорта. Синим указаны данные мальчиков, красным – девочек. Черной линией представлено медианное значение для группы детей, не занимающихся спортом, пунктирными линиями – первый и третий квартили для группы детей, не занимающихся спортом. Б. Результаты сравнительного анализа групп. Черными (значимые различия $p_{Holm} < 0.05$) и серыми (незначимые различия $p_{Holm} > 0.05$) квадратами указаны стандартизированные размеры эффекта в тесте Уилкоксона, размах – 95% доверительные интервалы для значений размеров эффекта. Пунктирной линией указан размер эффекта > 0.5 (большие различия между медианами). Значимыми различия считали при размере эффекта $> 0,2$ и $p_{Holm} < 0,05$.

Что мы видим по этим графикам:

1) Футболисты/пловцы/единоборцы по скорости стаи, w_{240} и w_{900} отличаются от остальных групп.

2) Гимнасты отличаются от остальных групп по показателю W_{\max} в большую сторону.

3) Показатель w_{40} может быть использован для деления детей на спортсменов и неспортсменов.

4) Скорость спринта плохо работает, как показатель, по которому можно проводить деление детей по группам. У пловцов и единоборцев этот показатель чуть выше, но незначимо.

Выводы по графикам рис. 2Б: Показаны размеры эффекта. Размер эффекта – это стандартизированная разница между средними или медианами, в нашем случае медианами. Размер эффекта позволяет оценить разницу независимо от размера выборки. От размера выборки могут зависеть p -значения, и если размер выборки маленький, то p -значения могут не достигнуть пороговых значений, чтобы обнаружить значимую разницу. То есть p -значение нам говорит о том, есть ли различие, а размер эффекта – насколько велико это различие. В данном случае размер эффекта от 0,2 до 0,5 – различия средней силы, от 0,5 – большие различия.

Исходя из полученных результатов можно выделить 3 кластера по эргометрическим показателям: 1) Неспортсмены, 2) Гимнасты и 3) Футболисты/Единоборцы/Пловцы. При этом, для каждого кластера будут свои ведущие эргометрические показатели. Для гимнастов – W_{\max} , для футболистов/единоборцев/пловцов – скорость стаи, W_{240} и w_{900} , для спортсменов в целом – w_{40} (рис. 2). Далее был проведен кластерный анализ. Подбор кластеров был осуществлен с помощью пакета NbClust, который позволяет на основе большого количества индексов кластеризации, определить оптимальное количество кластеров. Было показано, что в данном случае оптимальное количество кластеров – 3. Результаты МГК с учетом полученных кластеров представлены в виде графиков распределения наблюдений (scores plot) и нагрузок переменных (loadings) (рис.3).

Что мы видим на этом графике:

1) 3 группы детей (исходя из кластерного анализа и результатов сравнительного анализа): неспортсмены, гимнасты и остальные группы спортсменов. Центроиды расположены достаточно далеко друг от друга. Хоть группы и пересекаются, то есть нет 100% разделения, но мы

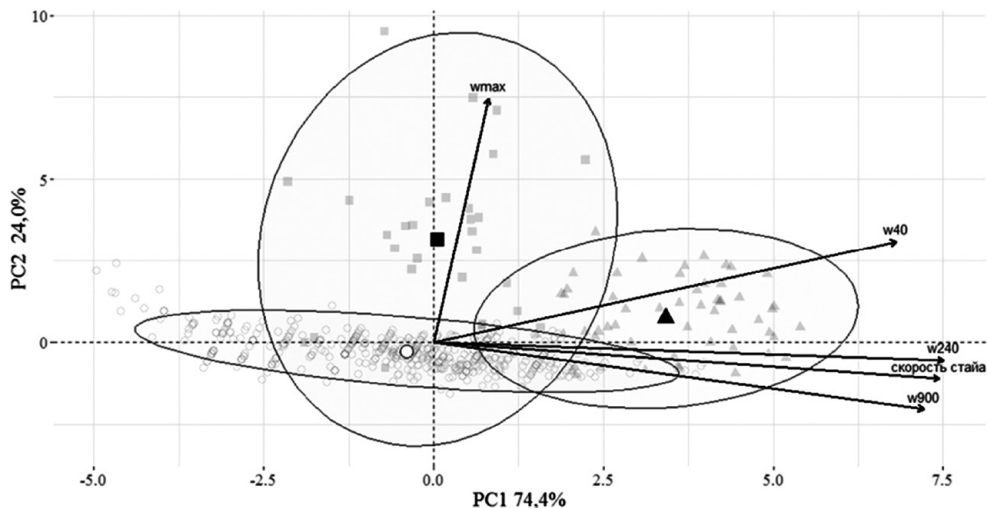


Рис. 3. Двойной график (биplot), полученный методом главных компонент. Было определено 3 кластера: 1) незанимающиеся спортом (центроид обозначен как белый круг), 2) гимнасты (центроид – черный квадрат), 3) остальные группы спортсменов (центроид – черный треугольник). Нагрузки переменных представлены стрелками. Показатель Спринтерская скорость не включался в анализ, так как по этому показателю дети не сильно отличаются друг от друга.

можем выделить 3 группы визуально – пространственное выделение полученных кластеров.

2) Две первые компоненты суммарно объясняют 98% изменчивости переменных (сумма PC1 = 74.4% (абсцисса) и PC2 = 24.0% (ордината))

3) Кластер гимнастов (черный квадрат) наибольшим образом ассоциирован с показателем W_{max} . Кластер футболистов/пловцов/единоборцев (черный треугольник) со стайерской скоростью, w_{240} и w_{900} . Показатель W_{40} скорее ассоциирован с занятием спортом. Кластер неспортсменов (белый круг) ассоциирован с более низкими значениями всех указанных показателей.

Таким образом, гимнастов в первую очередь отличает более высокий показатель W_{max} (максимальная анаэробная мощность). Остальные виды спорта наибольшим образом ассоциированы с такими показателями как W_{240} (максимальная аэробная мощность), стайерская скорость бега и W_{900} (пороговая аэробная мощность). Показатель W_{40} (максимальная гликолитическая мощность) для данной выборки детей лучше отражает деление на спортсменов и неспортсменов (рис. 2 и 3).

Эти результаты подтверждаются ROC-анализом. ROC-анализ используется для оценки диагностической способности показателя раз-

личать 2 группы. Проведенный ROC анализ показал, что по показателю w40 группы спортсменов и неспортсменов достаточно хорошо различаются. Параметры модели были следующие: площадь под кривой AUC 0,95 [0,92; 0,98] – что говорит о высокой точности определения группы по W40, $z=26,7$ (значения z-статистики, чем выше, тем лучше), $p=3 \times 10^{-157}$. Оптимальное значение порога для W40 было равно 3,7, то есть по этому значению можно делить детей на спортсменов и неспортсменов (что, возможно, не совсем корректно в этом возрасте), индекс Юдена (J-индекс) – 0,83 (высокая диагностическая ценность, чем выше, тем лучше). 87,5% [78,7; 93,6%] детей-спортсменов и 95,7% [92,8; 96,8%] детей-неспортсменов были охарактеризованы правильно. Аналогичные данные были получены и для других пар групп (таблица 3).

Таблица 3.

Результаты бинарной классификации (ROC-анализа различий пар групп)

| AUC | Z | p | Порог | J-индекс | Чувствительность | Специфичность |
|--|------|----------------------|-------|----------|-------------------|-------------------|
| Спортсмены/неспортсмены по показателю W40 | | | | | | |
| 0,95 [0,92; 0,98] | 26,7 | 3×10^{-157} | 3,7 | 0,83 | 0,88 [0,78; 0,93] | 0,96 [0,93; 0,97] |
| Футболисты, пловцы и единоборцы (вместе)/ Гимнасты и неспортсмены по W240 | | | | | | |
| 0,98 [0,97; 0,99] | 77,3 | 0,00 | 2,7 | 0,86 | 0,97 [0,88; 0,99] | 0,90 [0,87; 0,92] |
| Футболисты, пловцы и единоборцы (вместе)/ Гимнасты и неспортсмены по W900 | | | | | | |
| 0,94 [0,91; 0,96] | 33,8 | 3×10^{-250} | 2,1 | 0,70 | 0,86 [0,75; 0,94] | 0,84 [0,81; 0,87] |
| Футболисты, пловцы и единоборцы/ Гимнасты и неспортсмены по стайерскому бегу | | | | | | |
| 0,97 [0,96; 0,98] | 63,5 | 0,00 | 2,4 | 0,81 | 0,98 [0,91; 1,00] | 0,83 [0,79; 0,86] |
| Гимнасты /остальные группы по Wmax | | | | | | |
| 0,91 [0,84; 0,99] | 10,8 | 3×10^{-27} | 8, | 0,76 | 0,87 [0,69; 0,96] | 0,90 [0,87; 0,92] |

Примечание: AUC – площадь под кривой, z – (чем выше значение, тем лучше сработал бинарный классификатор), p – p-значение, порог – значение, по которому проходило деление на группы, J-индекс – диагностическая ценность (чем выше значение, тем выше ценность), чувствительность – число истинно-положительных определений, специфичность – число истинно-отрицательных определений.

Расчет эргометрических показателей мышечной работоспособности дает в руки исследователя мощный инструмент для анализа адаптационных процессов по ходу спортивной тренировки. Это проявилось и в полученном нами материале у детей в возрасте от 5 до 8 лет. Интегральная картина энергообеспечения отдельно для мальчиков и девочек и отдельно по видам спорта, с привлечением данных по не занимающимся никаким спортом детям, представлена на рисунке 4. Фактически, полученные данные отражают структуру зон мощности по В.С.Фарфелю [14], отображая предельные для каждой зоны мощности параметры мощности (скорости) нагрузки. Эргометрические показатели работоспособности здесь характеризуют: W_{max} – максимальную анаэробную алактатную мощность; W_{40} – максимальную гликолитическую мощность; W_{240} – максимальную аэробную мощность; W_{900} – мощность на уровне анаэробного порога, отражающую уровень аэробной выносливости.

У мальчиков и у девочек примерно в равной степени не занимающиеся спортом испытуемые отстают по развитию показателей работоспособности во всех зонах мощности, причем между не занимающимися мальчиками и девочками нет существенных различий. А вот среди занимающихся разными видами спорта сложные конкурентные отношения, несколько различающиеся для мальчиков и девочек. Наибольшим диапазоном алактатной зоны нагрузки обладают мальчики – спортивные гимнасты. Они опережают всех других спортсменов, не говоря уже о не занимающихся. Девочки-спортивные гимнастки несколько отстают от мальчиков, но опережают девочек всех прочих видов спорта. Как среди мальчиков, так и среди девочек вторую позицию по сумме всех

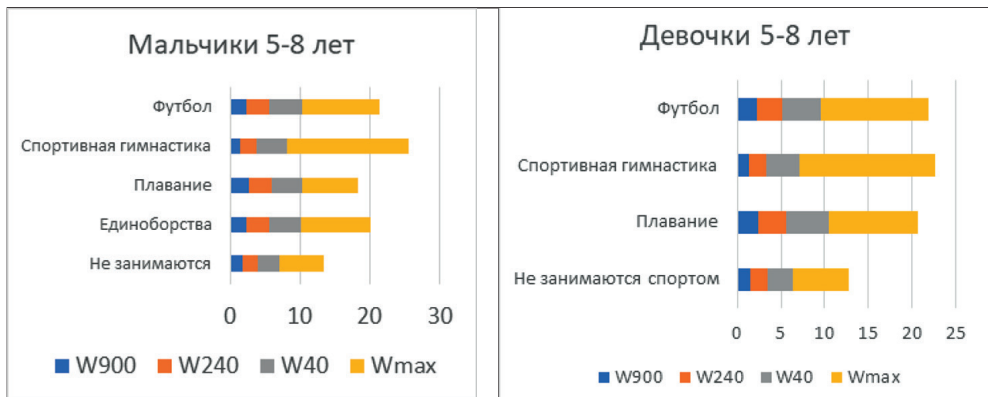


Рис. 4. Структура энергообеспечения циклической мышечной работы (бег) у мальчиков и девочек 5-8 лет

зон мощности занимают футболисты, но у мальчиков отрыв гимнастов от футболистов сильнее, чем у девочек. Третью позицию у мальчиков занимают единоборцы, лишь немного уступающие футболистам. У девочек группа единоборств отсутствует, т.к. в ней не набралось статистически значимого количества испытуемых. Группа плавания у девочек лишь немного отстает от футболисток, тогда как у мальчиков эта разница выражена отчетливо.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из представленных фактов можно сделать два заключения:

Во-первых, уже в возрасте 5-8 лет занятия спортом значительно повышают мышечную работоспособность; во-вторых – этот прирост проявляется в разных зонах мощности в зависимости от вида спорта, то есть тренировки оказывают не только общеукрепляющий и тонизирующий эффект для развития работоспособности, но и специфический эффект, связанный с использованием нагрузок различной энергетической направленности. Интересно, что специфичность нагрузок в большей мере проявляется у мальчиков, чем у девочек. Можно полагать, что скоростные и скоростно-силовые нагрузки у гимнастов способствуют преимущественному развитию у них анаэробных возможностей, тогда как плавание и футбол воздействуют, прежде всего, на аэробные механизмы энергообеспечения. Это противоречит представлениям многих отечественных и зарубежных спортивных физиологов о неспецифичности адаптации детского организма к спортивным нагрузкам [10; 18; 20], и заставляет предполагать, что уже в раннем возрасте тренировочные воздействия вызывают специфические эффекты и должны быть тщательно регламентированы с точки зрения их направленности и интенсивности.

По структуре энергопродукции мы видим, что занятия спортивной гимнастикой стимулируют развитие в первую очередь алактатной энергетики, но негативно сказываются на развитии аэробной выносливости. Футбол и единоборства стимулируют развитие лактацидного компонента, а плавание продуктивно для развития аэробной энергетики. Во всех случаях не занимающиеся спортом дети существенно отстают по показателям работоспособности от сверстников, занимающихся любым спортом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование подтвердило, что раннее начало спортивных занятий сопряжено со значительным увеличением мышечной

работоспособности по сравнению с детьми, которые спортом не занимаются. Показано, что разные виды спорта по-разному сказываются на развитии энергетических систем организма. Для спортивных гимнастов характерно преобладание анаэробной энергопродукции и недоразвитие аэробных механизмов. Для футболистов и единоборцев наиболее развитым источником энергии является гликолитический процесс, а пловцы тренируют главным образом аэробное энергообеспечение. Результаты позволяют предположить, что у девочек и мальчиков восприятие тренировочной нагрузки несколько различается, однако из-за недостаточного объема выборок межполовые сравнения внутри групп спортивной направленности в настоящее время затруднительно. Важно подчеркнуть, что дети уже на раннем этапе тренировки демонстрируют специфические для вида спорта адаптационные изменения в организме, что ставит вопрос об адекватности нагрузок для здоровьесберегающего развития спортсменов дошкольного возраста. Для решения этого вопроса необходимо продолжение исследований.

Благодарность: автор выражает искреннюю глубокую благодарность кандидату биологических наук Ольге Ивановне Парфентьевой за активное участие в анализе результатов исследования, включая все виды статистического анализа, и подготовку иллюстративного материала.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. Возрастная физиология (физиология развития ребенка). Учебное пособие для студентов. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 416 с.
2. Богатов А.А. Типологические особенности энергетического обеспечения мышечной деятельности лыжников-гонщиков массовых разрядов // дисс. к.б.н. – г. Саранск, 2000 – 164 с.
3. Воробьев В.Ф. Соотношение компонентов энергообеспечения мышечной работы различной мощности у мальчиков 10-11 лет: Автореф. дисс. к. б.н. – М., 1991. – 24 с.

4. Задиорский В.М. Физические качества спортсмена. М: Советский спорт, 2009. – 200 с.

5. Корниенко И.А., Сонькин В.Д., Воробьев В.Ф. Эргометрическое тестирование работоспособности // Моделирование и комплексное тестирование в оздоровительной физической культуре. – Сб. научных трудов / В.Д.Сонькин – ред. – М.: ВНИИФК, 1991. – С. 68-86.

6. Криволапчук И.А., Сухецкий В.К., Чернова М.Б., Чичерин В.П. Физическая работоспособность мальчиков–подростков 13-14 лет в широком диапазоне доступных нагрузок // Подготовка олимпийского резерва: спортивно-педагогические, медико-биологические и управленческие аспекты: сборник материалов I-й Международной научно-практической конференции, Волгоград, 14 июня 2023 года. Том Часть 2. – Волгоград: Волгоградская государственная академия физической культуры, 2023. – С. 198-201.

7. Криволапчук И.А. Энергообеспечение мышечной деятельности детей 5-6 лет и комплексная оценка физической работоспособности // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 2. – С. 76-87.

8. Маслова Г.М. Динамика физической работоспособности у детей, поступивших в школу в 6 и 7 лет // Новые исследования по возрастной физиологии. – 1979. – № 2. – С. 68-73.

9. Мельников А.А., Сонькин В.Д., Фомина Е.В., Козлов А.В. Скелетные мышцы и физическая работоспособность человека. – М.: РУС «ГЦОЛИФК», 2023. – 260 с.

10. Сонькин В.Д., Левушкин С.П. Раннее начало занятий спортом: «за» и «против» // Теория и практика физической культуры. – 2024. – № 11. – С. 90-92.

11. Сонькин В.Д., Зайцева В.В., Бурчик М.В., Корниенко И.А. Сравнительный анализ информативности эргометрических и функциональных показателей работоспособности // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1997. – Т. 31, № 6. – С. 28-34.

12. Сонькин В.Д., Корниенко И.А., Богатов А.А. Способ эргометрической оценки физической работоспособности и описания индивидуальной структуры энергообеспечения мышечной деятельности: Патент РФ на изобретение № 2251967, с приоритетом от 02 июля 2002 г., (заявка № 2002117373, зарегистрировано в Гос.реестре изобретений РФ 20 мая 2005 г.)

13. Сонькин В.Д., Тамбовцева Р.В. Развитие мышечной энергетики и работоспособности в онтогенезе // М.: URSS – Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 368 с.

14. Фарфель В.С. Физиологические основы классификации физических упражнений. В кн.: Руководство по физиологии. Физиология мышечной деятельности, труда и спорта. – Л. Наука, 1969. – С. 425-439.

15. Шмидт-Нильссен К. Размеры животных: почему они так важны? - М.: Мир, 1987. – 259 с.

16. Armstrong N., Welsman J., Winsley R. Is peak VO_2 a maximal index of children's aerobic fitness? // *Int. J. Sports Med.* – 1996. – Vol. 17(5). – P. 356-359.
17. Armstrong N, Welsman JR. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. // *Exerc Sport Sci Rev.* 1994; 22:435-76.
18. Efron B. Bootstrap Methods: Another Look at the Jackknife // *Annals of Statistics.* – 1979. – Vol. 7, №1. – P. 1-26.
19. Efron B., Tibshirani R.J. *An Introduction to the Bootstrap* (1st ed.): Chapman and Hall/CRC. – 1994.
20. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica.* – 2001. – Vol. 4(1): 4.
21. R Core Team R: *A Language and Environment for Statistical Computing.* R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2022.
22. Rowland T.W. Does peak VO_2 reflect VO_{2max} in children? Evidence from supramaximal testing // *Med. Sci. Sports Exerc.* – 1993. – Vol. 25(6). – P. 689-693.

REFERENCES

1. Bezrukih M.M., Son'kin V.D., Farber D.A. *Vozrastnaya fiziologiya (fiziologiya razvitiya rebenka). Uchebnoe posobie dlya studentov.* – M.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2002. – 416 s.
2. Bogatov A.A. *Tipologicheskie osobennosti energeticheskogo obespecheniya myshechnoj deyatel'nosti lyzhnikov-gonshchikov massovyh razryadov* // diss. k.b.n. – Saransk, 2000. – 164 s.
3. Vorob'ev V.F. *Sootnoshenie komponentov energoobespecheniya myshechnoj raboty razlichnoj moshchnosti u mal'chikov 10-11 let: Avtoref. k.b.n.* – M., 1991. – 24 s.
4. Zaciorskij V.M. *Fizicheskie kachestva sportsmena.* M: Sovetskij sport, 2009. – 200 s.
5. Kornienko I.A., Son'kin V.D., Vorob'ev V.F. *Ergometricheskoe testirovanie rabotosposobnosti* // *Modelirovanie i kompleksnoe testirovanie v ozdorovitel'noj fizicheskoj kul'ture.* – Sb. nauchnyh trudov / V.D. Son'kin – red. – M.: VNIIFK, 1991. – S. 68-86.
6. Krivolapchuk I.A., Suheckij V.K., Chernova M.B., Chicherin V.P. *Fizicheskaya rabotosposobnost' mal'chikov–podroستkov 13-14 let v shirokom diapazone dostupnyh nagruzok* // *Podgotovka olimpijskogo rezerva: sportivno-pedagogicheskie, mediko-biologicheskie i upravlencheskie aspekty: sbornik materialov I-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Volgograd, 14 iyunya 2023 goda. Tom Chast' 2.* – Volgograd: Volgogradskaya gosudarstvennaya akademiya fizicheskoy kul'tury, 2023. – S. 198-201.
7. Krivolapchuk I.A. *Energoobespechenie myshechnoj deyatel'nosti detej 5-6 let i kompleksnaya ocenka fizicheskoj rabotosposobnosti* // *Fiziologiya cheloveka.* – 2009. – T. 35, № 2. – S. 76-87.

8. Maslova G.M. Dinamika fizicheskoj rabotosposobnosti u detej, postupivshih v shkolu v 6 i 7 let // Novye issledovaniya po vozrastnoj fiziologii. – 1979.- № 2. – С. 68-73.

9. Mel'nikov A.A., Son'kin V.D., Fomina E.V., Kozlov A.V. Skeletnye myshecy i fizicheskaya rabotosposobnost' cheloveka. – Moskva: RUS «GCOLIFK», 2023. – 260 s.

10. Son'kin V.D., Levushkin S.P. Rannee nachalo zanyatij sportom: "za" i "protiv" // Teoriya i praktika fizicheskoj kul'tury. – 2024. – № 11. – S. 90-92.

11. Son'kin V.D., Zajceva V.V., Burchik M.V., Kornienko I.A. Sravnitel'nyj analiz informativnosti ergometricheskikh i funkcional'nykh pokazatelej rabotosposobnosti // Aviakosmicheskaya i ekologicheskaya medicina. – 1997. – T. 31, № 6. – S. 28-34.

12. Son'kin V.D., Kornienko I.A., Bogatov A.A. Sposob ergometricheskoj ocenki fizicheskoj rabotosposobnosti i opisaniya individual'noj struktury energoobespecheniya myshechnoj deyatel'nosti: Patent RF na izobrenenie № 2251967, s prioriteto ot 02 iyulya 2002 g., (zayavka №2002117373, zaregistrirovano v Gos.reestre izobretenij RF 20 maya 2005 g.).

13. Son'kin V.D., Tambovceva R.V. Razvitie myshechnoj energetiki i rabotosposobnosti v ontogeneze //M.: URSS – Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2011. – 368 s.

14. Farfel' V.S. Fiziologicheskie osnovy klassifikacii fizicheskikh uprazhnenij. V kn.: Rukovodstvo po fiziologii. Fiziologiya myshechnoj deyatel'nosti, truda i sporta. – L. Nauka, 1969. – S. 425-439.

15. Shmidt-Nil'ssen K. Razmery zhivotnyh: pochemu oni tak vazhny? – M.: Mir, 1987. – 259 s.

ФИЗИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ КАК ФАКТОР ПРОФИЛАКТИКИ ХРОНИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Васильева А.Е., Шмыгельский И. А.

*ГАОУ ВО ЛО “Гатчинский государственный университет”, Гатчина
www.alenavasilyeva4@gmail.com*

АННОТАЦИЯ. Исследование подчеркивает значимость регулярной физической активности в предотвращении хронических заболеваний при малоподвижном образе жизни. Оно рассматривает положительное влияние умеренных физических нагрузок на сердечно-сосудистую, иммунную и опорно-двигательную системы, а также на психоэмоциональное состояние. На основании полученных данных разработаны рекомендации по интеграции физической активности в повседневную жизнь, способствующие укреплению здоровья и снижению риска заболеваний.

Ключевые слова: физическая активность, профилактика заболеваний, здоровый образ жизни, укрепление здоровья.

Vasilyeva A.E., Shmygelsky I.A.

Physical activity as a factor of prevention of chronic diseases in modern conditions

ABSTRACT. The study highlights the importance of regular physical activity in preventing chronic diseases associated with a sedentary lifestyle. It explores the positive effects of moderate physical activity on the cardiovascular, immune, and musculoskeletal systems, as well as on mental and emotional well-being. Based on the findings, the study provides recommendations for integrating physical activity into daily life to promote health and reduce the risk of diseases.

Keywords: physical activity, disease prevention, healthy lifestyle, health promotion.

Автоматизация труда, сидячие профессии, смена транспорта и снижение физической активности из-за цифровых технологий способствуют развитию хронических заболеваний. ВОЗ считает недостаток физической активности четвертым фактором риска смертности. Физическая активность важна не только для здоровья, но и для профилактики, улучшения качества жизни и снижения потребности в медикаментозном лечении.

Таким образом современный образ жизни увеличивает риск хронических заболеваний, поэтому физическая активность становится ключевым фактором их профилактики.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ – всесторонне обосновать роль физической активности как ключевого инструмента профилактики хронических заболеваний в современных условиях, проанализировать ее механизмы влияния на организм и разработать практические рекомендации по ее интеграции в образ жизни для различных групп населения.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве методологической основы исследования выступил комплексный анализ научной литературы, данных ВОЗ и результатов современных социологических опросов (Pride Fitness, LEVITA, 2024 г.), проведенный в условиях кабинетного исследования. Применялись методы аналитического обобщения и сравнительного анализа информации для систематизации механизмов влияния физической активности на здоровье и разработки на этой основе практических рекомендаций по профилактике хронических заболеваний.

Следовательно, цель исследования не только теоретическая, но и практическая, которая ориентирована на создание конкретных мер для различных социальных групп.

Согласно исследованию ВОЗ, 60% взрослых и 75% молодых людей страдают от отсутствия физической активности, что приводит к 10% смертей. В 2022 году в мире 27% взрослых были недостаточно физически активны, в Европе — 35%, в РФ — только 15-20%. Параллельно растет число хронических заболеваний: сердечно — сосудистые заболевания-31% смертей, диабет за 70 лет вырос на 25%, ожирение затронуло более 650 миллионов взрослых.

Эти статистические данные ярко иллюстрируют масштаб глобальной проблемы гиподинамии и её прямую связь с увеличением случаев хронических заболеваний.

Недостаток движения приводит к сложным функциональным и биологическим изменениям и травматическим симптомам, наблюдаемым почти во всех органах и системах, которые W. Raab (1961) предложил назвать “гипокинетической болезнью”. Патология выражается в неправильном понимании взаимодействия отдельных систем друг с другом, со всем организмом и периферией. Ведущими патогенетическими звеньями являются нарушения энергетического и пластического обмена, которые поражают, в первую очередь, мышечную систему из-за гипокинезии в скелетных мышцах, печени, почках, селезенке, почечнокаменной болезни, процессы разрушения тканевых белков существуют в до-

полнение к слиянию. В результате организм страдает от острого дефицита азота, серы и фосфора, которые необходимы для восстановления белковых молекул.

Концепция “гипокинетического синдрома” объединяет разнообразные патологические изменения, вызванные недостаточной физической активностью, и их метаболические механизмы.

В связи со сложившейся ситуацией большое внимание следует уделять регулярной физической активности, которая важна для профилактики хронических заболеваний и борьбы с ними. Также она укрепляет сердечно-сосудистую систему и снижает риск инфаркта миокарда и инсульта, улучшает кровоснабжение органов. Физические упражнения повышают уровень “хорошего” холестерина (ЛПВП) и снижают уровень “плохого” (ЛПНП), что предотвращает атеросклероз. Они также помогают контролировать кровяное давление и снижают риск развития остеохондроза. Даже умеренная физическая активность, такая как быстрая ходьба в течение 30-40 минут несколько раз в неделю, полезна. Перед началом тренировок рекомендуется проконсультироваться с врачом. Важно помнить о постоянной физической активности и постепенном увеличении физических нагрузок. Здоровый образ жизни включает в себя правильное питание и физическую активность для улучшения самочувствия и качества жизни [1; 3].

Физическая активность — это важный и многогранный способ профилактики, который положительно влияет на основные системы организма, даже при умеренных нагрузках.

Физические упражнения улучшают кровообращение, доставляя белые кровяные тельца и антитела к очагам инфекции, укрепляя иммунную систему. Они также уменьшают воспалительные процессы, связанные с хроническими заболеваниями, такими как рак и сердечно-сосудистые заболевания [5, с. 75].

Физическая активность оказывает значительное влияние на иммунную систему и помогает снижать системное воспаление, помимо положительного воздействия на сердечно-сосудистую систему.

Здоровый образ жизни включает в себя физическую активность, личную гигиену, правильное питание, эмоциональный контроль, полноценный отдых и отказ от вредных привычек. Эти методы важны для здоровья, и их сочетание дает наилучшие результаты, даже если раньше им не следовали. Утренняя зарядка особенно эффективна, так как помогает достичь физической формы, уменьшает сонливость, улучшает работу

систем организма и повышает работоспособность. Важно подбирать упражнения с учетом индивидуальных особенностей, избегая чрезмерных нагрузок. Постепенно отказываясь от вредных привычек и заменяя их полезными занятиями, вы сможете перейти к здоровому образу жизни. Любительский спорт также важен для укрепления здоровья и доступен каждому, независимо от финансовых возможностей [7, с. 183].

Следовательно, физическая активность — важный, но не единственный элемент здорового образа жизни. Ее регулярное включение в повседневную рутину дает наилучший результат при сочетании с другими полезными привычками.

Хочется отметить, что способность человека эффективно приспосабливать структуру освоенных двигательных действий к изменяющимся условиям, известная как моторная адаптация, является ключевым проявлением двигательного качества ловкости. Уровень развития этой способности во многом определяет не только успех в спорте или профессиональной деятельности, но и функциональную готовность человека к повседневной жизни, что имеет прямое отношение к профилактике хронических заболеваний.

К сожалению, методика целенаправленного развития этого жизненно важного аспекта физической подготовленности остается слабо разработанной. Сложность соответствующих научных и практических изысканий во многом обусловлена отсутствием информативных количественных критериев, объективно характеризующих уровень развития данной способности [2, с. 242-243].

Моторная адаптация — это значимый, но малоисследованный аспект физической подготовки, который напрямую влияет на качество жизни и снижает риск заболеваний.

Современные исследования подтверждают важность индивидуального подхода к физической активности. Адаптивные программы ВОЗ (2023 г.) повышают эффективность профилактики хронических заболеваний на 30-50% у людей с различными характеристиками здоровья. Это особенно верно в условиях роста сопутствующих заболеваний и старения населения.

Образ жизни человека существенно влияет на здоровье. Доминирующие факторы (питание, физическая активность) составляют 50-55%, экология-20%, наследственность-18-20%, а лечение и условия-8-10%. Данные подтверждают, что образ жизни, и физическая активность как его часть, являются определяющим фактором здоровья населения.

Опрос Pride Fitness (2024 г.) показал, что у 41% тех, кто регулярно занимается спортом, улучшилось отношение к спорту, 39% стабилизировали вес, а 35% улучшили работоспособность. Фитнес улучшает сон на 32% и снижает стресс на 24% (рис. 1).

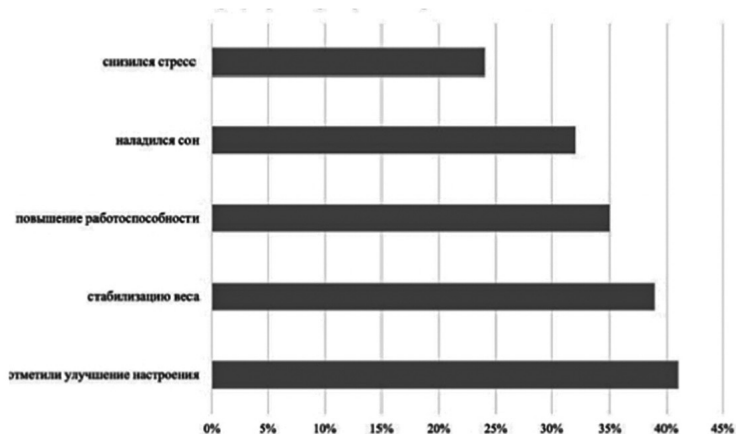


Рис. 1 Влияние регулярных тренировок на разных аспектах жизни

Согласно исследованию LEVITA, проведенному в октябре 2024 года, 73% россиян чувствуют улучшение настроения после физических нагрузок. 51% отметили прилив энергии, 45% — снижение стресса и спокойствие, 41% — повышение любви к себе. Треть респондентов отметили улучшение самочувствия, четверть — улучшение самочувствия, 20% — повышение уровня счастья, а 15% отметили значительные позитивные изменения в своей жизни [6].

Социологические исследования показывают, что физическая активность положительно влияет не только на физическое здоровье, но и на психоэмоциональное состояние, что способствует улучшению общего качества жизни.

Изучив определённую литературу, можно выявить требования, которые необходимо соблюдать для достижения значительного эффекта улучшения здоровья:

1. Для улучшения самочувствия сочетайте различные виды физических упражнений: аэробные (бег, плавание, езда на велосипеде) для увеличения частоты дыхания и пульса, а также общеразвивающие упражнения для укрепления мышц.

2. Увеличивайте обучение постепенно. Неподготовленный организм способен реагировать на напряжение, превышающее его выносливость.

Также необходимо учитывать возрастные особенности и ваше общее состояние, что в равной степени влияет на эффективность.

3. Не забывайте быть постоянными. Оптимальное количество занятий должно составлять 2-3 в неделю, его можно увеличить до 3-5 раз. Общая продолжительность одного занятия, в зависимости от состояния человека, составляет от 20 до 60 минут. Но недельная часовая норма не должна превышать 12-14 часов. Чрезмерные физические нагрузки негативно влияют на организм.

4. Рекомендуются соблюдать разумный режим питания и сна, элементарные требования гигиены, а также отказ от вредных привычек (употребление алкоголя, табака). Регулярные физические упражнения и правильная физическая нагрузка активизируют важные свойства организма и помогают бороться со многими заболеваниями или предотвращать их, сохраняя при этом вашу решительность, работоспособность, это также повысит уверенность и энергию [4].

Эти требования представляют собой практическое руководство по безопасному и эффективному внедрению физической активности в повседневную жизнь. Они основаны на принципах всестороннего подхода, постепенного увеличения нагрузок, регулярности и формирования здоровых привычек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе данной работы было установлено, что физическая активность является надежным фактором воздействия на профилактику и укрепление здоровья человеческого организма, а также определены условия, при которых можно добиться максимального эффекта. Чтобы улучшить свою жизнь, необходимо посвящать время спорту хотя бы 2-3 раза в неделю. Статья предлагает глубокое обоснование важности физической активности как основного средства предотвращения хронических заболеваний в условиях современных проблем, связанных с цифровизацией, снижением уровня физической активности и изменениями в образе жизни.

Физическая активность в современных условиях становится ключевым фактором как эффективным и экономически осуществимым фактором профилактики хронических заболеваний. В условиях глобальной эпидемии отсутствия физической активности и растущей распространенности неинфекционных заболеваний разработка систематического подхода к увеличению физической активности среди населения является приоритетом.

Информация о финансовой поддержке. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом.

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кардозу В.М., Фернандеш Д.М. Гиподинамия – болезнь цивилизации // Научная статья. – 2014. – Т. 4, № 5. – С. 704.
2. Москаленко И.С., Шмыгельский И.А., Яковлев Г.А. Критерии способности студентов-юношей первого курса ГИЭФПТ к моторной адаптации // Образование. Наука. Научные кадры. – 2023. – № 4. – С. 242–246.
3. Рождественский В.А., Верясова И.Ю. Роль физической культуры в профилактике заболеваний // Научный лидер. – 2024. – № 45 (195). – С. 72.
4. Рыжкина Л.А., Чекулаева Л.В. Профилактика и реабилитация заболеваний средствами физической культуры. – 2017. – 140 с.
5. Садретдинов Д.М., Салеев Э.Р. Физическая активность и ее влияние на укрепление иммунной системы // Мировая наука. – 2023. – № 11 (80). – С. 75.
6. Халимова А.М. Влияние физической активности на здоровье: исследование в области спорта и здорового образа жизни // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2025. – Т. 20, № 1. – С. 352.
7. Яковлева В.В., Волкова Е.А. Теория и практика современной науки // Теория и практика современной науки. – 2021. – № 4 (70). – С. 183.

REFERENCES

1. Cardoso V.M., Fernandes D.M. Hypodynamia – a disease of civilization // Scientific article. – 2014. – Vol. 4, № 5. – P. 704.
2. Moskalenko I.S., Shmygalsky I.A., Yakovlev G.A. Criteria for the ability of first-year male students at GIEFPT to motor adaptation // Education. Science. Scientific staff. – 2023. – № 4. – P. 242–246.

3. Rozhdestvensky V.A., Veryasova I.Yu. The Role of Physical Culture in Disease Prevention // *Nauchnyi Lider*. – 2024. – № 45 (195). – P. 72.
4. Ryzhkina L.A., Chekulaeva L.V. Prevention and Rehabilitation of Diseases by Means of Physical Culture. – 2017. – 140 p.
5. Sadretdinov, D. M. Physical activity and its effect on strengthening the immune system / D. M. Sadretdinov, E. R. Saleev // *World science*. – 2023. – No. 11 (80). – P. 75.
6. Khalimova A.M. The Impact of Physical Activity on Health: Research in the Field of Sports and Healthy Lifestyle // *Pedagogical, Psychological, and Medical-Biological Problems of Physical Culture and Sports*. – 2025. – Vol. 20, № 1. – P. 352.
7. Yakovleva V.V., Volkova E.A. Theory and Practice of Modern Science // *Theory and Practice of Modern Science*. – 2021. – No. 4 (70). – P. 183.

DOI: 10.46742/2072-8840-2026-86-2-83-92

УДК 796.012.234

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗВИТИЯ ГИБКОСТИ В РАБОТЕ С ЖЕНЩИНАМИ ПЕРИОДА СРЕДНЕЙ ВЗРОСЛОСТИ

Протасова А. В.¹, Широкова Е. А.²

¹Сеть фитнес-клубов Zetta Sport, Калуга

²ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского,

Калуга

aerolama@yandex.ru

АННОТАЦИЯ. В статье авторы рассматривают понятие гибкости и основные методы её развития. Особое внимание уделяется современным фитнес-технологиям, позволяющим развивать гибкость среди женщин среднего взрослого возраста (йога, пилатес, стретчинг, порт де бра, антигравити фитнес), приводятся исследования, доказывающие их эффективность. Авторы делают вывод о том, что в современной литературе недостаточно информации о системе антигравити и об эффективности её внедрения в оздоровительные занятия, что делает данное направления актуальным для дальнейших исследований.

Ключевые слова: гибкость, стретчинг, женщины среднего взрослого возраста, антигравити фитнес.

Protasova A.V., Shirokova E. A.

Modern technologies for developing flexibility in working with woman in middle adulthood

ABSTRACT. In the article, the authors consider the concept of flexibility and the main methods of its development. Particular attention is paid to modern fitness technologies that allow developing flexibility among middle-aged women (yoga, pilates, stretching, port de bras, antigravity fitness), and studies are provided that prove their effectiveness. The authors conclude that there is insufficient information in modern literature about the antigravity system and the effectiveness of its implementation in health activities, which makes this area relevant for further research.

Keywords: flexibility, stretching, middle-aged women, antigravity fitness.

Современный фитнес предлагает большое количество технологий, позволяющих разнонаправленно воздействовать на организм, поддерживая при этом как физическое, так и психологическое благополучие. Новые направления являются особенно популярными среди женщин среднего взрослого возраста. Поскольку данный контингент является основным контингентом, занятым в производительном труде, вопросы

укрепления физического и психического здоровья, а также поддержания должного уровня двигательной активности женщин является важной задачей современных исследователей. В связи с этим актуальной темой является изучение современных оздоровительных технологий работы с данным возрастным контингентом.

Цель исследования: проанализировать современные технологии развития гибкости в работе с женщинами среднего взрослого возраста.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Гибкость – это одно из пяти физических качеств, отражающее способность человека выполнять упражнения с большой амплитудой. Гибкость является важным компонентом общей физической подготовленности, поскольку она позволяет осваивать и правильно выполнять ряд двигательных действий, кроме того, уровень гибкости обуславливает развитие других физических качеств: координационных способностей, силы и быстроты.

Внедрение упражнений на растягивание в практику оздоровительных занятий связано с необходимостью повышения эластичности мышечной ткани, связок и сухожилий, а также с профилактикой травматизма и необходимостью восстановления после физических нагрузок.

Стретчинг – это система упражнений, направленных на развитие активной и пассивной гибкости, увеличение амплитуды движений в суставах [6]. В рамках системы стретчинга существует множество различных комплексов упражнений, направленных на работу с определёнными суставами и группами мышц [2].

Статический стретчинг предполагает занятия в статическом режиме, когда определённое положение удерживается некоторое время (как правило, от 30 секунд до 1 минуты), а между упражнениями предполагаются плавные переходы. Благодаря длительности удержания положений мышцы постепенно расслабляются, а вследствие этого – лучше растягиваются.

Динамический стретчинг предполагает выполнение упражнений на растягивание в динамике. В данном виде занятий отсутствует длительное удержание положения в позиции вытяжения мышцы, упражнения сменяют друг друга более динамично, однако они выполняются плавно и контролируемо. К примерам такого вида стретчинга могут относиться суставная гимнастика, растягивание в выпаде и пр.

Баллистический стретчинг не используется в оздоровительных занятиях, поскольку является травмоопасным в силу отсутствия мышечного

контроля за движениями. Примерами являются пружинящие движения со значительной амплитудой, махи руками и ногами в различных направлениях, сгибания и разгибания туловища с большой амплитудой и скоростью.

Широкой популярностью в настоящее время пользуется проприоцептивный нервно-мышечный стретчинг. Он предназначен для людей, перенесших травмы или операции, однако его отдельные элементы успешно внедряются в оздоровительные занятия в фитнес-клубах. Это вид растягивания заключается в попеременном напряжении и расслаблении мышечных групп [2].

Регулярное выполнение упражнений, направленных на развитие гибкости, позволяет:

- стимулировать циркуляцию крови и лимфы в организме;
- более эффективно восстанавливать организм после физической нагрузки;
- снизить болевые ощущения, вызванные напряжением и стрессом за счет мышечного расслабления;
- обеспечить снабжение мышц питательными веществами;
- сформировать правильную осанку за счет улучшения подвижности позвоночника и мышц корсета;
- оказать профилактическое влияние на опорно-двигательный аппарат с целью профилактики возникновения дегенеративных изменений [5].

При регулярном выполнении упражнений на растягивание повышается устойчивость сухожилий к нагрузке, а также увеличивается амплитуда движений в суставах, что снижает риск травматизма и повышает безопасность физических нагрузок. Некоторые авторы считают, что увеличение диапазона гибкости в суставах способствует облегчению боли и дискомфорта в области позвоночника, поскольку их недостаточная гибкость ведёт к возникновению спазмов и зажимов, которые как раз и провоцируют болевые ощущения [3]. Кроме того, упражнения на растягивание способствуют более эффективному восстановлению организма после физических нагрузок [15].

В концепции миофасциальных поездов отражается идея о том, что в организме всё взаимосвязано, поэтому дискомфортные ощущения, возникающие в какой-либо части тела могут определяться совершенно неожиданной причиной, связанной, в том числе, и с недостаточной гибкостью той или иной мышечной группы. Например, недостаточная растянутость икроножной мышцы может стать причиной чрезмерной

пронации стопы, в результате чего может возникнуть смещение центра тяжести и неравномерная нагрузка на конечности, что, в свою очередь, может проявиться в боли и дискомфорте в области поясницы [9].

Указанная выше информация позволяет сделать вывод о том, что упражнения на растягивание являются важным и неотъемлемым компонентом оздоровительных занятий.

Из простых упражнений на растягивание в комплексную систему, направленную на улучшение физического состояния и повышение качества жизни, стретчинг превратился в 20 веке. В 50-х годах в Швеции была впервые разработана система упражнений, направленная на глубокую проработку и развитие эластичности мышц. С тех пор стретчинг завоевал огромную популярность как среди профессиональных спортсменов, так и среди сторонников здорового образа жизни, а дальнейшее своё развитие он получил в фитнес-индустрии.

В настоящее время появление и развитие инновационных технологий происходит в сфере фитнеса, поскольку он, реагируя на запросы, формируемые в обществе, перерабатывает и предлагает новые программы физической активности. Среди женщин среднего возраста большой пользуются популярностью комплексные программы невысокой интенсивности, направленные в том числе и на развитие гибкости – йога, пилатес, стретчинг, Пор Де Бра, система Antigravity [11].

Йога. Йога впервые возникла как духовное учение в середине 1 тысячелетия до нашей эры, когда в Индии появилось много мировоззренческих систем о смысле бытия человека. С тех пор она постоянно развивалась и видоизменялась, благодаря чему появилось много школ и направлений [8]. В современности йога постепенно утратила свой первоначальный духовный аспект и в рамках занятий в фитнес-клубах чаще всего предлагается как система упражнений, направленная на поддержание физического благополучия человека.

Данная система включает в себя множество упражнений статико-силового и коррегирующего характера, особое внимание уделяется при этом упражнениям на растягивание и расслабление [4], благодаря чему оказывается разнонаправленное действие на организм.

Современные исследования подтверждают тот факт, что внедрение йоги в подготовку женщин зрелого возраста способствует не только улучшению гибкости и других физических качеств [4], но и позволяет значительно снизить нервно-психическое напряжение и нормализовать эмоциональный фон [1].

Пилатес. Пилатес представляет собой комплексную систему упражнений, разработанную Йозефом Пилатесом в начале 20 века. Она основана на принципах йоги и других восточных практик и позволяет укрепить мышечный корсет, улучшить осанку, гибкость и подвижность суставов и связок. Основные принципы системы заключаются в следующем: концентрация, центрирование, контроль, точность, дыхание, плавность, регулярность. В процессе занятий упражнения выполняются в медленном темпе, при этом осуществляется постоянный контроль над телом и дыханием. Воздействие упражнений в пилатесе (как и в йоге) носит комплексный характер, что позволяет разнонаправленно влиять на опорно-двигательный аппарат и подвижность позвоночника посредством расслабляющих и растягивающих упражнений, а благодаря статическому режиму работы в упражнениях силового характера происходит развитие силовой выносливости мышц, формирующих корсет [13].

О. С. Трофимова в своём исследовании доказала, что применение средств пилатеса на занятиях с женщинами второго периода зрелого возраста способствуют снижению массы тела, окружности талии и бёдер, увеличению экскурсии грудной клетки. При этом отмечается увеличение показателей подвижности позвоночника при поворотах и наклонах, а также снижении асимметрии при наклонах, что можно объяснить увеличением гибкости и выравниванием мышечного тонуса правой и левой половины туловища [13].

И. П. Панова с соавт. отмечают позитивное влияние системы на психоэмоциональное состояние женщин зрелого возраста, что проявляется в снижении уровня ситуативной тревожности [10].

Стретчинг в фитнес-клубе представляет собой программу, включающую комплекс упражнений для растягивания всех мышц и развития подвижности в суставах. Популярной является программа «Школа шпагата», в которой занимающимся предлагается большое разнообразие упражнений, направленных на развитие подвижности таза и крестцового отдела позвоночника. Данная программа позволяет улучшить кровообращение в органах малого таза, брюшной полости, нормализует работу кишечника.

В современных исследованиях подтверждается высокая эффективность стретчинга в развитии гибкости женщин разных возрастов. Так, В. Д. Иванов с соавт. разработал программу упражнений, направленных на растягивание, подобранных по анатомическому признаку. Упражнения включали в работу различные группы мышц, выполнялись последовательно и симметрично, при этом особое внимание уделялось пра-

вильному дыханию (в экспериментальный комплекс включалась дыхательная гимнастика). Программа предусматривала медленное и плавное выполнение движений сидя и стоя с постепенным увеличением амплитуды и длительности удержания статического положения.

В результате выяснилось, что у респондентов, участвующих в исследовании, отмечалось увеличение активной и пассивной гибкости, жизненной ёмкости лёгких, нормализация артериального давления и частоты сердечных сокращений [5].

П. А. Шулакова с соавт. разработала программу, сочетающую упражнения стретчинга, дыхательную гимнастику и упражнения, направленные на развитие статической выносливости. Разработанная программа способствовала увеличению гибкости женщин 30-40 лет, что отражалось в увеличении подвижности плечевых суставов (выкрут гимнастической палки), наклона вперёд из положения сидя, а также результативности продольного и поперечного шпагатов [14].

Популярной системой, направленной на развитие гибкости и подвижности в суставах, является программа **Пор Де Бра**, разработанная Владимиром Снежином. Она основана на функциональном и динамическом вытяжении, а также комбинированной работе рук. Система является комплексной и включает в себя элементы йоги, балета, пилатеса, тай-чи и стретчинга.

Применение данной системы при работе с женщинами 40-45 лет позволяет увеличить результативность наклона вперед из положения сидя, поперечного шпагата и упражнения «складка» [7].

Antigravity Fitness. В настоящее время всё более распространёнными становится программы Antigravity Fitness, в которых в качестве основного оборудования используется гамак или полотнище, подвешенное к потолку в виде петли на высоте от 30 сантиметров до одного метра от поверхности пола.

Антигравити фитнес – это система упражнений, соединяющая в себе элементы классической йоги, пилатеса и воздушного циркового искусства. Упражнения в антигравити фитнесе выполняются без опоры в подвешенном положении, либо с опорой на пол, широко используются перевёрнутые положения [12].

Программы антигравити позволяют оказать следующие эффекты:

– разностороннее развитие мускулатуры: при выполнении упражнений в воздухе тело адаптируется к новым условиям, в результате чего в работу включаются разные группы мышц;

– восстановление после рабочего дня или силовой тренировки: выполнение упражнений происходит в медленном темпе, осознанно, с концентрацией внимания на возникающих ощущениях, в результате чего происходит снижение уровня стресса и нормализация эмоционального состояния;

– выполнение упражнений в воздухе в перевернутом состоянии способствует вытяжению позвоночника и снижению болевых ощущений в мышцах.

К сожалению, нами было обнаружено очень незначительное количество исследований, посвященных изучению воздействия системы Antigravity на развитие гибкости женщин периода средней зрелости, хотя в фитнес-клубах данное направление пользуется огромной популярностью именно среди этого контингента.

Дальнейшее наше исследование будет посвящено вопросам эффективности внедрения данного направления в подготовку женщин периода средней зрелости.

ВЫВОДЫ.

Анализ научно-методической литературы позволяет сделать вывод о том, что современная фитнес-индустрия предлагает большое количество инновационных технологий, направленных на развитие гибкости, которые пользуются особой популярностью среди женщин среднего зрелого возраста. Нами были рассмотрены популярные в настоящее время программы йоги, пилатеса, стретчинга, порт де бра, однако, мы обнаружили очень небольшое количество исследований, освещающих практику внедрения антигравити фитнеса в оздоровительные занятия, что обуславливает актуальность дальнейших исследований.

Информация о финансовой поддержке. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешко А., Широкова Е.А. Влияние занятий йогой на психологическое состояние человека // Международный электронный журнал. Устойчивое развитие: наука и практика. – 2022. – № S1(32). – С. 71–75.

2. Биче-оол А.О., Кызласов Е.Г. Стретчинг как физкультурно-оздоровительная технология // Адаптация детей и молодёжи к современным социально-экономическим условиям на основе здоровьесберегающих технологий: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции. – Абакан, 2020. – С. 47–49.

3. Вишняков Д.Ю., Абзалов С.В. Применение упражнений пилатеса на занятиях физической культурой как способ развития мышц и концентрации // Вопросы педагогики. – 2020. – №3(1). – С. 47–50.

4. Дерябина А.Л., Жигаленко Е.А. Развитие гибкости у людей зрелого возраста в процессе занятий хатха-йогой // Вестник Бурятского государственного университета. Философия – 2010. – № 13. – С. 37–40.

5. Иванов В.Д., Мамаева Н.О. Влияние стретчинга на функциональное состояние и здоровье студентов // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2018. – Вып. 3, № 1. – С. 22–31.

6. Круглова В.К. Оценка эффективности занятий стретчингом и FLY-стретчингом с женщинами 35-40 лет // Инновации и традиции в современном физкультурном образовании: материалы межвузовской научно-практической конференции с международным участием. – Ростов-на-Дону, 2022. – С. 112–116.

7. Кудряшова А.Н., Романенко Н.И., Ашрафуллина Г.Ш., Гильмутдинов И.Ф. Влияние занятий Пор Де Бра на развитие гибкости у женщин 40–45 лет // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2021. – №1(191). – С. 169–173.

8. Мохова А.П., Щеголева М.А. Современные течения в мире йоги: от традиционных стилей к новомодным практикам // Новые исследования. – 2024. – № 4(80). – С. 27–34.

9. Майерс Т. Анатомические поездки: миофасциальные меридианы для мануальной и спортивной медицины. – СПб: Изд-во «Меридиан-С». – 2012. – 320с.

10. Панова И.П., Панов С.Ф., Горшков Ю.В., Федянина Ю.А. Влияние системы Пилатеса на психоэмоциональное и физическое состояние женщин зрелого возраста // Современные тенденции развития физической культуры, спорта и адаптивной физической культуры: материалы всероссийской научно-практической конференции. – Липецк, 2017. – С. 66–71.

11. Рукавишников С.К. Применение средств пилатеса для коррекции функциональных нарушений позвоночника студенток вузов: Автореф. дис. ... канд.пед.наук. – Санкт-Петербург, 2011. – 21 с.

12. Сомкин А.А. «Воздушный» фитнес как отдельное направление в фитнес-индустрии // Научные труды северо-западного института управления РАН-ХИГС. – 2022. – № 4(56). – С. 280–300.

13. Трофимова О.С., Рычкова Н.Р., Бабарикина Е.А., Мазуренко Е.А. Методика применения современных психорегулирующих программ на занятиях

с женщинами второго взрослого возраста // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2021. – № 8 (198). – С. 325–329.

14. Шулакова П.А., Воронков А.В., Бражник Е.А. и др. Методика занятий стретчингом женщин 30-40 лет // Кронос. – 2021. – № 2 (52). – С. 26–28.

15. Craft B.B., Carrol H.A., Kathleen M., Lystik B. Gender Differences in Exercise Habits and Quality of Life Reports: Assessing the Moderating Effects of Reasons for Exercise // Int. J. Lib. Arts Soc. Sci. – 2014. – № 2 (5). – P. 65–76.

REFERENCES

1. Aleshko A., Shirokova E.A. Vliyanie zanyatij jogoj na psihologicheskoe sostoyanie cheloveka // Mezhdunarodnyj elektronnyj zhurnal. Ustojchivoe razvitie: nauka i pratika. – 2022. – № S1(32). – С. 71–75.

2. Biche-ool A.O., Kyzlasov E.G. Stretching kak fizkul'turno-ozdorovitel'naya tekhnologiya // Adaptaciya detej i molodyozhi k sovremennym social'no-ekonomicheskim usloviyam na osnove zdorov'esberegayushchih tekhnologij: materialy VII Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Abakan, 2020. – S. 47–49.

3. Vishnyakov D.Yu., Abzalov S.V. Primenenie uprazhnenij pilatesa na zanyatiyah fizicheskoy kul'turoj kak sposob razvitiya myshe i koncentracii // Voprosy pedagogiki. – 2020. – № 3(1). – S. 47–50.

4. Deryabina A.L., Zhigalenko E.A. Razvitie gibkosti u lyudej zrelogo vozrasta v processe zanyatij hatha-jogoj // Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Filosofiya – 2010. – № 13. – S. 37–40.

5. Ivanov V.D., Mamaeva N.O. Vliyanie stretchinga na funkcional'noe sostoyanie i zdorov'e studentov // Fizicheskaya kul'tura. Sport. Turizm. Dvigatel'naya rekreaciya. – 2018. – Vyp. 3, №1. – S. 22–31.

6. Kruglova V.K. Ocenka effektivnosti zanyatij stretchingom i FLY-stretchingom s zhenshchinami 35-40 let // Innovacii i tradicii v sovremennom fizkul'turnom obrazovanii: materialy mezhvuzovskoj nauchno-prakticheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – Rostov-na-Donu, 2022. – S. 112–116.

7. Kudryashova A.N., Romanenko N.I., Ashrafullina G.Sh., Gil'mutdinov I.F. Vliyanie zanyatij Por De Bra na razvitie gibkosti u zhenshchin 40–45 let // Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta. – 2021. – № 1(191). – S. 169–173.

8. Mohova A.P., Shchegoleva M.A. Sovremennye techeniya v mire jogi: ot tradicionnyh stilej k novomodnym praktikam // Novye issledovaniya. – 2024. – № 4(80). – S. 27–34.

9. Majers T. Anatomicheskie poezda: miofascial'nye meridiany dlya manual'noj i sportivnoj mediciny. – SPb: Izd-vo «Meridian-S». – 2012. – 320 s.

10. Panova I.P., Panov S.F., Gorshkov Yu.V., Fedyanina Yu.A. Vliyanie sistemy Pilatesa na psihoemocional'noe i fizicheskoe sostoyanie zhenshchin zrelogo vozrasta // Sovremennye tendencii razvitiya fizicheskoy kul'tury, sporta i adaptivnoj fizicheskoy kul'tury: materialy vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. – Lipeck, 2017. – S. 66–71.

11. Rukavishnikova S.K. Primenenie sredstv pilatesa dlya korrekcii funkcion-al'nyh narushenij pozvonochnika studentok vuzov: avtoref. dis. ... kand.ped.nauk. – Sankt-Peterburg, 2011. – 21 s.

12. Somkin A.A. «Vozdushnyj» fitnes kak ot-del'noe napravlenie v fitnes-indus-trii // Nauchnye trudy severo-zapadnogo instituta upravleniya RANHIGS. – 2022. – № 4(56). – S. 280–300.

13. Trofimova O.S., Rychkova N.R., Babarikina E.A., Mazurenko E.A., Meto-dika primeneniya sovremennyh psihoreguliruyushchih programm na zanyatiyah s zhenshchinami vtorogo vzroslogo vozrasta // Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. –2021. – № 8 (198). – S. 325–329.

14. Shulakova, P.A., Voronkov A.V., Brazhnik E.A., Kirichenko A.Yu., Tyat-yh S.A. Metodika zanyatij stretchingom zhenshchin 30-40 let // Kronos. – 2021. – № 2 (52). – S. 26–28.

ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПИТАНИЯ СТУДЕНТОВ СПОРТСМЕНОВ: СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЗОВЫ И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ

Бондарев В.А.^{1*}, Уварова А.И.^{1}**

¹ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет
имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», г. Липецк, Россия

*E-mail: v95083104@gmail.com

**E-mail: a.uvarova2000@yandex.ru

АННОТАЦИЯ. В статье рассматриваются вопросы гигиены питания студентов, совмещающих учебную деятельность с занятиями физической культурой или спортом. Целью работы являлся анализ питания студентов, занимающихся физической культурой или спортом, и выявление его основных нарушений с гигиенической точки зрения. В ходе исследования был выявлен ряд отклонений от принципов рационального питания, зафиксированы нарушения режима приема пищи и низкий уровень гигиенической грамотности в вопросах составления рациона.

Ключевые слова: гигиена питания, здоровый образ жизни, студенты, рациональное питание.

Bondarev V.A., Uvarova A.I.

Hygienic assessment of the nutrition of student athletes: modern challenges and ways of their optimization

ABSTRACT. The article examines the issues of nutrition hygiene among students who combine academic activities with physical education or sports. The purpose of the work was to analyze the nutrition of students engaged in these activities and to identify its main violations from a hygienic point of view. During the study, a number of deviations from the principles of rational nutrition were identified, violations of the meal regime were recorded, and a low level of hygienic literacy in the issues of diet planning was observed.

Key words: nutrition hygiene, healthy lifestyle, students, rational nutrition.

Питание является важнейшим физиологическим фактором, обеспечивающим нормальное функционирование организма, сохранение здоровья и высокую работоспособность человека [3]. Для лиц, занимающихся физической культурой и спортом, значение правильного питания возрастает в разы, так как высокие мышечные нагрузки предъявляют особые требования ко всем системам организма и значительно увеличивают потребность в пластических материалах и энергии [6]. Студенты являются особой социальной группой, характеризующейся высокой ин-

тенсивностью умственного труда, значительными психоэмоциональными нагрузками в период экзаменационных сессий, а также, регулярными физическими нагрузками в рамках учебных занятий и самостоятельных тренировок [5]. Гигиена питания этой группы направлена на решение векторных задач: обеспечивать адекватное восстановление после умственного утомления и создать оптимальные условия для энергообеспечения мышечной деятельности. И поэтому изучение особенностей питания студентов-спортсменов, разработка научно обоснованных рекомендаций по его оптимизации являются актуальной задачей современной гигиены питания и спортивной медицины [1]. Проблемы гигиены питания студентов, занимающихся физической культурой и спортом, характеризуется рядом факторов. Студенческая молодежь ведет активный и целенаправленный образ жизни, совмещают успешную учебу с достижением спортивных результатов. Последние многочисленные исследования, подтвержденные нашими данными, доказывают, что фактическое питание учащейся молодежи не является оптимальным, а именно: а) наблюдается дисбаланс рационов: избыточное потребление продуктов с высокой энергетической плотностью (фастфуд, кондитерские изделия, сладкие газированные напитки) сочетается с дефицитом полноценных белков, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов и минеральных веществ; б) нарушается режим питания: многие из молодых людей пропускают основные приемы пищи, заменяя их перекусами «на ходу»; в) низкий уровень гигиенической грамотности в вопросах питания приводит к использованию несбалансированных диет, нерациональному приему биологически активных добавок и спортивного питания без учета индивидуальных потребностей [2, 7, 8]. С гигиенической точки зрения питание студентов-спортсменов должно рассматриваться не просто как утоление голода, а как важнейший фактор адаптации организма к комбинированному воздействию умственных и физических нагрузок. Нарушение принципов рационального питания приводит к снижению физической активности, ухудшению когнитивных функций, ослаблению иммунитета, замедлению восстановительных процессов и, как итог, к срыву адаптационных возможностей организма [4]. Поэтому и является необходимым дополнительное изучение данной проблемы, разработка мер её гигиенической реализации. Анализ современной научной литературы и результатов исследования, подтвержденные нами, позволяет выделить ключевые особенности и проблемы в организации питания студентов, занимающихся физической культурой и спортом.

При анкетировании нами студентов методом анкетирования оценка фактического питания проводилась методом анализа частоты потребления основных групп пищевых продуктов. Результаты показали, что питание большей части студентов является нерациональным. В рационе присутствуют недостаточное потребление таких важных продуктов, как рыба, кисломолочные изделия, свежие овощи и фрукты. В рационе широко представлены продукты категории «фастфуд», снеки и кондитерские изделия. Это коррелирует с данными других исследователей, отмечающих снижение пищевой плотности рационов и риск развития алиментарно-зависимых заболеваний. Важным является взаимосвязь характера питания с особенностями приема пищи до и после тренировки.

Наши данные подтверждают необходимость индивидуального подбора продуктов и времени их приема для обеспечения комфорта и эффективности тренировочного процесса. Выявлена также обратная связь между нарушениями здорового питания и уровнем работоспособности студентов и факторы, затрудняющие соблюдение принципов адекватного питания. Среди основных препятствий студенты называли недостаток времени – 13%, ограниченный бюджет – 12%, отсутствие необходимых знаний и навыков – 15%, а также влияние социального окружения – 10%.

Низкая культура питания способствует снижению умственной и физической работоспособности, а также повышает вероятность формирования вредных привычек. Уровни гигиенической грамотности студентов остается недостаточным. Необходимыми являются проведение систематической образовательной работы студентов по вопросам гигиены питания, начиная с первых курсов обучения в вузе.

Таким образом, а) питание студентов, занимающихся физической культурой и спортом, как правило, не соответствует гигиеническим нормативам и принципам рациональности, характеризуясь дисбалансом основных нутриентов и нарушением режима приема пищи; б) выявлен дефицит в рационах студентов таких важных компонентов, как полноценные белки, полиненасыщенные жирные кислоты, пищевые волокна, витамины и минеральные вещества, на фоне избыточного потребления рафинированных продуктов и фастфуда; в) характер питания оказывает непосредственное влияние на переносимость физических нагрузок, эффективность восстановления и общую работоспособность студентов. Нарушения в питании приводят к дискомфорту во время тренировок и замедлению восстановительных процессов.

Соблюдение принципов гигиены питания является неотъемлемым условием для сохранения здоровья и реализации потенциала студентов, совмещающих учебную деятельность с занятиями физической культурой и спортом. Рациональное питание молодых людей служит фундаментом для достижения высоких спортивных результатов и успешной учебы. Нарушение принципов здорового питания ведет к снижению физической выносливости, ослаблению иммунной защиты, ухудшению когнитивных функций и повышению риска травматизма. Для решения существующих проблем необходима реализация комплексного подхода, включающего: повышение уровня гигиенической грамотности студентов в области питания; организацию мониторинга фактического питания и пищевого статуса; разработку индивидуальных рекомендаций по режиму и рациону питания с учетом характера, интенсивности и периодов тренировочного процесса; обеспечение доступности качественных продуктов питания в студенческой инфраструктуре. Такой подход позволит сформировать у студенческой молодежи высокую культуру питания как важнейшего компонента здорового образа жизни.

Для достижения поставленных целей необходимо внедрение в учебной программе вузов курсов по спортивному питанию и нутрициологию с акцентом на практические навыки составления рационов. Создание в вузах условий для реализаций принципов здорового питания (доступность качественных продуктов, организация работы столовых и буфетов с учетом потребностей спортсменов). Регулярная оценка фактического питания и пищевого статуса студентов-спортсменов с использованием современных методов (анкетирование, анализ рационов, при необходимости – лабораторная диагностика). Разработка современных персонифицированных рекомендаций по питанию с учетом вида спорта, этапа тренировочного цикла, интенсивности нагрузок и индивидуальных особенностей организма.

Информация о финансовой поддержке. Исследование проведено в 2026 году вне рамок Государственного задания.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давлетова Н.Х. Гигиеническая оценка рациона питания и пищевого статуса лиц, занимающихся физической культурой и спортом: учебно-методи-

ческое пособие для студентов вузов физической культуры и спорта. – Казань: Поволжский ГУФКСиТ, 2021. – 55 с.

2. Кобелькова И.В., Королева М.М., Никитюк Д.Б. Влияние некоторых компонентов специализированных продуктов для спортсменов на микробиом кишечника и связанные с ним показатели макроорганизма // Спортивная медицина: наука и практика. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 65–79.

3. Мельниченко Д.В., Юраго О.Л. Правильное питание: фундамент физической культуры и здоровья // Время выбрало нас: материалы Международной научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых (г. Витебск, 15–16 мая 2025 г.). – Витебск: ВГАВМ, 2025. – Ч. 1. – С. 308–311.

4. Нежкина Н.Н., Кулигин О.В., Рылова Н.К. и др. Гигиена питания в физической культуре и спорте: учебное пособие по элективной дисциплине «гигиена физической культуры и спорта» для студентов медицинских вузов / Н. Н. Нежкина, – Иваново: Ивановский ГМУ, 2021. – 80 с. – URL: https://irbis64.ivgmu.ru/web/index.php?S21COLORTERMS=0&LNG=&Z21ID=GUEST&I21DBN=ELIB_FULLTEXT&P21DBN=ELIB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=brieftHTML_ft&S21CNR=5&C21COM=S&S21ALL=%3C.%3EI=613%2E2%3A796%2807%29%2F%D0%93%20463%2D670249516%3C.%3E&USES21ALL=1 дата обращения: 18.03.2026).

5. Полиевский С.А., Ямалетдинова Г.А. Питание спортсменов. Безопасность пищевых продуктов: учебник для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2025. – 122 с.

6. Чалая Е.М., Левицкая А.Н., Ибрагим М.И. и др. Роль правильного питания в жизнедеятельности студента: учебно-методическое пособие. – Красноярск: СФУ, 2025. – 88 с.

7. Pitkin V.A., Simonova A.E. Features of the organization of rational nutrition of students during mass physical culture and sports // Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. – 2023. – Vol. 85, № 3. – P. 90–97.

8. Portuguez-Molina P., Garzón-Mosquera J.C., Aragón-Vargas L.F. Acute Sensory And Gastrointestinal Responses To Protein Intake Prior To Resistance Training // Medicine & Science in Sports & Exercise. – 2025. – Vol. 57, № 10S. – P. 93.

REFERENCES

1. Davletova N.Kh. Gigenicheskaya otsenka ratsiona pitaniya i pishchevogo statusa lits, zanimayushchikhsya fizicheskoy kul'turoy i sportom: uchebno-metodicheskoe posobie dlya studentov vuzov fizicheskoy kul'tury i sporta. – Kazan': Povolzhskiy GUFKSiT, 2021. – 55 s.

2. Kobel'kova I.V., Koroleva M.M., Nikityuk D.B. Vliyanie nekotorykh komponentov spetsializirovannykh produktov dlya sportsmenov na mikrobiom kischechnika i svyazannye s nim pokazateli makroorganizma // Sportivnaya meditsina: nauka i praktika. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 65–79.

3. Mel'nichenko D.V., Yurago O.L. *Pravil'noe pitanie: fundament fizicheskoy kul'tury i zdorov'ya // Vremya vybralo nas: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, magistrantov, aspirantov i molodykh uchenykh (g. Vitebsk, 15–16 maya 2025 g.). – Vitebsk: VGAVM, 2025. – Ch. 1. – S. 308–311.*

4. Nezhkina N.N., Kuligin O.V., Rylova N.K. i dr. *Gigiena pitaniya v fizicheskoy kul'ture i sporte: uchebnoe posobie po elektivnoy distsipline «gigiena fizicheskoy kul'tury i sporta» dlya studentov meditsinskikh vuzov. – Ivanovo: Ivanovskiy GMU, 2021. – 80 s. URL: https://irbis64.ivgmu.ru/web/index.php?S21COLORTERMS=0&LNG=&Z21ID=GUEST&I21DBN=ELIB_FULLTEXT&P21DBN=ELIB&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=briefHTML_ft&S21CNR=5&C21COM=S&S21ALL=%3C.%3EI=613%2E2%3A796%2807%29%2F%D0%93%20463%2D670249516%3C.%3E&USES21ALL=1 (data obrashcheniya: 18.03.2026). – Rezhim dostupa: svobodnyy.*

5. Polievskiy S.A., Yamaletdinova G.A. *Pitanie sportsmenov. Bezopasnost' pishchevykh produktov: uchebnyk dlya vuzov. – 2-e izd., ispr. i dop. – Moskva: Yurayt, 2025. – 122 s.*

6. Chalaya E.M., Levitskaya A.N., Ibragim M.I. i dr. *Rol' pravil'nogo pitaniya v zhiznedeyatel'nosti studenta: uchebno-metodicheskoe posobie. – Krasnoyarsk: SFU, 2025. – 88 s.*

ВОЗМОЖНОСТИ ЙОГИ В РЕГУЛИРОВАНИИ МЕТАБОЛИЗМА

Паралиенова Д. В., Щеголева М. А.

*ФГБОУ ВО Калужский государственный университет им. К. Э. Циолковского,
Калуга
kaktus86@mail.ru*

АННОТАЦИЯ. *Статья исследует влияние йоги на обмен веществ и метаболические процессы в организме человека. В работе рассматриваются данные отечественных и зарубежных исследований, подтверждающие эффективность йоги в улучшении гормонального фона и нормализации обмена веществ. Результаты показывают, что йога является перспективным инструментом в регулировании метаболизма и поддержании здоровья.*

Ключевые слова: *йога, метаболизм, обмен веществ, физическая активность, профилактика заболеваний, физическое здоровье, стресс, физическая культура*

Paralienova D.V., Shchegoleva M. A.

The possibilities of yoga in regulation of metabolism

ABSTRACT. *The article explores the effect of yoga on metabolism and metabolic processes in the human body. The paper considers data from domestic and foreign studies confirming the effectiveness of yoga in improving hormonal levels and normalizing metabolism. The results show that yoga is a promising tool in regulating metabolism and maintaining health.*

Keywords: *yoga, metabolism, metabolism, physical activity, disease prevention, physical health, stress, physical education*

Актуальность. В современном научном и практическом дискурсе, посвящённом вопросам оздоровления и профилактики метаболических нарушений, наблюдается устойчивый интерес к интеграции восточных методов в систему физической культуры и медицины. Одним из таких методов является йога – древняя система психофизических упражнений, получившая широкое распространение на Западе и в России. Практика йоги сегодня выходит за рамки культурной традиции и рассматривается как потенциальный инструмент регуляции множества физиологических процессов, включая обмен веществ [1, 2].

Метаболизм – совокупность биохимических реакций, обеспечивающих жизнедеятельность организма. Он напрямую связан с уровнем

физической активности, гормональным статусом, режимом сна, психоэмоциональным состоянием и рядом других факторов [4]. Нарушения обмена веществ лежат в основе распространённых патологий, таких как ожирение, метаболический синдром, сахарный диабет 2 типа, что обуславливает высокую актуальность поиска доступных и безопасных средств его нормализации и стимуляции.

Несмотря на наличие многочисленных публикаций, описывающих благотворное влияние йоги на общее самочувствие, уровень стресса и функционирование внутренних систем организма, вопрос о том, оказывает ли данная практика прямое или опосредованное влияние на скорость метаболизма, остаётся открытым. Существуют как эмпирические наблюдения, так и отдельные экспериментальные данные, однако в научной среде до сих пор не сформулирован однозначный ответ, в какой степени йога способна служить инструментом метаболической регуляции.

Цель работы: комплексный анализ отечественных и зарубежных научных данных, посвящённых влиянию практики йоги на метаболические процессы.

Задачи работы:

1. Провести краткий теоретический обзор понятий «йога» и «метаболизм» в контексте научной литературы;
2. Проанализировать русскоязычные и иноязычные исследования по теме воздействия йоги на обмен веществ;
3. Сопоставить данные проанализированных исследований и сформулировать выводы о потенциальной взаимосвязи между практикой йоги и метаболической активностью организма.

Йога представляет собой многокомпонентную систему психофизической саморегуляции, исторически сформировавшуюся в рамках индийской философии и религиозной практики [3]. В контексте современного научного знания йога интерпретируется как комплекс упражнений, включающий физические позы (асаны), дыхательные техники (пранаямы), а также элементы концентрации и медитации [5]. Модифицированные формы йоги, адаптированные для оздоровительных и реабилитационных целей, получили широкое распространение в западной и российской практике как средство гармонизации физиологических и психоэмоциональных функций организма.

Метаболизм, или обмен веществ, определяется как совокупность всех биохимических процессов, происходящих в клетках и тканях ор-

ганизма и обеспечивающих его рост, развитие, адаптацию и энергообмен [4]. Ключевыми компонентами метаболизма являются катаболизм (распад веществ с высвобождением энергии) и анаболизм (синтез новых соединений с потреблением энергии).

Согласно современным представлениям, скорость метаболизма регулируется сложной сетью нейроэндокринных механизмов, включая деятельность щитовидной железы, гипоталамо-гипофизарную систему, симпатическую нервную систему и уровень циркулирующих гормонов (в том числе кортизола, инсулина, лептина и др.) [5]. Нарушения в функционировании этих регуляторных звеньев могут приводить к замедлению обмена веществ, снижению энергии и формированию различных метаболических дисфункций.

В этой связи особое внимание в научной литературе уделяется возможностям немедикаментозной стимуляции метаболической активности. Йога, как практика, способная одновременно снижать уровень психоэмоционального напряжения, нормализовать гормональный фон и активизировать умеренные физические нагрузки, рассматривается как потенциальный модификатор метаболических процессов.

В отличие от традиционных аэробных и силовых тренировок, йога сочетает в себе элементы статической нагрузки, дыхательной гимнастики и психической релаксации, что способствует комплексному воздействию на внутренние регуляторные системы организма. Отмечено, что даже низкоинтенсивные йогические практики могут вызывать положительные изменения в энергетическом обмене, включая улучшение тканевого дыхания [3].

Особое внимание уделяется роли дыхательных практик (пранаямы) в активации метаболических процессов. Исследования показывают, что контролируемое дыхание способно стимулировать вегетативную нервную систему, улучшать снабжение тканей кислородом, а также способствует более эффективному использованию энергетических ресурсов организма [5]. Это создаёт предпосылки для рассмотрения йоги как многоуровневого инструмента, не только обеспечивающего физиологическое равновесие, но и способного корректировать метаболические нарушения без применения медикаментозной терапии.

Таким образом, на теоретическом уровне можно предположить, что влияние йоги на обмен веществ носит опосредованный характер и происходит через гармонизацию психофизиологического состояния, снижение уровня стресса, улучшение сна и умеренную физическую стимуляцию.

В российской научной литературе исследования, посвящённые влиянию йоги на метаболизм, ограничены, однако имеющиеся данные свидетельствуют о потенциальных положительных эффектах. Отмечается, что регулярная практика йоги способствует снижению массы тела, нормализации артериального давления и улучшению липидного профиля у пациентов с метаболическим синдромом. Подчеркивается, что интеграция йоги в комплексную терапию может быть эффективным методом коррекции метаболических нарушений.

Международные исследования предоставляют более обширные данные о влиянии йоги на обмен веществ. В частности, в исследовании, опубликованном в *European Journal of Preventive Cardiology*, проведён мета-анализ 37 рандомизированных контролируемых испытаний с участием 2 768 человек. Результаты показали, что практика йоги приводит к значительному снижению индекса массы тела, артериального давления и уровня холестерина по сравнению с контрольными группами, не участвовавшими в физических упражнениях. Эти изменения сопоставимы с эффектами от традиционных видов физической активности, таких как ходьба или велосипедный спорт [7].

Другое исследование, опубликованное в PubMed, изучало влияние восьминедельной программы йоги на подростков с ожирением. Результаты показали значительное снижение массы тела, жировой массы и улучшение липидного профиля у участников, что свидетельствует о положительном влиянии йоги на метаболические параметры [8].

Исследование, опубликованное в *EJNMMI Research*, выявило, что длительная практика аштанга-йоги связана со снижением метаболизма глюкозы в стволе мозга, причём степень снижения коррелировала с продолжительностью практики [9]. Это может свидетельствовать о серьезных изменениях, обусловленных регулярными занятиями.

Таким образом, зарубежные исследования подтверждают, что регулярная практика йоги может оказывать благоприятное влияние на различные компоненты метаболизма, включая снижение массы тела, улучшение липидного профиля и регуляцию уровня глюкозы в крови.

Анализируя представленные данные, можно выделить ряд методологических и концептуальных различий между отечественными и зарубежными подходами к изучению влияния йоги на метаболические процессы. В российской научной традиции исследования преимущественно сосредоточены на прикладных аспектах йоги как оздоровительной практики, ориентированной на снижение веса.

В противоположность этому, зарубежные исследования демонстрируют более высокий уровень стандартизации и методологической строгости. Применение контролируемых испытаний, использование мета-анализов и наблюдений обеспечивает более высокую валидность и репрезентативность полученных результатов. Особое внимание уделяется нейробиологическим механизмам воздействия йоги, включая изучение гормональных маркеров, функциональной активности мозга (с использованием ПЭТ и fMRI), а также взаимодействию йоги с вегетативной нервной системой [6].

Сопоставление данных позволяет заключить, что в зарубежной научной традиции йога рассматривается не только как форма физической активности, но и как когнитивно-поведенческая деятельность с потенциалом системного воздействия на метаболизм. В то время как в отечественных работах акцент делается преимущественно на физическом компоненте практики, в англоязычных источниках подчёркивается мультикомпонентный характер йоги, сочетающий психофизиологическую, нейроэндокринную и поведенческую модуляцию.

На основании анализа отечественных и зарубежных публикаций можно выдвинуть следующий тезис: регулярная практика йоги оказывает выраженное регулирующее воздействие на обмен веществ, опосредованное через психоэмоциональное состояние, гормональный статус и параметры вегетативной регуляции. Влияние йоги на метаболизм реализуется посредством снижения уровня хронического стресса, нормализации циркадных ритмов, стимуляции парасимпатической активности, а также умеренного повышения уровня физической нагрузки.

Особенно важно отметить, что йога как деятельность демонстрирует не столько прямое ускорение метаболических процессов (в традиционном физиологическом понимании), но и улучшает регуляторный баланс между катаболизмом и анаболизмом [2]. Это достигается за счёт нормализации уровня кортизола, лептина и инсулина, что, в свою очередь, способствует повышению чувствительности тканей к гормонам и улучшению энергетической саморегуляции.

Таким образом, йога может рассматриваться как потенциально эффективный немедикаментозный метод коррекции метаболических нарушений и профилактики состояний, ассоциированных с замедленным обменом веществ – таких как ожирение, метаболический синдром, инсулинорезистентность. При этом эффективность йоги зависит от регуляр-

ности занятий, продолжительности, уровня включённости в практику и индивидуальных особенностей организма.

ВЫВОДЫ

Проведенный теоретический анализ позволяет нам сделать вывод о том, что йога может быть рассмотрена как перспективное направление немедикаментозной профилактики и коррекции метаболических нарушений, требующее дальнейшего научного осмысления и включения в междисциплинарные исследования в области физической культуры, медицины и психофизиологии.

Информация о финансовой поддержке. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешко А., Широкова Е.А. Влияние занятий йогой на психологическое состояние человека // Международный электронный журнал. Устойчивое развитие: наука и практика. – 2022. – № S1(32). – С. 71–75.
2. Гордеев М.С., Кузнецова Е.В. Влияние йоги на физическое и психоэмоциональное состояние человека // Физическая культура, спорт и здоровье. – 2019. – Т. 45, № 3. – С. 112–120.
3. Гусев А.М., Левченко В.А. Роль йоги в коррекции обмена веществ // Физическая культура и здоровье нации. – 2017. – Т. 61, № 4. – С. 19–22.
4. Кузнецова Е.В. Йога и метаболизм: Методы исследования и влияние на здоровье // Проблемы физической культуры и спорта. – 2016. – Т. 49, № 2. – С. 83–87.
5. Лавров С.В. Эффективность йоги как метода нормализации обмена веществ // Теория и практика физической культуры. – 2018. – Т. 65, № 12. – С. 21–25.
6. Cramer H., Lauche R., Haller H. et al. Effects of yoga on cardiovascular disease risk factors: A systematic review and meta-analysis // Inter. J. Cardiol. – 2014. – Vol. 173, № 2. – P. 170-183.
7. Chu P., Gotink R.A., Yeh G.Y. et al. The effectiveness of yoga in modifying risk factors for cardiovascular disease and metabolic syndrome: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials // Eur. J. Prev. Cardiol. – 2016. – Vol. 23, № 3. – P. 291–307.
8. Seo D.Y., Lee S., Figueroa A. et al. Yoga training improves metabolic parameters in obese boys // Korean J. Physiol. Pharmacol. – 2012. – Vol. 16, № 3. – P. 175–180.

9. Van Aalst J., Ceccarini J., Schramm G. et al. Long-term Ashtanga yoga practice decreases medial temporal and brainstem glucose metabolism in relation to years of experience // *EJNMMI Research*. – 2020. – Vol. 10: 46.

REFERENCES

1. Aleshko A., Shirokova E.A. Vliyanie zanyatij jogoj na psihologicheskoe sostoyanie cheloveka // *Mezhdunarodnyj elektronnyj zhurnal. Ustojchivoe razvitie: nauka i praktika*. – 2022. – № S1(32). – S. 71–75.
2. Gordeev M.S., Kuznecova E.V. Vliyanie jogi na fizicheskoe i psihoemocional'noe sostoyanie cheloveka // *Fizicheskaya kul'tura, sport i zdorov'e*. – 2019. – T. 45, № 3. – S. 112–120.
3. Gusev A.M., Levchenko V.A. Rol' jogi v korrekcii obmena veshchestv // *Fizicheskaya kul'tura i zdorov'e narii*. – 2017. – T. 61, № 4. – S. 19–22
4. Kuznecova E.V. Joga i metabolizm: Metody issledovaniya i vliyanie na zdorov'e // *Problemy fizicheskoy kul'tury i sporta*. – 2016. – T. 49, № 2. – S. 83–87.
5. Lavrov S.V. Effektivnost' jogi kak metoda normalizacii obmena veshchestv // *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. – 2018. – T. 65, № 12. – S. 21–25.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

DOI: 10.46742/2072-8840-2026-86-2-106-116

УДК 159.91

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОДИНАМИЧЕСКИХ И КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ СТАРШИХ ПОДРОСТКОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ

Немолочная Н.В., Варич Л. А.

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
Кемерово
nina-nem@mail.ru

АННОТАЦИЯ. В статье представлены результаты исследования особенностей нейродинамических и когнитивных процессов у старших подростков в зависимости от условий обучения. Установлено, что в условиях неинтернатного типа выявляются профильные различия: гимназисты демонстрируют превосходство в показателях оперативной памяти и объема внимания, тогда как лицеисты показывают более высокие результаты в абстрактном мышлении. В условиях интернатного типа обучения выявлены следующие различия: лицеисты характеризуются более высокой скоростью обработки информации и работоспособностью головного мозга, однако у них отмечено доминирование процессов возбуждения над торможением; подростки гимназии, напротив, показали лучшие результаты в объеме внимания и оперативной памяти.

Ключевые слова: старшие подростки, условия обучения, нейродинамические характеристики, когнитивные процессы, память, внимание, работоспособность головного мозга

Nemolochnaya N. V., Varich L.A.

Characteristics of neurodynamic and cognitive processes in older adolescents studying in various conditions

ABSTRACT. This article presents the results of a study examining the neurodynamic and cognitive processes in older adolescents depending on the learning environment. It was found that in non-boarding school settings, specific differences emerged: high school students demonstrated superior working memory and attention span, while lyceum students demonstrated higher results in abstract thinking. In boarding school settings, the following differences emerged: lyceum students demonstrated higher information processing speed and brain function, but they demonstrated a predominance of excitation over inhibition; in contrast, gymnasium students demonstrated better results in attention span and working memory.

Keywords: older adolescents, educational conditions, neurodynamic characteristics, cognitive processes, memory, attention, brain performance.

Согласно современным представлениям, познавательные процессы основаны на динамической организации нейронной активности, определяющаяся нейродинамическими механизмами мозга, которые представляют собой совокупность временных и функциональных параметров, необходимых для гибкого восприятия, переработки и интеграции сведений. Данные последних лет свидетельствуют, что когнитивные способности возникают благодаря согласованной работе различных нейронных сетей, активность которых варьируется во времени в зависимости от поставленных задач, концентрации внимания и текущего физиологического состояния организма [4; 13; 14].

Когнитивные процессы не могут существовать без нейродинамических процессов, поскольку они являются их фундаментальной основой. Такие когнитивные функции, как память, внимание и мышление, представляют собой реальное психологическое выражение работы нейронных сетей, чья активность обусловлена динамикой взаимодействий и перестройкой связей между нейронами [7]. Именно нейродинамические характеристики обеспечивают основные операции для работы когнитивных функций – передачу, обработку и интеграцию сигналов [8].

Особую значимость данное утверждение приобретает в контексте повышенных когнитивных требований, предъявляемых к обучающимся в специализированных образовательных учреждениях – гимназиях, лицеях и школах-интернатах с профильным обучением, где нейродинамические и когнитивные процессы достигают высокой степени интенсивности. Значительные интеллектуальные перегрузки, дефицит свободного времени, малоподвижный образ жизни, строгий контроль со стороны преподавателей, а также риск отчисления при снижении успеваемости выступают мощными факторами стресса. Напряжение отражается не только на мыслительных процессах, но и на физическом здоровье. Хроническое перенапряжение провоцирует выработку гормонов стресса (кортизола и адреналина). В краткосрочной перспективе это дает организму дополнительную энергию, однако при длительном воздействии ведет к истощению резервов, ослаблению иммунной защиты и повышению вероятности возникновения заболеваний. Более того, затяжной стресс способен нарушать работу головного мозга, осложняя образование нейронных связей и усвоение информации [3; 6].

Современные школы-интернаты делают всё возможное, чтобы свести к минимуму негативные последствия воспитания вне семьи. Во многих из них внедрены программы психологической поддержки воспитанни-

ков, проводятся индивидуальные и групповые консультации со специалистами, организуются тренинги, направленные на развитие навыков общения и умения справляться со стрессом. Особое внимание уделяется созданию здоровой психологической атмосферы в коллективе, воспитанию взаимоподдержки и терпимости. Вместе с тем успех таких мер во многом определяется целым рядом факторов: профессионализмом педагогов и психологов, наполняемостью классов и спальных комнат, а также общей концепцией самого учебного заведения [1; 11].

В связи с вышесказанным целью исследования является определить особенности формирования нейродинамических и когнитивных процессов старших подростков, обучающихся в разных образовательных организациях.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании приняли участие 656 подростков 14-16 лет из разных образовательных организаций г. Кемерово.

Комплексное обследование включало изучение нейродинамических и когнитивных показателей подростков с помощью автоматизированного комплекса РФК, позволяющего оценить скорость простой зрительно-моторной реакции (ПЗМР, мс), функциональную подвижность нервных процессов (УФП НП, с), работоспособность головного мозга (РГМ, кол-во сигналов), уравновешенность нервных процессов по реакции на движущийся объект (РДО), объем внимания, абстрактное мышление, оперативную память, механическую и смысловую кратковременную память [5].

При помощи пакета программ «Statistica 10.0» проводилась статистическая обработка полученных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В рамках настоящего исследования для типологизации образовательных организаций введены следующие терминологические различия:

– **«интернатный тип»** – относится к образовательным организациям с круглосуточным пребыванием обучающихся (лицей-интернат, гимназия-интернат);

– **«неинтернатный тип»** – относится к образовательным организациям дневной формы пребывания (гимназия, лицей).

Сравнительный анализ средних значений нейродинамических и когнитивных показателей старших подростков в зависимости от фор-

мы обучения (табл.1) позволил установить характерные особенности школьников.

Таблица 1

**Когнитивные показатели старших подростков
 в зависимости от условий обучения (M±m)**

| Параметры | Лицей | Гимназия | ГМЛИ | ГЖГИ | p<0,05 |
|----------------------------|------------|------------|------------|------------|----------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Память на числа, балл | 5,83±0,30 | 6,68±0,08 | 6,06±0,12 | 5,93±0,09 | 2-3, 1-2 |
| Память на слова, балл | 8,2±0,36 | 7,01±0,08 | 7,15±0,16 | 6,38±0,14 | 1-3,1-4, 1-2 |
| Оперативная память, балл | 6,43±0,25 | 8,76±0,06 | 8,59±0,17 | 9,06±0,08 | 1-3, 1-2, 3-4,1-4 |
| Объем внимания, балл | 6,77±0,31 | 8,10±0,09 | 6,89±0,20 | 8,04±0,16 | 1-2,2-3, 3-4 |
| Абстрактное мышление, балл | 15,66±0,35 | 15,11±0,12 | 14,90±0,21 | 14,02±0,16 | 1-2, 1-4 |

Примечание: ГМЛИ – Губернаторский многопрофильный лицей-интернат; ГЖГИ – Губернаторская женская гимназия-интернат

Когнитивные процессы подростков, обучающихся в лицее и гимназии неинтернатного типа, представляют собой интерес для исследования, демонстрируя влияние образовательной среды на развитие познавательных функций. Проведенные исследования показали различия в когнитивных характеристиках обучающихся этих двух учебных заведений. Анализ показателей оперативной памяти и объема внимания выявил статистически значимое превосходство гимназистов над лицеистами, что может быть связано с методикой преподавания в гимназиях, которая часто фокусируется на запоминании фактов, дат и имен, стимулирующее развитие вербальной памяти и внимания к деталям. В свою очередь, лицеисты обучаются по естественно-научному профилю, требующему от них концентрации на сложных задачах, анализе данных и формированию абстрактных моделей.

По показателю абстрактного мышления лицеисты демонстрируют статистически значимые более высокие результаты, что соответствует особенностям естественно-научного профиля, где абстрактное мышление является неотъемлемым инструментом понимания сложных физических и химических процессов, а также способностью к моделированию и предсказанию. Образование в гимназии, ориентированное на гу-

манитарные науки, часто направлено на истолкование текстов, анализ социальных явлений и развитие критического мышления в рамках уже существующих концепций. Полученные результаты согласуются с данными исследований, проведенных ранее Е. В. Васиной и Т. А. Холоднюк, которые также выявили подобные различия в когнитивных показателях подростков разных профилей [2; 12].

Исследование когнитивных процессов подростков, обучающихся в многопрофильном лицее-интернате и женской гимназии-интернате, выявило различия. Преимущество гимназисток над лицеистами в показателях оперативной памяти и объёма внимания может быть связано с различными факторами, начиная от специфики учебных программ и заканчивая влиянием полового состава обучающихся. Гимназистки, возможно, более сосредоточены на деталях и обладают лучшей способностью к одновременной обработке информации, что непосредственно влияет на объём внимания и эффективность работы оперативной памяти

В то же время, лицеисты интернатного типа обучения продемонстрировали лучшие результаты в кратковременной памяти на слова, что может быть связано с особенностями обучения по естественно-научному профилю, где необходимо запоминать термины, формулы и сложные понятия. Постоянная работа с вербальной информацией способствует развитию именно этого аспекта кратковременной памяти.

Так, исследование А. Г. Сетко, О. М. Ждановой, П. В. Лукьянова показало, что школьники с интенсивным режимом обучения, обучающиеся в многопрофильном лицей-интернате, обладают высокой скоростью мыслительной деятельности и концентрацией произвольного внимания, формирующих надежность когнитивной деятельности, и поддерживающих нормальную умственную работоспособность учащихся, по сравнению со школьниками общеобразовательных организаций [9; 10].

Показатели абстрактного мышления не выявили статистически значимых различий между группами. Тем не менее, средние значения несколько выше у лицеистов, что можно объяснить углубленным изучением естественных наук в лицее, требующим абстрактного мышления для понимания сложных концепций и построения логических цепочек. Работа с абстрактными моделями и теориями в физике, химии или биологии способствует развитию этого когнитивного навыка.

Исследование нейродинамических процессов и свойств нервной системы гимназистов и лицеистов неинтернатного типа обучения выявило, что по показателю РДО преобладали процессы запаздывания в обеих

Таблица 2

**Нейродинамические показатели старших подростков
в зависимости от условий обучения (M±m)**

| Параметры | Лицей | Гимназия | ГМЛИ | ГЖГИ | p<0,05 |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| ПЗМР, мс | 310,00±6,32 | 296,27±2,40 | 304,54±4,13 | 317,23±4,09 | 3-4,2-4 |
| УФП НП, с | 65,03±0,77 | 64,19±0,35 | 66,41±0,85 | 68,64±0,57 | 3-4,2-4 |
| РГМ, количество сигналов | 545,37±8,59 | 579,09±4,28 | 557,93±5,12 | 546,67±4,62 | |
| Количество опережений | 4,26±0,47 | 4,48±0,16 | 4,81±0,29 | 4,89±0,19 | |
| Количество запаздываний | 15,63±0,75 | 16,62±0,18 | 14,72±0,36 | 17,34±0,34 | 3-4, 2-3 |
| Количество точных реакций | 10,11±0,62 | 8,90±0,18 | 10,47±0,31 | 7,77±0,21 | 1-4,1-2, 2-3, 3-4 |
| Среднее время реакции, мс | 29,40±1,67 | 30,82±0,83 | 28,70±1,43 | 29,34±1,23 | |
| Суммарное время реакции опережения, мс | 179,71±33,39 | 156,29±7,44 | 204,26±20,19 | 189,36±17,22 | 2-3 |
| Суммарное время реакции запаздывания, мс | 645,43±49,63 | 617,79±11,53 | 558,57±22,52 | 620,15±21,73 | |
| Среднее время реакции опережения, мс | 34,83±3,99 | 33,46±1,34 | 52,13±7,49 | 46,28±3,59 | 2-3 |
| Среднее время реакции запаздывания, мс | 41,03±2,89 | 40,18±0,93 | 36,96±0,94 | 44,14±1,29 | 3-4,2-3 |

Примечание: ГМЛИ – Губернаторский многопрофильный лицей-интернат; ГЖГИ – Губернаторская женская гимназия-интернат.

ПЗМР – простая зрительно-моторная реакция, СЗМР – сложная зрительно-моторная реакция, УФП НП – уровень функциональной подвижности нервных процессов, РГМ – работоспособность головного мозга.

группах (табл. 2). При этом лицеисты продемонстрировали статистически более высокую точность реакции, что может быть связано с развитием более выраженных тормозных механизмов, позволяющих подавлять поспешные реакции и увеличивать точность ответа. Высокая точность часто сопряжена с более медленным временем реакции, что и объясняет преобладание запаздываний.

Показатели «среднего времени реакции опережения» и «среднего времени реакции запаздывания» оказались близкими по величине в обеих группах, что указывает на сложный, взаимозависимый характер процессов обработки информации. Эффективная обработка информации и её удержание в кратковременной памяти регулируются балансом возбуждающих и тормозных нейронных процессов. Скоординированная работа этих механизмов обеспечивает эффективное восприятие, переработку и хранение информации.

Исследование нейродинамических показателей подростков интернатного типа обучения выявило различия в скорости обработки информации. Лицеисты продемонстрировали существенно более высокую скорость обработки информации, чем гимназистки, что проявлялось в значительно меньшем времени ПЗМР – они быстрее реагировали на появление визуального сигнала. Более того, лицеисты продемонстрировали повышенную работоспособность головного мозга – способность к длительной концентрации внимания без значительного снижения эффективности. Данный показатель, оцениваемый по изменению времени реакции на протяжении серии стимулов, указывает на большую устойчивость к умственному утомлению у лицеистов. Низкие значения показателя УФП НП у лицеистов подтверждают более высокую устойчивость их нервной системы к длительному напряжению.

Хотя по показателю РДО преобладали процессы запаздывания в обеих группах, гимназистки продемонстрировали статистически значимо более быстрое время реакции на движущийся объект, чем лицеисты. По показателям «среднее время реакции опережения» и «среднее время реакции запаздывания» было выявлено, что у лицеистов преобладало время реакции опережения, свидетельствующее о доминировании процессов возбуждения в нервной системе. Показатель «среднее время реакции опережения» отражает преобладание процессов возбуждения, измеряя скорость реакции на ожидаемый стимул. Высокий показатель может свидетельствовать о гиперактивности нервной системы, повышенной возбудимости и импульсивности, что негативно влияет на крат-

ковременную память, так как избыток возбуждения может приводить к «перегрузке» системы обработки информации. Вместо того, чтобы эффективно кодировать и хранить данные, нервная система расходует ресурсы на неконтролируемые реакции и не способна адекватно обрабатывать входящую информацию. Вследствие этого, объем информации, который может быть удержан в кратковременной памяти, снижается. В то же время, у гимназисток статистически значимо преобладала реакция запаздывания, что может говорить о некоторых особенностях их индивидуального стиля обработки информации, возможно, более тщательной и вдумчивой.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило выявить значимые различия в нейродинамических и когнитивных процессах старших подростков, обусловленные типом образовательной организации (интернатный или неинтернатный) и профилем обучения.

Установлено, что в образовательных организациях неинтернатного типа развитие когнитивных процессов подростков отличается в зависимости от направленности обучения: гимназисты демонстрируют более высокие показатели оперативной памяти и объема внимания, тогда как лицеисты имеют преимущество в абстрактном мышлении. Данные различия отражают адаптацию познавательных функций к специфике образовательных организаций.

В условиях интернатного типа подростки, обучающиеся в лицее, отличаются более высокой скоростью сенсомоторных реакций и работоспособностью головного мозга, однако у них преобладают процессы возбуждения, что при избыточной активации может приводить к снижению эффективности кратковременной памяти. У подростков, обучающихся в гимназии, доминируют процессы торможения, что сочетается с более высокими показателями объема внимания и оперативной памяти.

Полученные данные свидетельствуют о том, что образовательная среда выступает мощным модулятором когнитивного развития и адаптации. Профиль обучения формирует модель организации когнитивных процессов, что подтверждает необходимость индивидуализации образовательного процесса с учетом когнитивных способностей и нейродинамических характеристик обучающихся для обеспечения их эффективной психофизиологической адаптации.

Информация о финансовой поддержке. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом – ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет».

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барабанщиков В.А., Селиванов В.В. Психические состояния в функционировании интеллектуального события // Экспериментальная психология. – 2025. – Т. 18, № 3. – С. 4-15.
2. Васина Е.В., Кошко Н.Н. Адаптация подростков в процессе обучения по разным профильным программам // Вестник Новосибирского государственного педагогического университета. – 2014. – № 1. – С. 33-41.
3. Гут Ю.Н., Кабардов М.К., Кошелева Ю.П., Москвитина О.А. Когнитивные функции и личностные особенности школьников в разных образовательных средах // Перспективы науки и образования. – 2021. – № 5(53). – С. 323-333.
4. Емельянова Е.П., Сельский А.О., Журавлев М.О. и др. Идентификация индивидуальных особенностей активности головного мозга при когнитивной нагрузке с помощью рекуррентного анализа данных электроэнцефалографии // Известия Российской академии наук. Серия физическая. – 2022. – Т. 86, № 1. – С. 148–152.
5. Иванов В.И., Литвинова Н.А., Березина М.Г. Автоматизированный комплекс для оценки индивидуально-типологических свойств и функционального состояния организма человека «Статус ПФ» // Валеология. – 2004. – № 4. – С. 70-73.
6. Козлова А.А. Проблема исследования когнитивных функций у подростков с девиантным поведением // Скиф. вопросы студенческой науки. – 2024. – № 6(94). – С. 256-261.
7. Овчинникова А.Г. Становление и особенности развития когнитивного компонента самосознания у подростков // Endless Light in Science. – 2022. – № 3-3. – С. 358-366.

8. Ревва Е.А., Мокеева Л.А. Физическая активность и когнитивные функции: влияние занятий спортом на память, внимание и мышление // Тенденции развития науки и образования. – 2024. – № 109-12. – С. 99-101.
9. Сетко А.Г., Жданова О.М., Лукьянов П.В. Особенности физиологических реакций на учебную нагрузку организма учеников с различными умственными способностями // Гигиена и санитария. – 2022. – Т. 101, № 2. – С. 211-217.
10. Сетко А.Г., Жданова О.М., Лукьянов П.В. Физиолого-гигиеническая характеристика когнитивных функций, определяющих успешность обучения школьников в условиях различной напряженности образовательного процесса // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. – 2021. – Т. 29, № 11. – С. 45-52.
11. Сетко Н.П., Жданова О.М., Сетко А.Г. Психофизиологическая характеристика особенностей становления когнитивных функций у учащихся старших классов // Гигиена и санитария. – 2021. – Т. 100, № 4. – С. 358-364.
12. Холоднюк Т.А., Казин Э.М., Литвинова Н.А., Швачунова Л.М. Психофизиологическое сопровождение на этапе предпрофильного обучения // Валеология. – 2009. – № 1. – С. 59-63.
13. Bressler S.L., Menon V. Large-scale brain networks in cognition: emerging methods and principles // Trends in Cognitive Sciences. – 2010. – Vol. 14, № 6. – P. 277-290.
14. Sukenik N., Vinogradov O., Weinreb E. et al. Neuronal circuits overcome imbalance in excitation and inhibition by adjusting connection numbers // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2021. – Vol. 118, № 12: e2018459118.

REFERENCES

1. Barabanshchikov V.A., Selivanov V.V. Psikhicheskie sostoyaniya v funktsionirovaniy intellektual'nogo sobytiya // Eksperimental'naya psikhologiya. – 2025. – Т. 18, № 3. – С. 4-15.
2. Vasina E.V., Koshko N.N. Adaptatsiya podrostkov v protsesse obucheniya po raznym profil'nym programmam // Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. – 2014. – № 1. – С. 33-41.
3. Gut Yu.N., Kabardov M.K., Kosheleva Yu.P., Moskvitina O.A. Kognitivnye funktsii i lichnostnye osobennosti shkol'nikov v raznykh obrazovatel'nykh sredakh // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2021. – № 5(53). – С. 323-333.
4. Emel'yanova E.P., Sel'skii A.O., Zhuravlev M.O. i dr. Identifikatsiya individual'nykh osobennostey aktivnosti golovnogogo mozga pri kognitivnoy nagruzke s pomoshch'yu rekurrentnogo analiza dannykh elektroentsefalografii // Izvestiya Rossiyskoy akademii nauk. Seriya fizicheskaya. – 2022. – Т. 86, № 1. – С. 148–152.
5. Ivanov V.I., Litvinova N.A., Berezina M.G. Avtomatizirovanny kompleks dlya otsenki individual'no-tipologicheskikh svoystv i funktsional'nogo sostoyaniya organizma cheloveka «Status PF» // Valeologiya. – 2004. – № 4. – С. 70-73.

6. Kozlova A.A. Problema issledovaniya kognitivnykh funktsiy u podrostkov s deviantnym povedeniem // Skif. voprosy studencheskoy nauki. – 2024. – № 6(94). – S. 256-261.
7. Ovchinnikova A.G. Stanovlenie i osobennosti razvitiya kognitivnogo komponenta samosoznaniya u podrostkov // Endless Light in Science. – 2022. – № 3-3. – S. 358-366.
8. Revva E.A., Mokeeva L.A. Fizicheskaya aktivnost' i kognitivnye funktsii: vliyanie zanyatiy sportom na pamyat', vnimanie i myshlenie // Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya. – 2024. – № 109-12. – S. 99-101.
9. Setko A.G., Zhdanova O.M., Luk'yanov P.V. Osobennosti fiziologicheskikh reaktsiy na uchebnuyu nagruzku organizma uchenikov s razlichnymi umstvennymi sposobnostyami // Gigiena i sanitariya. – 2022. – T. 101, № 2. – S. 211-217.
10. Setko A.G., Zhdanova O.M., Luk'yanov P.V. Fiziologo-gigienicheskaya kharakteristika kognitivnykh funktsiy, opredelyayushchikh uspehnost' obucheniya shkol'nikov v usloviyakh razlichnoy napryazhennosti obrazovatel'nogo protsessa // Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO. – 2021. – T. 29, № 11. – S. 45-52.
11. Setko N.P., Zhdanova O.M., Setko A.G. Psikhofiziologicheskaya kharakteristika osobennostey stanovleniya kognitivnykh funktsiy u uchashchikhsya starshikh klassov // Gigiena i sanitariya. – 2021. – T. 100, № 4. – S. 358-364.
12. Kholodnyuk T.A., Kazin E.M., Litvinova N.A., Shvachunova L.M. Psikhofiziologicheskoe soprovozhdenie na etape predprofil'nogo obucheniya // Valeologiya. – 2009. – № 1. – S. 59-63.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ И ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ЭМОЦИЙ ПРИ КОГНИТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КРИТИЧЕСКИЕ ПЕРИОДЫ ОНТОГЕНЕЗА (АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

Ермакова И.В.

ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка», Москва
e-mail: ermek61@mail.ru

АННОТАЦИЯ. В обзоре рассматриваются современные представления о физиологических и психологических механизмах, обеспечивающих взаимодействие когнитивных и эмоциональных процессов у детей в критические периоды развития (6-8 лет и пубертат). Анализируются три взаимосвязанных уровня регуляции: вегетативный (вариабельность сердечного ритма, электрическая активность кожи), нейроэндокринный (ось гипоталамус–гипофиз–надпочечники, кортизол) и психологический (эмоциональный интеллект). Показано, что интегративная оценка этих уровней позволяет объективизировать адаптационные возможности ребенка, прогнозировать успешность когнитивной деятельности и выявлять риски дезадаптации. Особое внимание уделено возрастной динамике регуляторных механизмов, их чувствительности к эмоционально-мотивационным воздействиям и роли эмоционального интеллекта как фактора, опосредующего влияние физиологических систем на академическую успешность и социальную адаптацию.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, электрическая активность кожи, кортизол, эмоциональный интеллект, вегетативная нервная система, когнитивная деятельность, критические периоды онтогенеза, регуляция эмоций

Ermakova I.V.

Physiological and psychological mechanisms of emotion regulation in cognitive activity during critical periods of ontogenesis (analytical review)

ABSTRACT. This review examines current understanding of the physiological and psychological mechanisms that mediate the interaction of cognitive and emotional processes in children during critical periods of development (6-8 years and puberty). Three interconnected levels of regulation are analyzed: autonomic (heart rate variability, skin electrical activity), neuroendocrine (hypothalamic-pituitary-adrenal axis, cortisol), and psychological (emotional intelligence). It has been shown that an integrated assessment of these levels allows for an objective assessment of a child's adaptive capacity, the prediction of cognitive success, and the identification of maladaptation risks. Particular attention is paid to the age-related dynamics of regulatory mechanisms, their sensitivity to emotional and motivational influences, and the role of emotional intelligence as a factor

mediating the influence of physiological systems on academic success and social adaptation.

Keywords: *heart rate variability, skin electrical activity, cortisol, emotional intelligence, autonomic nervous system, cognitive activity, critical periods of ontogenesis, emotion regulation.*

Эмоциональная сфера ребенка традиционно рассматривается как один из ключевых факторов, определяющих успешность учебной деятельности, социальную адаптацию и общее психическое благополучие. В школьной практике нередко возникает ситуация, когда учебный процесс не только не способствует возникновению положительных эмоций, но и провоцирует развитие таких отрицательных эмоциональных состояний, как скука, тревога, страх. Эти состояния могут трансформироваться в устойчивое негативное отношение к учению и формирование мотивации избегания неудач.

Эмоции представляют собой сложный психофизиологический феномен, включающий когнитивную обработку, физиологические реакции и поведенческие проявления [59; 69]. Как отмечал Р. Плутчик, эмоция является генетически предопределенной реакцией организма, связанной с адаптивным биологическим процессом [47]. При этом в индивидуальном развитии человека эмоции и чувства приобретают социализирующую функцию, становясь значимым фактором формирования личности и ее мотивационной сферы.

С возрастом трансформируются не только эмоциональные реакции, но и те стимулы, которые их запускают. Одно и то же событие может вызывать принципиально разные эмоции в зависимости от возраста, степени зрелости физиологических систем и обстоятельств. Регуляция эмоций зависит от возраста ребенка, степени зрелости его физиологических систем и контекста выполнения эмоционально-мотивационных и когнитивных задач [59; 69].

Особую значимость в контексте когнитивной деятельности приобретают так называемые критические периоды онтогенеза. В эти периоды наблюдается повышенная чувствительность нервной системы к внешним воздействиям, что создает как благоприятные возможности для развития высших психических функций (сензитивность), так и зоны уязвимости. Когнитивная деятельность, реализуемая в критические периоды (например, этапы интенсивного формирования регуляторных структур префронтальной коры или сенситивные периоды развития учебных навыков), предъявляет повышенные требования к механизмам эмоци-

ональной регуляции. В это время регуляторные механизмы наиболее пластичны, но одновременно и наиболее уязвимы к неблагоприятным воздействиям [31]. Дисбаланс между когнитивной нагрузкой и возможностями эмоционального контроля в такие периоды может приводить к стойкому истощению адаптационных ресурсов.

Цель настоящего обзора: систематизировать современные данные о физиологических (вегетативных, нейроэндокринных) и психологических (эмоциональный интеллект) механизмах регуляции эмоций при когнитивной деятельности в критические периоды развития.

Вегетативная нервная система как физиологическая основа эмоционального реагирования при когнитивной деятельности

Вегетативная нервная система (ВНС) обеспечивает согласованную работу внутренних органов и систем в условиях меняющихся требований среды. Традиционно выделяют два отдела: симпатический, реализующий возбуждающие влияния и мобилизующий организм к действию, и парасимпатический, выполняющий тормозные функции и обеспечивающий восстановление гомеостаза. В норме эти отделы находятся в состоянии динамического равновесия, поддерживая низкий уровень физиологического возбуждения [60].

При воздействии физиологических и/или психологических стрессоров, баланс смещается в сторону доминирования симпатического отдела, что сопровождается учащением сердечного ритма, повышением артериального давления и активацией потовых желез. Однако существуют значительные индивидуальные различия в вегетативном балансе, которые во многом определяют характер эмоционального реагирования. Лица с преобладанием симпатической активности склонны к напряженности и повышенной возбудимости, тогда как доминирование парасимпатического отдела ассоциируется с терпеливостью и эмоциональной стабильностью. На уровне центральной нервной системы ключевую роль в интеграции эмоциональных и вегетативных процессов играют миндалевидное тело, передняя поясная кора и височные области. Активность этих структур усиливается при эмоциональной переработке и напрямую модулирует частоту сердечных сокращений [59].

Вариабельность сердечного ритма (ВСР) представляет собой неинвазивный электрокардиографический метод оценки состояния регуляторных механизмов. ВСР отражает сложное взаимодействие симпатических и парасимпатических влияний на синусовый узел и рассматривается как информативный биомаркер адаптационных возможностей

организма [9]. Многочисленные исследования демонстрируют связь между ВСП и эмоциональной регуляцией. Лица с более высокой ВСП демонстрируют лучший контроль над эмоциями, более эффективно используют адаптивные регуляторные стратегии и характеризуются более низким уровнем тревожности [54]. В когнитивной сфере высокие показатели ВСП ассоциируются с успешностью исполнительных функций, тогда как увеличение симпатической активности и снижение парасимпатической связаны с ухудшением когнитивного контроля [28]. В последние два десятилетия все большее количество теорий и исследований было посвящено роли вегетативного обеспечения, в частности сердечного вагусного контроля, в эмоциональном реагировании. Показано, что высокий уровень парасимпатической активности в состоянии покоя связан с лучшей регуляцией негативного эмоционального эффекта, использованием адаптивных регуляторных стратегий и более гибким эмоциональным реагированием [18]. Особое значение в современных исследованиях придается не столько исходным показателям ВСП, сколько физиологической реактивности – динамическим изменениям вегетативных показателей в ответ на предъявляемые нагрузки. Такой подход позволяет оценить гибкость регуляторных систем и их способность адаптироваться к изменяющимся условиям [55].

При выполнении когнитивных заданий могут наблюдаться два принципиально различных типа вегетативных перестроек, которые интерпретируются как проявление ориентировочного и оборонительного рефлексов [4]. Ориентировочный рефлекс характеризуется снижением частоты сердечных сокращений, уменьшением индекса напряжения регуляторных систем, увеличением общей вариабельности ритма и ростом спектральной мощности. Такой тип реагирования соответствует состоянию заинтересованности субъекта в выполняемой деятельности и, как правило, сопровождается более высокой успешностью выполнения заданий [3; 4]. Оборонительный рефлекс, напротив, проявляется увеличением индекса напряжения, снижением вариабельности и ростом частоты сердечных сокращений. Этот тип реакций наблюдается при отказе от трудного или неинтересного задания, сопровождается большим количеством ошибок и рассматривается как физиологический коррелят эмоционального дискомфорта [4]. Выделение этих двух типов реакций имеет важное практическое значение, поскольку позволяет объективно оценивать отношение ребенка к учебной деятельности и прогнозировать успешность когнитивной работы [3].

В ходе онтогенеза ВНС претерпевает существенные структурно-функциональные изменения. Возрастной период 6-8 лет характеризуется значительной перестройкой вегетативной регуляции: усиливаются парасимпатические влияния, снижается активность центрального контура регуляции, формируется оптимальное соотношение между нервными и гуморальными механизмами [6; 29; 44]. Именно в этом возрасте происходит интенсивное развитие эмоциональной регуляции, уменьшается импульсивность реакций, а выражение эмоций все больше подчиняется социальным нормам [1]. Пубертатный период представляет собой еще один критический этап, связанный с активной гормональной перестройкой. В это время наблюдаются существенные изменения соотношения симпатических и парасимпатических влияний, а также взаимодействия сегментарного и надсегментарного уровней регуляции. Половое созревание может сопровождаться снижением вариабельности сердечного ритма вследствие дисрегуляции метаболического контроля [29].

Электрическая активность кожи – показатель симпатической активности ВНС при когнитивной деятельности и переработке эмоциональной окрашенной информации

Электрическая активность кожи (ЭДА), известная также как кожно-гальваническая реакция или кожная проводимость, представляет собой биоэлектрическую реакцию, отражающую изменение активности эккринных потовых желез [23]. Эти железы иннервируются исключительно симпатическими судомоторными холинергическими нейронами [61], что делает ЭДА специфическим маркером активности симпатического отдела ВНС [19; 48].

Кожно-гальваническая реакция является ярким выражением вегетативных изменений при интеллектуальном напряжении, поэтому её используют в качестве объективного маркера для оценки активации ВНС при когнитивной и/или эмоциональной нагрузке [16; 39; 66]. В экспериментальных исследованиях в качестве умственной нагрузки наиболее часто используется тест Струпа, который оценивает способность подавлять когнитивные помехи, когда обработка одного стимула препятствует одновременной обработке второго стимула. Выполнение этого теста вызывает статистически значимое повышение проводимости кожи как у взрослых [50; 53; 61; 66], так и у подростков [48]. Аналогичные изменения наблюдаются при арифметических вычислениях различной сложности [22]. Установлено, что чем сложнее задание, тем более выражен рост ЭДА [24]. Даже относительно простые операции (например, по-

следовательное вычитание числа 17 из 100) вызывают измеримые кожно-гальванические реакции [17].

Поскольку активность симпатической нервной системы тесно связана с эмоциями, ЭДА используется в качестве показателя симпатической активности при предъявлении эмоциональных стимулов [20]. Уровень нашего эмоционального возбуждения меняется в ответ на пугающие, угрожающие или радостные события и последующая эмоциональная реакция увеличивает активность потовых желез. В основе применения метода КГР для исследования эмоциональной сферы лежит предположение, что изменение величины ЭДА пропорционально интенсивности эмоциональных переживаний [48]. Между тем, вопрос о способности ЭДА дифференцировать валентность эмоций остается дискуссионным. Ряд авторов полагает, что ЭДА отражает не тип эмоции, а исключительно ее интенсивность, поскольку как позитивные (счастливые или радостные), так и негативные (угрожающие или печальные) стимулы приводят к повышению проводимости кожи [48]. Однако другие исследования демонстрируют, что негативные эмоции (гнев, страх, отвращение) вызывают более высокую ЭДА, чем позитивные (радость, счастье) [7; 58; 64]. Существуют данные о большей чувствительности ЭДА к некомфортным стимулам: минимальные значения регистрируются при предъявлении изображений, вызывающих радость и удивление, тогда как максимальные – при грусти, презрении, отвращении и злости [7].

Установлена возрастная динамика ЭДА: минимальные величины отмечаются у 7-8-летних детей, максимальные – у старших дошкольников и 14-15-летних подростков. При этом наблюдается высокая индивидуальная вариативность показателей [2]. В лонгитюдном исследовании зафиксировано значимое снижение ЭДА в возрастном интервале от 6 до 8 лет в ответ на просмотр коротких видеороликов, вызывающих такие эмоции, как страх, печаль, счастье и гнев, что может отражать как процесс привыкания к повторяющимся стимулам, так и собственно возрастные изменения проводимости кожи [30]. Обнаружены также половые различия: девочки 7-10 лет реагируют на просмотр неприятных изображений более выраженной ЭДА, чем мальчики. Предполагается, что эти различия сохраняются до пубертатного периода.

Сложная центральная регуляторная система ЭДА до конца ещё не выяснена, но считается, что области головного мозга, участвующие в центральном контроле ЭДА, включают миндалину и среднецинуло-инсулярную сеть [65].

Таким образом, при анализе вегетативного обеспечения когнитивной деятельности необходимо учитывать особенности ВНС, характерные для каждого критического периода онтогенеза.

Нейроэндокринная регуляция эмоциональных и когнитивных процессов

Гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая ось (ГГНС) представляет собой главную нейроэндокринную систему, обеспечивающую поддержание гомеостаза и реализацию стресс-реакции [34]. Активация оси приводит к выработке кортикотропин-релизинг-гормона в гипоталамусе, который стимулирует секрецию адренкортикотропного гормона гипофизом, а тот, в свою очередь, запускает синтез и высвобождение кортизола корой надпочечников [25].

Кортизол оказывает сложное модулирующее воздействие на организм, действуя через два типа рецепторов: минералокортикоидные, обладающие высоким сродством к гормону и занятые уже при относительно низких концентрациях, и глюкокортикоидные, активирующиеся только при высоких уровнях кортизола, характерных для стрессовых состояний [33]. Важной особенностью кортизола является его способность вызывать как быстрые негеномные эффекты, длящиеся пока сохраняется повышенный уровень гормона, так и медленные геномные эффекты, инициация которых занимает не менее 60 минут, а продолжительность может составлять несколько часов [37]. Этот феномен является адаптивной функцией, т.к. способствует как немедленному усилению когнитивных функций, необходимых для ответа на непосредственный вызов, так и более медленным эффектам, влияющим на когнитивные способности при возникновении таких потребностей [42].

Нейромодулирующие эффекты кортизола наиболее выражены в структурах, образующих цепь миндалины–медиальная префронтальная кора, которая имеет решающее значение для переработки эмоциональной информации [68]. Исследования с использованием функциональной магнитно-резонансной томографии показывают, что у детей 6-12 лет в ходе выполнения теста на распознавание эмоциональных лиц уровень кортизола отрицательно коррелирует с функциональной связью между миндалиной и префронтальной корой [62]. У подростков уровень кортизола после стресса значимо связан с реакцией левого гиппокампа на лица с негативной эмоциональной валентностью [43]. Высокий уровень кортизола ассоциируется с повышенной активностью нижней височной извилины при распознавании эмоциональных лиц по сравнению

с нейтральными [67]. В исследованиях эмоциональной памяти установлено, что высокая реактивность кортизола предсказывает лучшее запоминание эмоциональных (как негативных, так и позитивных) стимулов у детей 8-14 лет [51]. При этом выявлены сложные половые различия: у мальчиков с высоким уровнем половых гормонов (ДГЭА и тестостерона) реактивность кортизола связана с лучшим запоминанием позитивных картинок, тогда как у девочек с низким уровнем этих гормонов – с лучшей памятью на негативные стимулы [51]. У детей 6-7 лет высокая реакция кортизола на Трирский социальный стресс-тест связана с лучшей эмоциональной памятью у девочек, тогда как память мальчиков не была связана с секрецией кортизола. Авторы утверждают, что дети этого возраста (чаще девочки) демонстрируют подавление памяти в отношении негативной информации [52]. Небольшая, но значимая связь выявлена между мгновенными эмоциями: негативные эмоции связаны с повышенным уровнем кортизола, а позитивные – с пониженным [38].

Когнитивная регуляция эмоций представляет собой набор процессов, позволяющих перенаправлять спонтанный эмоциональный поток, что приводит к изменению эмпирических, поведенческих и физиологических реакций [40]. Нейробиологической основой этих процессов является активность префронтальной, нижней теменной и поясной коры, подавляющих активацию лимбических структур [26]. Наиболее эффективными стратегиями когнитивной регуляции негативных эмоций признаны переоценка (переосмысление ситуации для изменения ее эмоционального значения) и переключение внимания. Кортизол модулирует эффективность этих стратегий, воздействуя на префронтальные и лимбические структуры. Высокий уровень кортизола (пероральный прием) приводит к сдерживанию негативных эмоций в ответ на психосоциальный стресс [35], повышению префронтальной регуляторной активности и снижению реакции миндалины [36], а также к активации дорсомедиальной префронтальной коры [45] во время когнитивной регуляции эмоций. Эффекты сохраняются как через 30, так и через 90 минут после приема, что указывает на участие как быстрых, так и медленных геномных механизмов [41].

Обобщая литературные данные, можно заключить, что связь между кортизолом и когнитивными функциями имеет U-образный характер: умеренно повышенный уровень кортизола может улучшать когнитивные способности [32], тогда как чрезмерно высокий или хронически повышенный приводит к их ухудшению [21].

Эмоциональный интеллект как интегративная характеристика регуляторных способностей

Термин «эмоциональный интеллект» (ЭИ) был введен Дж. Мэйером и П. Сэловеем в 1990 г. как способность отслеживать собственные и чужие чувства и эмоции, различать их и использовать эту информацию для направления мышления и действий [56]. В исходной модели выделялись три компонента: идентификация и выражение эмоций, регуляция эмоций, использование эмоциональной информации в мышлении и деятельности [56].

Эмоциональный интеллект начинает развиваться уже в дошкольном возрасте. Дошкольники способны достаточно хорошо различать базовые эмоции – радость, гнев, печаль и страх, причем лучше всего идентифицируется радость, хуже – печаль и гнев [11; 12].

Подростковый возраст является критическим этапом становления эмоциональной сферы. Несмотря на характерную для этого периода возбудимость, импульсивность и резкие смены настроения [12], именно в подростковом возрасте происходит интенсивное развитие способности понимать свои и чужие эмоции и использовать эту информацию для принятия решений.

Установлено, что девочки имеют более высокий уровень ЭИ по сравнению с мальчиками [5; 8; 57]. По мере взросления и накопления коммуникативного опыта показатели ЭИ закономерно увеличиваются [15; 57].

Многочисленные исследования демонстрируют связь между уровнем ЭИ и школьной успеваемостью. Дети и подростки с высоким ЭИ показывают лучшие академические результаты [49; 57], более высокую мотивацию к учебе [63] и легче проходят школьную адаптацию [27]. В основе связи ЭИ с академической успеваемостью лежат три механизма: регуляция учебных эмоций, выстраивание социальных отношений в школе, пересечение академического содержания с ЭИ, поскольку эмоции воздействуют на восприятие, усвоение и запоминание изучаемого материала [46]. Связь ЭИ с успеваемостью носит опосредованный характер и реализуется через такие детерминанты, как эмоциональная саморегуляция, учебная мотивация, социальное взаимодействие и психологическое благополучие школьников [10].

Поиск когнитивных коррелятов ЭИ важен для понимания причин индивидуальных различий по этому показателю. Экспериментальные исследования показывают, что в качестве когнитивных коррелятов ЭИ выступают скорость переработки угрожающей информации (замедление

или ускорение), дифференцированная скорость различения гневной и радостной экспрессии, а также относительная скорость обнаружения лиц с позитивным и негативным выражением. В основе индивидуальных различий по ЭИ лежит скорость переработки эмоционально значимой информации [13].

В свою очередь, в другом исследовании были выявлены различия в стратегиях когнитивной регуляции эмоций у подростков с разным уровнем ЭИ. Лица с высокими показателями развития эмоционального интеллекта чаще прибегали к эффективным стратегиям регуляции эмоций, тогда как использование деструктивных стратегий в этой группе снижалось. В группе с низким уровнем ЭИ частота применения эффективных и деструктивных стратегий была сопоставимой [14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ литературы позволяет заключить, что регуляция эмоций у детей и подростков в критические периоды развития обеспечивается сложным взаимодействием физиологических и психологических систем. Вегетативная регуляция, интегративным показателем которой выступает вариабельность сердечного ритма, отличается повышенной пластичностью и чувствительностью, что делает ее ключевым маркером эффективности эмоционального и когнитивного функционирования. Дополнительным индикатором симпатической активации выступает электрическая активность кожи, отражающая интенсивность эмоционального переживания и демонстрирующая выраженную возрастную динамику.

Нейроэндокринная регуляция через гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковую ось и кортизол обеспечивает сопряжение эмоциональных и когнитивных процессов, причем ее адаптивный эффект зависит от умеренности активации, а также от возраста, пола. Важным психологическим звеном выступает эмоциональный интеллект, формирование которого происходит в дошкольном и подростковом возрасте. Высокий уровень развития ЭИ обеспечивает академическую успешность, социальную адаптацию и саморегуляцию.

Таким образом, систематизация данных о вегетативных, нейроэндокринных и психологических механизмах создает основу для целостного понимания адаптационных возможностей ребенка в образовательной среде. Использование объективных физиологических маркеров в сочетании с оценкой эмоционального интеллекта открывает перспективы для индивидуализации обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева И.Н. Азбука эмоционального интеллекта. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 288 с.
2. Афаунова А.О. Возрастная динамика кожно-гальванической реакции у детей от 5 до 11 лет в сравнении с подростками // Сборник статей XXVII международной научно-практической конференции. – М.: «Научно-издательский центр «Актуальность. РФ», 2020. – С. 147-150.
3. Бодров И.Г., Шишелова А.Ю., Алиев Р.Р. Типология вегетативной адаптации к когнитивной нагрузке по динамике вариабельности сердечного ритма // Экспериментальная психология. – 2018. – Т. 11, № 3. – С. 78-93
4. Данилова Н.Н., Астафьев С.В. Изменение вариабельности сердечного ритма при информационной нагрузке // Журнал высшей нервной деятельности. – 1999. – Т. 49, вып. 1. – С.28-37.
5. Добрин А.В. Сравнительный анализ параметров вариабельности кардиоритма у младших школьников с разным уровнем эмоционального интеллекта // Вестник РУДН. Серия: Психология и педагогика. – 2017. – Т. 14, № 1. – С. 88-98.
6. Игишева Л.Н., Галеев А.Р., Анисова Е.А. Возрастные индивидуально-типологические особенности вариабельности ритма сердца у детей и подростков // Вестник аритмологии. – 2000. – № 18. – С. 86.
7. Кириллова Г.А., Зажигина С.В., Семьина А.С. и др. Изучение особенности физиологических параметров студентов при предъявлении изображений различной эмоциональной окрашенности // Вестник современных исследований. – 2018. – Т. 20, № 5.3. – С. 11-14.
8. Клыпа О.В., Стежко П.А. Анализ проблемы эмоционального интеллекта современных подростков // Проблемы современного педагогического образования. – 2019. – Т. 64, № 3. – С. 297-301.
9. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. Гос. Мед. Академия, 2002. – 290 с.
10. Оверьянова С.Р. Влияние эмоционального интеллекта школьников средних классов на их успеваемость // Молодой ученый. – 2026. – № 7 (610). – С. 252-255.
11. Пьянова Е.Н., Башарова А.Ф. Восприятие и понимание эмоционального состояния другого человека как этап в развитии эмоционального интеллекта дошкольника // Проблемы современного педагогического образования. – 2021. – Т. 72, № 4. – С. 340-344.
12. Сергиенко Е.А. Социально-эмоциональное развитие детей. Теоретические основы / Е.А. Сергиенко, Т.Д. Марцинковская, Е.И. Изотова и др. – М.: Дрофа, 2019. – 248 с.
13. Сысоева Т.А., Овсянникова В.В. Скорость переработки эмоциональной информации как коррелят эмоционального интеллекта // Психология. Журнал Высшей школы экономики. – 2015. – Т. 12. № 2. – С. 160–171.

14. Уланова А.Ю. Соотношение эмоционального интеллекта и когнитивной регуляции эмоций в старшем подростковом возрасте // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. – 2021. – Вып. 1. – С. 97–107.
15. Чежина Я.В. Взаимосвязь лидерских качеств и характеристик эмоционального интеллекта у подростков // Психология человека в образовании. – 2021. – Т. 3, № 2. – С. 174-183.
16. Ahmadi N.K., Ozgur S.F., Kiziltan E. Evaluating the Effects of Different Cognitive Tasks on Autonomic Nervous System Responses: Implementation of a High-Precision, Low-Cost Complementary Method // *Brain Behav.* – 2024. – Vol. 14(10): e70089.
17. Bari D.S. Psychological Correlates of Nonspecific Electrodermal Responses // *J. Electr. Bioimpedance.* – 2019. – Vol. 10, № 17. – P. 65-72.
18. Berna G., Ott L., Nandrino J.L. Effects of emotion regulation difficulties on the tonic and phasic cardiac autonomic response // *PLoS One.* – 2014. – Vol. 9, № 7: e102971.
19. Borelli J.L., Gaskin G., Smiley P. et al. Multisystem physiological reactivity during help-seeking for attachment needs in school-aged children: differences as a function of attachment // *Attach. Hum. Dev.* – 2021 – Vol. 15. – P. 1-15.
20. Boucsein W., Fowles D.C., Grimnes S. et al. Publication recommendations for electrodermal measurements // *Psychophysiology.* – 2012. – Vol. 49, № 8. – P. 1017-1034.
21. Butler K., Klaus K., Edwards L., Pennington K. Elevated cortisol awakening response associated with early life stress and impaired executive function in healthy adult males // *Horm. Behav.* – 2017. – Vol. 95. – P. 13-21.
22. Callara A.L., Sebastiani L., Vanello N. et al. Parasympathetic–Sympathetic Causal Interactions Assessed by Time-Varying Multivariate Autoregressive Modeling of Electrodermal Activity and Heart-Rate-Variability // *IEEE Trans. Biomed. Eng.* – 2021. – Vol. 68, № 10. – P. 3019-3028.
23. Dindar S.B. Psychological Correlates of Nonspecific Electrodermal Responses // *J. Electr. Bioimpedance.* – 2019. – Vol. 10, № 1. – P. 65-72.
24. Ding Y., Cao Y., Duffy V.G. et al. Measurement and identification of mental workload during simulated computer tasks with multimodal methods and machine learning // *Ergonomics.* – 2020. – Vol. 63, № 7. – P. 896-908.
25. Engel M.L., Gunnar M.R. The development of stress reactivity and regulation during human development // *Inter. Rev. of Neurobiol.* – 2020. – Vol. 150. – P. 41-76.
26. Etkin A., Büchel C., Gross J.J. The neural bases of emotion regulation // *Nat. Rev. Neurosci.* – 2015. – Vol. 16. – P. 693-700.
27. Fernández-Berrocal P., Ruiz-Aranda D., Salguero J.M., Palomera R., Extremera N. La relación del Test de Inteligencia Emocional de la Fundación Botín (TIEFBA) con el ajuste personal y escolar de adolescentes españoles // *Rev. Psicodidáctica.* – 2018. – Vol. 23. – P. 1-8.

28. Forte G., Favieri F., Casagrande M. Heart rate variability and cognitive function: a systematic review // *Front. Neurosci.* – 2019. – Vol. 13: 710.
29. Fukuba Y., Sato H., Sakiyama T. et al. Autonomic nervous activities assessed by heart rate variability in pre- and post-adolescent Japanese // *J. Physiol. Anthropol.* – 2009. – Vol. 28, № 6. – P. 269–273.
30. Gatzke-Kopp L., Ram N. Developmental dynamics of autonomic function in childhood // *Psychophysiology.* – 2018. – Vol. 55, № 11: e13218.
31. Gross J.J. The emerging field of emotion regulation: An integrative review // *Review of General Psychology.* – 1998. – Vol. 2, № 3. – P. 271–299.
32. Guenzel F.M., Wolf O.T., Schwabe L. Glucocorticoids boost stimulus-response memory formation in humans // *Psychoneuroendocrinology.* – 2014. – Vol. 45. – P. 21-30.
33. Han F., Ozawa H., Matsuda K.I. et al. Colocalization of mineralocorticoid receptor and glucocorticoid receptor in the hippocampus and hypothalamus // *Neurosci. Res.* – 2005. – Vol. 51. – P. 371-381.
34. Herman J.P., McKlveen J.M., Ghosal S. et al. Regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenocortical stress response // *Compr. Physiol.* – 2016. – Vol. 6, № 2. – P. 603–621.
35. Het S., Schoofs D., Rohleder N., Wolf O.T. Stress-induced cortisol level elevations are associated with reduced negative affect after stress: Indications for a mood-buffering cortisol effect // *Psychosomatic Medicine.* – 2012. – Vol. 74. – P. 23–32.
36. Jentsch V.L., Merz C.J., Wolf O.T. Restoring emotional stability: Cortisol effects on the neural network of cognitive emotion regulation // *Behavioral Brain Research.* – 2019. – Vol. 374: 111880.
37. Joëls M., Pasricha N., Karst H. The interplay between rapid and slow corticosteroid actions in brain // *Eur. J. Pharmacol.* – 2013. – Vol. 719, № 1-3. – P. 44-52.
38. Joseph N.T., Jiang Y., Zilioli S. Momentary emotions and salivary cortisol: A systematic review and meta-analysis of ecological momentary assessment studies // *Review. Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2021. – Vol. 125. – P. 365-379.
39. Klemfuss J.Z., Musser E.D. Talking about emotions: Effects of emotion-focused interviewing on children's physiological regulation of stress and discussion of the subjective elements of a stressful experience // *J. Exp. Child. Psychol.* – 2020. – Vol. 198: 104920.
40. Koole S., The psychology of emotion regulation: an integrative review // *Cogn. Emot.* – 2009. – Vol. 23. – P. 4-41.
41. Langer K., Jentsch V.L., Wolf O.T. Cortisol promotes the cognitive regulation of high-intensive emotions independent of timing // *Eur. J. Neurosci.* – 2022. – Vol. 55, № 9-10. – P. 2684-2698.
42. Law R., Clow A. Stress, the Cortisol Awakening Response and Cognitive Function // *Int. Rev. Neurobiol.* – 2020. – Vol. 150. – P. 187-217.
43. Liu J., Chaplin T., Wang F. et al. Stress Reactivity and Corticolimbic Response to Emotional Faces in Adolescents // *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry.* – 2012. – Vol. 51, № 3. – P. 304-312.

44. Longin E., Dimitriadis C., Shazi S. et al. Autonomic nervous system function in infants and adolescents: impact of autonomic tests on heart rate variability // *Pediatr. Cardiol.* – 2009. – Vol. 30, № 3. – P. 311-324.
45. Ma S.T., Abelson J.L., Okada G. et al. Neural circuitry of emotion regulation: Effects of appraisal, attention, and cortisol administration // *Cognitive, Affective, & Behavioural Neuroscience.* – 2017. – Vol. 17. – P. 437-451.
46. MacCann C., Jiang Y., Brown L.E.R. et al. Emotional intelligence predicts academic performance: A meta-analysis // *Meta-Analysis. Psychol. Bull.* – 2020. – Vol. 146, № 2. – P. 150-186.
47. Plutchik R. The nature of emotions // *American Scientist.* – 2001. – Vol. 89(4). – P. 344-350.
48. Pop-Jordanova N., Pop-Jordanov J. Electrodermal Activity and Stress Assessment // *Pril (Makedon Akad Nauk Umet Odd Med Nauki).* – 2020. – Vol. 41, № 2. – P. 5-15.
49. Portela-Pino I., Domínguez-Alonso J., Alvariñas-Villaverde M., Chinchilla-Mira J.J. Influence of Personal, Academic, Social, and Level of Physical Activity Variables on Emotional Intelligence // *Children (Basel).* – 2022. – Vol. 9, № 2: 286.
50. Posada-Quintero H.F., Bolkhovsky J.B. Machine Learning models for the Identification of Cognitive Tasks using Autonomic Reactions from Heart Rate Variability and Electrodermal Activity // *Behav. Sci. (Basel).* – 2019. – Vol. 9, № 4: 45.
51. Quas J.A., Castro A., Bryce C.I., Granger D.A. Stress physiology and memory for emotional information: Moderation by individual differences in pubertal hormones // *Dev. Psychol.* – 2018. – Vol. 54, № 9. – P. 1606-1620.
52. Raffington L., Falck J., Heim C. et al. Effects of stress on 6-to-7-year-old children's emotional memory differs by gender // *J. Exp. Child. Psychol.* – 2020. – Vol. 199: 104924.
53. Rahma O.N., Putra A.P., Rahmatillah A. et al. Electrodermal Activity for Measuring Cognitive and Emotional Stress Level // *J. Med. Signals. Sens.* – 2022. – Vol. 12, № 2. – P. 155-162.
54. Ramírez E., Ortega A.R., Del Paso G.A.R. Anxiety, attention, and decision making: the moderating role of heart rate variability // *Int. J. Psychophysiol.* – 2015. – Vol. 98, № 3. – P. 490-496.
55. Salomon K., Bylsma L.M., White K.E. et al. Is blunted cardiovascular reactivity in depression moodstate dependent? A comparison of major depressive disorder remitted depression and healthy controls // *Int. J. Psychophysiol.* – 2013. – Vol. 90, № 1. – P. 50-57.
56. Salovey P., Mayer J.D. Emotional intelligence // *Imagination, Cognition, and Personality.* – 1990. – Vol. 9. – P. 185-211.
57. Sastre S., Artola T., Alvarado J.M. Emotional Intelligence in Elementary School Children. EMOCINE, a Novel Assessment Test Based on the Interpretation of Cinema Scenes // *Front. Psychol.* – 2019. – Vol. 10: 1882.

58. Sohn J.H., Sokhadze E., Watanuki S. Electrodermal and Cardiovascular Manifestations of Emotions in Children // *J. Physiol. Anthropol.* – 2001. – Vol. 20, № 2. – P. 55-64.
59. Thayer J.F., Ahs F., Fredrikson M. et al. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: implications for heart rate variability as a marker of stress and health // *Neurosci. Biobehav. Rev.* – 2012. – Vol. 36. – P. 747-756.
60. Thayer J.F., Lane R.D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation // *J. Affect. Disord.* – 2000. – Vol. 61, № 3. – P. 201-216.
61. Thomas B.L., Claassen N., Becker P., Viljoen M. Validity of Commonly Used Heart Rate Variability Markers of Autonomic Nervous System Function // *Neuropsychobiology.* – 2019. – Vol. 78, № 1. – P. 14-26.
62. Tian T., Young C., Zhu Y. et al. Socioeconomic Disparities Affect Children's Amygdala-Prefrontal Circuitry via Stress Hormone Response // *Biol Psychiatry.* – 2021. – Vol. 90, № 3. – P. 173-181.
63. Trigueros R., Aguilar-Parra J.M., Cangas A.J. et al. Influence of Emotional Intelligence, Motivation and Resilience on Academic Performance and the Adoption of Healthy Lifestyle Habits among Adolescents // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* – 2019. – Vol. 16, № 16: 2810.
64. Veeranki Y.R., Ganapathy N., Swaminathan R. Classification of Dichotomous Emotional States Using Electrodermal Activity Signals and Multispectral Analysis // *Stud. Health. Technol. Inform.* – 2022. – Vol. 294. – P. 941-942.
65. Vinberg K., Rosén J., Kastrati G., Ahs F. Whole brain correlates of individual differences in skin conductance responses during discriminative fear conditioning to social cues // *Elife.* – 2022. – Vol. 11: e69686.
66. Visnovcova Z., Mestanik M., Gala M. et al. The complexity of electrodermal activity is altered in mental cognitive stressors // *Comput. Biol. Med.* – 2016. – Vol. 79. – P. 123-129.
67. Weldon A.L., Hagan M., Van Meter A. et al. Stress response to the functional magnetic resonance imaging environment in healthy adults relates to the degree of limbic reactivity during emotion processing // *Neuropsychobiology.* – 2015. – Vol. 71. – P. 85-96.
68. Yau J.L., Seckl J.R. Local amplification of glucocorticoids in the aging brain and impaired spatial memory // *Front. Aging. Neurosci.* – 2012. – Vol. 4: 24.
69. Zhu J., Ji L., Liu C. Heart rate variability monitoring for emotion and disorders of emotion // *Physiol. Meas.* – 2019. – V. 40, № 6: 064004.

REFERENCE

1. Andreeva I.N. *Azbuka emocional'nogo intelekta.* – SPb.: BHV-Peterburg, 2012. – 288 s.
2. Afaunova A.O. *Vozrastnaya dinamika kozhno-gal'vanicheskoy reakcii u detej ot 5 do 11 let v sravnenii s podrostkami* // *Sbornik statej XXVII mezhdunarodnoj*

nauchno-prakticheskoy konferencii. – M.: «Nauchno-izdatel'skij centr «Aktual'nost'. RF», 2020. – S. 147-150.

3. Bodrov I.G., Shishelova A.Yu., Aliev R.R. Tipologiya vegetativnoj adaptacii k kognitivnoj nagruzke po dinamike variabel'nosti serdechnogo ritma // Eksperimental'naya psihologiya. – 2018. – T. 11, № 3. – S. 78-93

4. Danilova N.N., Astaf'ev S.V. Izmenenie variabel'nosti serdechnogo ritma pri informacionnoj nagruzke // Zhurnal vysshej nervnoj deyatel'nosti. – 1999. – T. 49, vyp. 1. – S. 28-37.

5. Dobrin A.V. Sravnitel'nyj analiz parametrov variabel'nosti kardioritma u mladshih shkol'nikov s raznym urovnem emocional'nogo intellekta // Vestnik RUDN. Seriya: Psihologiya i pedagogika. – 2017. – T. 14, № 1. – S. 88-98.

6. Igisheva L.N., Galeev A.R., Anisova E.A. Vozrastnye individual'no-tipologicheskie osobennosti variabel'nosti ritma serdca u detej i podrostkov // Vestnik aritmologii. – 2000. – № 18. – S. 86.

7. Kirillova G.A., Zazhigina S.V., Sem'ina A.S. i dr. Izuchenie osobennosti fiziologicheskikh parametrov studentov pri pred'yavlenii izobrazhenij razlichnoj emocional'noj okrashennosti // Vestnik sovremennyh issledovanij. – 2018. – T. 20, № 5.3. – S. 11-14.

8. Klypa O.V., Stezhko P.A. Analiz problemy emocional'nogo intellekta sovremennyh podrostkov // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2019. – T. 64, № 3. – S. 297-301.

9. Mihajlov V.M. Variabel'nost' ritma serdca: opyt prakticheskogo primeneniya. – Ivanovo: Ivan. Gos. Med. Akademiya, 2002. – 290 s.

10. Over'yanova S.R. Vliyanie emocional'nogo intellekta shkol'nikov srednih klassov na ih uspevaemost' // Molodoj uchenyj. – 2026. – № 7 (610). – S. 252-255.

11. P'yanova E.N., Basharova A.F. Vospriyatie i ponimanie emocional'nogo sostoyaniya drugogo cheloveka kak etap v razvitii emocional'nogo intellekta doshkol'nika // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2021. – T. 72, № 4. – S. 340-344.

12. Sergienko E.A. Social'no-emocional'noe razvitie detej. Teoreticheskie osnovy / E.A. Sergienko, T.D. Marcinkovskaya, E.I. Izotova i dr. – M.: Drofa, 2019. – 248 s.

13. Sysoeva T.A., Ovsyannikova V.V. Skorost' pererabotki emocional'noj informacii kak korrelyat emocional'nogo intellekta // Psihologiya. Zhurnal Vysshej shkoly ekonomiki. – 2015. – T. 12. № 2. – S. 160-171.

14. Ulanova A.Yu. Sootnoshenie emocional'nogo intellekta i kognitivnoj regulyacii emocij v starshem podrostkovom vozraste // Vestnik Permskogo universiteta. Filosofiya. Psihologiya. Sociologiya. – 2021. – Vyp. 1. – S. 97-107.

15. Chezhina Ya.V. Vzaimosvyaz' leaderskih kachestv i harakteristik emocional'nogo intellekta u podrostkov // Psihologiya cheloveka v obrazovanii. – 2021. – T. 3, № 2. – S. 174-183.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СТРЕССА В ТАНЦЕВАЛЬНОМ СПОРТЕ: АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Коняев И.Д.¹, Захарьева Н.Н.^{1,2}

¹ ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка»

² РУС «ГЦОЛИФК»

e-mail: ilya.konyaev@mail.ru

АННОТАЦИЯ. В статье представлен аналитический обзор современных литературных данных, посвященных психологическим и физиологическим проявлениям стресса у спортсменов высокой квалификации на примере танцевального спорта. Рассмотрены классические и современные представления о стрессе, основные стрессоры спортивной деятельности, специфика стресс-реакции в танцевальном спорте, а также методологические подходы к оценке функционального состояния спортсменов. Особое внимание уделено вариабельности сердечного ритма, психофизиологическому тестированию и нейроэндокринным механизмам регуляции стресс-реакции. Показано, что развитие стресса у танцоров определяется сочетанным влиянием соревновательных, межличностных и индивидуально-типологических факторов и требует комплексной оценки с учетом вегетативных, психофизиологических и гормональных показателей.

Ключевые слова: стресс, психоэмоциональное напряжение, танцевальный спорт, функциональное состояние, вариабельность сердечного ритма, вегетативная регуляция, кортизол, психофизиологическое тестирование, адаптация

Konyaev I.D., Zakharyeva N.N.

Psychological and physiological manifestations of stress in dance sport: an analytical review

ABSTRACT. The paper presents an analytical review of current literature on psychological and physiological manifestations of stress in highly qualified athletes, using dance sport as an example. Classical and contemporary concepts of stress, major stressors in sports activity, the specific features of stress response in dance sport, and methodological approaches to assessing athletes' functional state are considered. Special attention is paid to heart rate variability, psychophysiological testing, and neuroendocrine mechanisms of stress regulation. The review shows that stress in dancers is shaped by the combined influence of competitive, interpersonal, and individual-typological factors and therefore requires an integrated assessment based on autonomic, psychophysiological, and hormonal indicators.

Keywords: stress, psychoemotional stress, dance sport, functional state, heart rate variability, autonomic regulation, cortisol, psychophysiological testing, adaptation

Современный спорт высших достижений характеризуется неуклонным ростом интенсивности тренировочных и соревновательных нагрузок, что предъявляет повышенные требования к функциональным резервам организма спортсмена. В этих условиях особую значимость приобретает проблема развития стресса и высокого психоэмоционального напряжения, которые могут оказывать как мобилизующее, так и дезадаптирующее влияние. В спортивных бальных танцах, где результат определяется не только уровнем физической подготовленности, но и точностью координации, эмоциональной выразительностью и согласованностью действий в паре, регуляция психоэмоционального состояния приобретает принципиальное значение [7; 9; 13].

Теоретические основы изучения стресса были заложены Гансом Селье, определившим стресс как «синдром, вызываемый различными повреждающими агентами» [39]. Значение стресс-реакции заключается в мобилизации функциональных резервов организма и активации эндокринных механизмов, обеспечивающих адаптацию к меняющимся условиям среды [40]. В зависимости от характера воздействия на организм различают эустресс, оказывающий адаптивное влияние, и дистресс, связанный с неблагоприятными последствиями стрессового ответа [6; 42].

В спортивной деятельности особое место занимает психоэмоциональный стресс, возникающий под влиянием стресс-факторов, воздействующих на высшую нервную деятельность человека [26]. Хотя наиболее выражено он проявляется в условиях соревнований, физиологические признаки стресс-реакции могут регистрироваться и в тренировочном периоде, особенно при высокой напряженности подготовки.

Цель исследования – систематизировать и проанализировать литературные данные о психологических и физиологических проявлениях стресса у спортсменов высокой квалификации с акцентом на специфику танцевального спорта.

Теоретические основы изучения стресса в спортивной деятельности. Согласно классическим представлениям Г. Селье, развитие стресса, или общего адаптационного синдрома, проходит три стадии: тревоги, резистентности и истощения [18; 39]. В литературе также описываются фаза перекрестной резистентности и фаза перекрестной сенсibilизации [39]. Если на этапе перекрестной резистентности происходит мобилизация функциональных резервов, то на этапе перекрестной сенсibilизации наблюдается их перераспределение, включая психиче-

ские ресурсы, для достижения максимального результата, что описывается как феномен «минимизации» [27].

В спортивной физиологии и психологии значительный вклад в изучение соревновательного стресса внес Б. А. Вяткин. Им показано, что особенности развития стресс-реакции у спортсменов во многом определяются типом высшей нервной деятельности и темпераментом, которые влияют на выраженность стрессового ответа и динамику его фаз в соревновательных условиях [4; 5]. По мнению Б. А. Вяткина, стресс представляет собой системное явление, детерминированное условиями различного иерархического уровня, включая активность мотивации, трудность задания и антиципацию угрозы [5].

Характеризуя биологическую природу стресса, следует подчеркнуть, что он представляет собой пусковой механизм адаптивной реакции организма на воздействие сверхпороговых, необычных и экстремальных факторов [25]. Такая реакция в норме выполняет защитную функцию и способствует сохранению целостности организма. Однако предельные физические нагрузки, психологические перегрузки, неблагоприятные климатические воздействия и иные экстремальные факторы могут привести к срыву адаптивных механизмов и развитию дистресса [35].

Стрессоры, или стресс-сбивающие факторы, у спортсменов можно условно отнести к четырем категориям:

1. *Когнитивно-эмоциональные факторы*: чрезмерная физическая нагрузка, плохие отношения с тренером и товарищами по команде, неадекватное ожидание будущих спортивных результатов, отставание от группы лидеров.

2. *Факторы психоэмоционального и физического напряжения*: спортивные травмы, замечания тренера, вызывающие неуверенность, агрессивное поведение зрителей, присутствие близких людей на соревнованиях, нестандартные условия соревнований, чрезмерное волнение, отсутствие настроения на выступление.

3. *Климатогеографические факторы*: воздействие низких и высоких температур, ионизирующая радиация, влияние инфекционных и паразитарных факторов, акклиматизация.

4. *Индивидуально значимые факторы*: факторы, имеющие особую значимость и чувствительность для конкретного спортсмена [28].

По длительности воздействия стрессоры подразделяют на кратковременные и долговременные, или хронические. Кратковременный стрессор запускает стереотипные программы реагирования и мобили-

зации ресурсов. При хроническом воздействии происходит накопление неблагоприятных эффектов, что повышает риск стресс-ассоциированных нарушений и требует более длительного периода восстановления спортсмена.

Кратковременные стрессоры, как правило, действуют малыми и средними дозами и включают факторы, вызывающие страх, неприятные физиологические ощущения, необходимость срочного изменения темпа и скорости движения, конфликтные ситуации, неустойчивость внимания и неудачи при выполнении специфической работы.

Хронические стрессоры формируются в результате многократного повторения значимых стрессовых воздействий. К ним относятся последствия поражения на ответственных соревнованиях, неоправданные ожидания, дефицит финансовых ресурсов для полноценной подготовки, а также критические жизненные события, нагрузки, сопряженные с риском для жизни, и травматические ситуации со стойкими аффективными реакциями [44].

Согласно данным литературы, слабый и умеренный уровень стресса может сопровождаться более высокой результативностью, тогда как выраженный стресс, как правило, ухудшает соревновательные показатели [45]. Следовательно, для каждого спортсмена существует индивидуальный оптимум стрессовой активации, выход за пределы которого – как в сторону чрезмерного, так и недостаточного напряжения – отрицательно сказывается на результате.

В зависимости от типа высшей нервной деятельности, согласно представлениям И. П. Павлова, спортсмены по-разному реагируют на соревновательный стресс. При низком уровне стресса спортсмены как с сильной, так и со слабой нервной системой, как правило, воспроизводят результаты, демонстрируемые на тренировках. При высоком уровне стресса спортсмены с сильной и уравновешенной нервной системой снижают результат незначительно, тогда как у спортсменов со слабой нервной системой наблюдается его выраженное ухудшение [5]. В то же время Б. А. Вяткин показал, что для спортсменов слабого типа нервной деятельности оптимальными могут быть условия низкого стресса, тогда как спортсмены сильного типа нередко достигают наилучших результатов при среднем, а иногда и высоком уровне напряжения, сопровождающемся мобилизацией функциональных резервов [5].

В современной спортивной физиологии и психологии также изучено влияние соревновательного стресса в зависимости от свойств темпера-

мента – тревожности, импульсивности и эмоциональной возбудимости. Показано, что при низком уровне стресса тревожные, эмоционально возбудимые и импульсивные спортсмены способны показывать высокие результаты. Однако при усилении стресса у лиц с высокой возбудимостью спортивная результативность снижается.

Высокий уровень стресса сопровождается выраженными проявлениями тревоги, эмоционального возбуждения, аффективных реакций и избыточной невротизации. В практическом плане это проявляется нерешительностью, дискоординацией движений, нарушением музыкально-ритмического чувства и, как следствие, снижением спортивного результата [7; 12].

Специфика стресс-реакции в танцевальном спорте. Спортивные балльные танцы представляют собой сложный вид спортивной деятельности, сочетающий значительные физические нагрузки с высокими требованиями к эмоциональной выразительности, артистизму и координации движений [11; 19]. Именно поэтому танцевальный спорт рассматривается как высокоэмоциональный вид соревновательной деятельности, в котором психические нагрузки занимают существенное место [15; 34].

Согласно данным литературы, проблема оценки психического напряжения у спортсменов, занимающихся танцевальным спортом, разработана достаточно широко [5; 15]. Имеются исследования, посвященные как танцорам младших возрастных групп [2], так и студентам, занимающимся танцами. В целом подчеркивается, что устойчивость к стрессу связана с рядом психологических характеристик, включая позитивный настрой, способность конструктивно преодолевать действие стрессоров, умение выстраивать межличностные отношения, психологическую гибкость в конфликтных ситуациях и уверенность в себе [31].

Неблагоприятные последствия стресса и высокого психоэмоционального напряжения у спортсменов-танцоров многообразны. Они могут проявляться повышением риска спортивных травм [43], развитием дистресс-синдрома, невротических и иных нервно-психических расстройств [36; 37], заболеваниями желудочно-кишечного тракта [30], нарушениями обмена веществ, формированием неблагоприятных форм утомления – переутомления, перенапряжения и истощения [30], а также снижением мотивации и эмоциональным выгоранием [9; 31].

По данным литературы, к числу наиболее значимых стрессоров, формирующих стресс и высокий уровень психоэмоционального напряжения у танцоров, относятся соревновательный и организационный стресс,

дисфункциональные личностные свойства, повышающие восприимчивость спортсмена к действию стрессоров, интенсивные тренировочные нагрузки при недостаточном восстановлении, а также воздействие «изнурительной» танцевальной среды с жесткими требованиями и сложной системой культурных ценностей [31].

Для спортсменов, занимающихся спортивными балльными танцами, особенно значимыми факторами, способствующими развитию стресса и высокого психоэмоционального напряжения, являются разрыв отношений с партнером или партнершей, переход к другому тренеру, отсутствие взаимоуважения и понимания в паре, спортивные травмы и их последствия [30; 36], поражения на соревнованиях и заниженная, по мнению спортсмена, судейская оценка исполнения танцев [15]. Существенное значение имеет и дефицит финансовых ресурсов, который отрицательно влияет на спортивную карьеру, обучение и профессиональное развитие танцора [31].

Следует также учитывать влияние межличностных стрессоров на формирование высокого психоэмоционального напряжения у спортсменов-танцоров. К ним относят авторитарное давление со стороны тренеров и хореографов-постановщиков [32], воздействие сверстников на формирование образа танцора, его моральных ценностей и идеалов [30], а также влияние традиционных гендерных ролей [30; 32]. В литературе отдельно отмечается, что танцоры-мужчины чаще подвергаются насмешкам и оскорблениям в связи с принадлежностью к танцевальному спорту, чем спортсмены ряда других специализаций [31; 37].

Наблюдения, проведенные в условиях тренировочного процесса в классах хореографии, показывают, что средний уровень эмоциональной напряженности может повышать эффективность деятельности, что особенно характерно для периода заблаговременной подготовки к соревнованиям. В то же время как недостаточный, так и чрезмерный уровень эмоционального напряжения сопровождаются снижением эффективности соревновательной деятельности.

Высокий уровень эмоционального напряжения обуславливает скованность движений, мышечное напряжение, инертность, заторможенность психических процессов, хаотичность двигательных актов и несдержанность в общении. Неблагоприятно влияет и низкий уровень эмоционального напряжения, поскольку он сопровождается недостаточным включением физиологических механизмов адаптации, ухудшением внимания и концентрации, включая описанный Б. А. Вяткиным фено-

мен сужения внимания. При чрезмерном сужении внимания развивается выраженная невнимательность и ухудшается контроль за выполняемой деятельностью [3].

Для спортивных бальных танцев как парного вида спорта принципиально важно, что психоэмоциональное состояние одного партнера отражается на состоянии другого. В связи с этим неадекватное поведение одного из участников пары может провоцировать защитные реакции второго партнера, усиливая аффективность ответа и его неблагоприятное влияние на выполнение соревновательной нагрузки [2].

Методологические подходы к оценке функционального состояния спортсменов. Для оценки качества тренировочного процесса и прогнозирования соревновательной результативности в современной спортивной физиологии необходимо изучать функциональное состояние спортсменов как комплексную характеристику, отражающую способность организма адаптироваться к нагрузкам [14]. По определению А. С. Солодкова, функциональное состояние организма – это совокупность характеристик физиологических функций и психофизиологических качеств, которые несут наибольшую нагрузку в обеспечении профессиональной и поведенческой деятельности человека [23].

В настоящее время оценка функционального состояния спортсменов требует мультидисциплинарного подхода и должна охватывать физиологические, психофизиологические, психологические и иные компоненты адаптационного потенциала. В литературе выделяют энергетический, вегетативный, сенсорный, информационный, моторный и активационный компоненты функционального состояния, которые в совокупности обеспечивают эффективность спортивной деятельности [14].

В настоящее время наиболее перспективными считаются технологии оценки функционального состояния и резервов организма спортсменов с использованием программно-аппаратных диагностических комплексов и дистанционных регистраторов, работающих на базе цифровых платформ. Современная литература подчеркивает значение цифровизации для оперативной диагностики функциональных резервов и оценки готовности организма спортсмена к соревновательной деятельности [24].

Выделяют несколько вариантов оценки функционального состояния спортсменов [24]:

1. Измерение показателей функционального состояния в состоянии относительного покоя с проведением многофакторного или регрессион-

ного анализа с вычислением показателя, характеризующего функциональные резервы организма.

2. Оценка функционального состояния спортсмена с определением резервных возможностей на основании динамических изменений при проведении функциональных нагрузочных проб.

3. Оценка резервов отдельных органов и функциональных систем для определения функционального резерва деятельности органа или функциональной системы.

4. Оценка параметров функционального состояния центральной нервной системы с определением критериальных показателей: возбудимости, уравновешенности, силы и лабильности нервных процессов и степени проявления психомоторных способностей спортсмена [17].

Большое значение приобретает и дистанционное управление функциональным состоянием спортсмена на основе данных цифрового мониторинга. Использование мобильных приложений и переносных сенсорных систем позволяет организовать непрерывное наблюдение за рядом биомаркеров, включая показатели слюны и пота, параметры сердечно-сосудистой пульсовой волны и характеристики внешнего дыхания.

Роль variability сердечного ритма в оценке вегетативной регуляции. В соответствии с современными требованиями спортивной медицины, контроль состояния здоровья спортсменов, особенно высокой квалификации, должен осуществляться постоянно как в соревновательный, так и в подготовительный периоды. Существенную информацию как для тренера, так и для спортивного врача дают показатели variability сердечного ритма и variability артериального давления, особенно при их полисистемной оценке и использовании нагрузочных проб.

Вариability сердечного ритма является неинвазивным методом оценки вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы. Ее анализ позволяет судить о состоянии симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы [1; 33; 41]. Стандарты измерения variability сердечного ритма, разработанные рабочей группой Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии, включают временные и спектральные показатели, характеризующие активность различных звеньев вегетативной регуляции [33].

Спектральный анализ variability сердечного ритма позволяет выделять высокочастотный компонент (HF), отражающий активность

парасимпатического отдела, низкочастотный компонент (LF), связанный преимущественно с симпатическими влияниями, и компонент очень низких частот (VLF), отражающий активность надсегментарных уровней регуляции [1].

В спортивной физиологии накоплен значительный массив работ, посвященных вариабельности сердечного ритма у спортсменов различной квалификации и возраста [1; 9]. По ее параметрам выделены как благоприятные, так и неблагоприятные прогностические сочетания биологических типов, физических качеств и показателей функционального состояния, отражающие адаптационные возможности спортсменов и коррелирующие со спортивной результативностью.

У юных спринтеров описаны ранние предикторы успешности, выявляемые уже в подготовительном периоде спортивной подготовки [8]. В целом в спортивной физиологии показана существенная роль типологических характеристик вегетативного баланса в формировании показателей функционального состояния и спортивной результативности.

В научной литературе широко представлены подходы к оценке функционального состояния спортсменов с использованием метода вариационной пульсометрии. Он позволяет анализировать вегетативный баланс по вариабельности сердечного ритма, систолического и диастолического давления, а также дыхания. В качестве неблагоприятного прогностического признака рассматривается десинхроноз ритмов сердца, артериального давления и дыхания.

Принадлежность к определенному типу вегетативной регуляции вариабельности сердечного ритма позволяет судить о состоянии других регуляторных систем и эффективности нервно-мышечного аппарата с учетом спортивной специализации. По данным Макуниной О. А. и Шибковой Д. З., определение преобладающего типа вегетативной регуляции по спектральным характеристикам вариабельности сердечного ритма у спортсменов с разными типами волевой активности дает возможность прогнозировать функциональные возможности организма.

Применительно к танцорам высокой квалификации особого внимания заслуживают работы Н. Н. Захарьевой, выполненные совместно с Е. Р. Винокуровой (2014) и С. В. Сиротенко (2017). Авторами показана связь спортивной результативности танцоров с типом автономной регуляции: у симпатикотоников, по сравнению с нормотониками и ваготониками, чаще выявляются дизадаптивные варианты регуляции артериального давления и дыхания, меньшая длительность задержки дыхания

и времени устойчивости в позе Ромберга, более низкие значения теста PWC_{170} , а также меньший темп движения кистью и сниженная точность двигательных реакций по данным реакции на движущийся объект [8; 20].

Показано также, что паттерн дыхания оказывает значимое влияние на спортивную результативность. При высокой напряженности систем регуляции дыхательного ритма у танцоров отмечаются ухудшение пространственно-временных реакций центральной нервной системы по данным психофизиологических тестов, нарушение оценки времени, снижение умственной и физической работоспособности [20].

В диссертационном исследовании Смирновой Л. В. (2006) установлено, что у спортсменов-танцоров юношеского возраста при стандартном учебно-тренировочном процессе адаптация к нагрузкам сопровождается напряженным вегетативным балансом, преобладанием надсегментарного уровня регуляции хроно- и инотропной функции миокарда, избыточным вегетативным обеспечением деятельности и снижением объемных, скоростных и объемно-скоростных показателей биомеханики дыхания при физических нагрузках.

Показано, что под влиянием аэробных нагрузок у спортсменов-танцоров изменяется вариабельность показателей сердечно-сосудистой системы: возрастает общая мощность спектра ритма сердца, ударного объема и среднединамического давления. Изменения медленноволновой вариабельности центральной гемодинамики связывают со снижением активности надсегментарного уровня регуляции в диапазоне очень низких частот и увеличением флюктуаций в диапазонах низких и высоких частот. Повышение периферического кровотока, в свою очередь, обусловлено возрастанием активности местных факторов регуляции, что проявляется увеличением мощности спектра колебаний в диапазоне самых низких частот [22].

Психофизиологические характеристики функционального состояния танцовщиков. В настоящее время количество работ, посвященных особенностям функционального состояния танцоров высокой квалификации, остается ограниченным. Вместе с тем в исследованиях Н. Н. Захарьевой и ее школы установлены различия в рефлекторных реакциях центральной нервной системы у танцоров разного уровня подготовки [7; 12; 16]. В частности, показаны достоверные различия по данным психофизиологических тестов «Время реакции выбора» и «Индивидуальная минута» [7; 16].

Укорочение длительности индивидуальной минуты свидетельствует о повышенной тревожности и чрезмерном эмоциональном напряжении танцора, что неблагоприятно отражается на спортивной результативности. Напротив, удлинение индивидуальной минуты указывает на преобладание тормозных процессов в центральной нервной системе спортсмена и может обуславливать дисритмичность исполнения танцевальной программы [9; 16].

Кроме того, выявлены достоверные различия в тесте «Величина ошибок при измерении углов». Этот тест направлен на оценку пространственной ориентации, что имеет важное значение для искусства владения паркетом, а также для точного выполнения вращений и поворотов [16]. Методика основана на визуальной оценке величины углов, предъявляемых в случайном порядке, в градусах.

Одним из наиболее значимых методов оценки рефлекторной деятельности центральной нервной системы в спортивной физиологии является тест «Простая зрительно-моторная реакция» (ПЗМР). ПЗМР представляет собой элементарную форму произвольной реакции. Время ее выполнения зависит от типа сигнала, характера ответа, направленности внимания, установки, психического состояния испытуемого, а также от более устойчивых индивидуальных особенностей [9]. Использование данного теста позволяет выявлять степень психофизиологического напряжения и оценивать функциональное состояние спортсмена [9].

В работе Н. Н. Захарьевой и Е. И. Малиевой (2017) отмечены достоверные межгрупповые различия на 5-й и 7-й попытках теста. Существенные различия координационных способностей выявлены теми же авторами и в стабилметрических пробах. Так, в тесте «Мишень», выполненном на компьютерном стабиланализаторе с биологической обратной связью «Стабилан 01-2», у танцоров высокой квалификации обнаружены различия по длине траектории центра давления, скорости его перемещения и качеству функции равновесия [16].

Другим важным направлением оценки функционального состояния спортсменов является анализ сенсомоторного профиля рефлекторных реакций, позволяющий судить об эффективности работы сенсорного и центрального звеньев рефлекторной деятельности [17]. Неблагоприятный вариант сенсомоторного профиля может указывать на динамическое рассогласование биоритмов и сопровождаться реализацией психического стресса.

Для спортивных бальных танцев как вида спорта, требующего высокого уровня координационных способностей, существенное значение имеет оценка статодинамической устойчивости. Критерии ее оценки у спортсменов сложнокоординационных видов спорта разработаны В. Н. Болобаном с соавторами (2012).

В исследованиях танцоров высокой квалификации выявлены достоверные различия стабилметрических показателей в зависимости от уровня подготовленности [16]. Эти данные расширяют возможности качественной оценки координационных способностей танцоров и дифференциации их функционального состояния в зависимости от уровня спортивного мастерства [16].

В работе Michalska J. с соавторами (2018) показано, что экспертный уровень в балетном танце ассоциирован с более высоким уровнем статического и функционального равновесия. Профессиональные танцоры демонстрировали большую устойчивость при выполнении стабилметрических тестов по сравнению с непрофессионалами.

Нейроэндокринные механизмы регуляции стресс-реакции. Реализация стресс-реакции обеспечивается активацией гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, что сопровождается повышением уровня кортизола – основного стрессового гормона [27]. У спортсменов в условиях соревновательного стресса одновременно активируется симпатoadреналовая система, причем эта активация может происходить без выраженных сдвигов гомеостаза, соответствуя феномену «fight or flight» [38].

При психоэмоциональном стрессе активация симпатoadреналовой системы обеспечивает быструю мобилизацию ресурсов организма для эффективного реагирования на стрессор и нередко протекает без выраженных нарушений гомеостаза [38].

Уровень кортизола в слюне и плазме крови широко используется в качестве маркера стресс-реакции у спортсменов [21]. При этом оптимальным считается его умеренное повышение, тогда как чрезмерная или хроническая активация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси ведет к дезадаптации [27].

У спортсменов-танцоров в условиях соревновательной деятельности отмечается значительное повышение уровня кортизола, отражающее высокий уровень психоэмоционального напряжения [21]. Индивидуальные различия гормонального ответа на стресс при этом связаны с типологическими особенностями вегетативной регуляции [21].

При развитии стресса у спортсменов нередко наблюдается феномен диссоциации физиологических и психологических показателей [10]. Описаны случаи снижения спортивной результативности у представителей различных специализаций при отсутствии выраженных косвенных признаков стресса [10]. В литературе приведены и противоположные наблюдения: у лыжников-гонщиков при появлении симптомов стресса фиксировался рост технических результатов, однако одновременно ухудшались память и точность мышечных усилий.

В ряде источников отмечается, что в спорте высших достижений при определенных обстоятельствах – акклиматизации, изменении состояния здоровья спортсмена, высоком психоэмоциональном напряжении – даже стандартная физическая нагрузка может трансформироваться в чрезмерное стресс-воздействие, то есть дистресс [29]. В этих случаях патофизиологические и патобиохимические эффекты рассматриваются как следствие неадекватного реагирования адаптационных механизмов [29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ литературы показывает, что стресс в спортивной деятельности представляет собой системное явление, детерминированное активностью мотивации, трудностью решаемых задач и индивидуально-типологическими особенностями спортсмена. В зависимости от типа высшей нервной деятельности и свойств темперамента спортсмены демонстрируют неодинаковую устойчивость к стрессовым воздействиям и различную динамику спортивной результативности, причем для каждого из них существует собственный оптимальный уровень стрессовой активации.

В танцевальном спорте, предъявляющем высокие требования к эмоциональной устойчивости, координационной точности и партнерскому взаимодействию, значимыми факторами развития стресса выступают разрыв отношений в паре, переход к другому тренеру, отсутствие взаимоважения между партнерами, спортивные травмы, поражения на соревнованиях, заниженная судейская оценка, а также межличностные стрессоры, связанные с авторитарностью тренеров и влиянием сверстников. Высокий уровень психоэмоционального напряжения у танцоров приводит к скованности движений, мышечному напряжению, заторможенности психических процессов и снижению качества исполнения соревновательной программы, тогда как оптимальный уровень эмоцио-

нальной активации способствует мобилизации функциональных резервов и повышению эффективности соревновательной деятельности.

Вариабельность сердечного ритма является информативным методом оценки вегетативной регуляции у спортсменов-танцоров. Тип вегетативной регуляции – симпатикотония, нормотония или ваготония – определяет особенности адаптации к тренировочным и соревновательным нагрузкам и связан с показателями физической работоспособности и координационных способностей. В частности, у танцоров-симпатикотоников чаще выявляются дизадаптивные варианты регуляции артериального давления и дыхания, меньшая физическая работоспособность и сниженная точность двигательных реакций по сравнению с нормотониками и ваготониками.

Психофизиологическое тестирование, включающее оценку простой и сложной зрительно-моторных реакций, индивидуальной минуты, точности мышечных усилий и стабилметрических показателей, позволяет выявлять степень психоэмоционального напряжения и прогнозировать успешность соревновательной деятельности танцоров. Укорочение индивидуальной минуты свидетельствует о повышенной тревожности и чрезмерном эмоциональном напряжении, тогда как ее удлинение указывает на преобладание тормозных процессов в центральной нервной системе и может сопровождаться дисритмичностью исполнения танцевальной программы.

Нейроэндокринные механизмы регуляции стресс-реакции, опосредованные гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой осью и уровнем кортизола, играют ключевую роль в формировании как адаптивных, так и дезадаптивных реакций организма спортсмена. Умеренная активация этой оси способствует мобилизации функциональных резервов, тогда как ее хроническая гиперреактивность приводит к истощению и снижению спортивной результативности. Индивидуальные различия кортизолового ответа связаны с типологическими особенностями вегетативной регуляции.

Феномен диссоциации физиологических и психологических показателей при развитии стресса, при котором снижение спортивной результативности может происходить без явных косвенных признаков стресс-реакции или, напротив, сопровождаться ростом технических результатов на фоне появления ее симптомов, требует комплексного подхода к оценке функционального состояния спортсмена. Такой подход должен включать объективные физиологические методы – анализ вари-

абельности сердечного ритма, определение уровня кортизола, стабиллометрию – и психологическое тестирование.

Таким образом, интеграция данных о вегетативных, нейроэндокринных и психофизиологических механизмах регуляции стресс-реакции у спортсменов-танцоров создает основу для разработки индивидуализированных подходов к управлению тренировочным процессом, профилактике дезадаптации и повышению соревновательной результативности.

Информация о финансовой поддержке. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: Теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – № 3. – С. 108–127.
2. Васильева М.А., Козина Н.В. Особенности нервно-психического напряжения у спортсменов-юниоров, занимающихся спортивными бальными танцами // Медицинская психология в России: электрон. науч. журн. – 2015. – № 5(34).
3. Вяткин Б.А. Лекции по психологии интегральной индивидуальности человека. – Пермь: Перм. гос. пед. ун-т, 2000. – 179 с.
4. Вяткин Б.А. Роль темперамента в спортивной деятельности. – М.: Физкультура и спорт, 1978. – 134 с.
5. Вяткин Б.А. Управление психическим стрессом в спортивных соревнованиях. – М.: Физкультура и спорт, 1981. – 112 с.
6. Гуцол Л.О., Гузовская Е.В., Серебренникова С.Н., Семинский И.Ж. Стресс (общий адаптационный синдром): лекция // Байкальский медицинский журнал. – 2022. – Т. 1(1). – С. 70–80.
7. Захарьева Н.Н., Коняев И.Д., Абдрахманова И.В. Влияние психоэмоционального напряжения на психофизиологические характеристики и физические качества танцоров и танцовщиц высокой квалификации // Вестник антропологии. – 2021. – № 4. – С. 381–395.
8. Захарьева Н.Н., Винокурова Е.Р. Значение биотипологического подхода в тренировочном процессе танцоров высокой квалификации // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. – 2014. – № 1. – С. 26–30.
9. Захарьева Н.Н., Коняев И.Д. Особенности психофизиологических характеристик и вертикальной устойчивости танцоров с различным психо-

эмоциональным напряжением // Физиологическое сопровождение тренировочного процесса и занятий физической культурой. – Челябинск, 2020. – С. 82–85.

10. Захарьева Н.Н., Барчукова Г.В., Савкин Г.В. Физиологические и психологические характеристики функционального состояния бильярдистов при развитии соревновательного стресса // Физическое воспитание и спортивная тренировка. – 2023. – № 3(45). – С. 91–104.

11. Иванов В.Д., Пирожкова Ю.Д. Танцевальный спорт как вид спорта // Актуальные проблемы педагогики и психологии. – 2021. – Т. 2, № 4. – С. 27–36.

12. Коняев И.Д., Захарьева Н.Н., Алексеева С.И. Психофизиологические характеристики и физическая работоспособность танцоров с различной степенью психоэмоционального напряжения // Подготовка спортивного резерва. – Москва, 2020. – С. 204–212.

13. Коняев И.Д., Захарьева Н.Н. Физиологические механизмы и психологические факторы развития стресс-реакции у спортсменов высокой квалификации, занимающихся танцевальным спортом // Патогенез. – 2024. – Т. 22, № 2. – С. 5–12.

14. Левшин И.В., Солодков А.С., Поликарпочкин А.Н. Функциональные состояния в спорте // Теория и практика физической культуры. – 2013. – № 6. – С. 71–77.

15. Лысакова А.Н., Новицкая М.С. Психологические особенности спортивно-танцевальной деятельности // Вестник университета. – 2014. – № 2. – С. 254–258.

16. Малиева Е.И., Захарьева Н.Н. Особенности функционального состояния танцоров высокой квалификации // Совершенствование системы подготовки в танцевальном спорте. – М., 2017. – С. 36–39.

17. Нопин С.В. Нейродинамические характеристики сенсомоторных процессов спортсменов различных видов спорта // Современные вопросы биомедицины. – 2022. – Т. 6, № 1. – С. 162–170.

18. Селье Г. Очерки об адаптационном синдроме. – М.: Медгиз, 1960. – 266 с.

19. Серова Л.К., Чернышева Л.Г., Сидоров Е.И. Психологическая характеристика танцевального спорта // Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта. – 2019. – № 1(167). – С. 393–397.

20. Сиротенко С.В., Захарьева Н.Н. Функциональное состояние танцоров высокой квалификации с напряжением ритма дыхания в финале соревнований // Совершенствование системы подготовки в танцевальном спорте. – М., 2017. – С. 69–73.

21. Смелышева Л.Н., Захаров Е.В. Влияние эмоционального напряжения на содержание катехоламинов в плазме крови и слюне у лиц с различным тоном ВНС // Вестник Курганского государственного университета. – 2016. – № 2(41). – С. 19–22.

22. Смирнова Л.В. Функциональное состояние кардиореспираторной и вегетативной нервной системы спортсменов-танцоров юношеского возраста: дис. ... канд. биол. наук. – Челябинск, 2006. – 148 с.
23. Солодков А.С., Ашкинази С.М., Андрианов В.П. и др. Классификация функциональных состояний спортсменов и военнослужащих // Экстремальная деятельность человека. – 2017. – № 4(45). – С. 3–10.
24. Эрлих В.В., Шибкова Д.З., Байгужин П.А. Цифровизация технологий оперативной диагностики функциональных резервов и оценки подготовленности спортсменов // Человек. Спорт. Медицина. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 52–66.
25. Юнусова С.Г., Розенталь А.Н., Балтина Т.В. Стресс. Биологический и психологический аспекты // Ученые записки Казанского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. – 2008. – Т. 150, № 3. – С. 139–150.
26. Яковлев Е.В., Леонтьев О.В., Гневыхшев Е.Н. Психология стресса. – С-Пб.: Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕврАзЭС, 2020. – 94 с.
27. Dantas A.G., Alonso D.A., Sánchez-Miguel P.A. et al. Factors dancers associate with their body dissatisfaction // *Body Image*. – 2018. – Vol. 25. – P. 40–47.
28. Dwarika M.S., Haraldsen H.M. Mental health in dance: A scoping review // *Frontiers in Psychology*. – 2023. – Vol. 14: 1090645.
29. Godoy L.D., Rossignoli M.T., Delfino-Pereira P. et al. A Comprehensive Overview on Stress Neurobiology: Basic Concepts and Clinical Implications // *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. – 2018. – Vol. 12: 127.
30. Gomes A.R., Simões C., Morais C., Cunha R. Adaptation to stress in football athletes: The importance of cognitive appraisal // *Frontiers in Psychology*. – 2022. – Vol. 13: 939840.
31. Haraldsen H.M., Abrahamsen F.E., Solstad B.E., Halvari H. Composites of perfectionism and inauthenticity in relation to controlled motivation, performance anxiety and exhaustion among elite junior performers // *European Journal of Sport Science*. – 2021. – Vol. 21. – P. 428–438.
32. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // *European Heart Journal*. – 1996. – Vol. 17. – P. 354.
33. Ivanov V.D., Marandykina O.V. Dance sport: state, problems and ways of improvement / V.D. Ivanov, // *Physical Culture. Sport. Tourism. Motor Recreation*. – 2023. – Vol. 8, № 2. – P. 37–46.
34. Kalisch R., Köber G., Binder H. et al. The Frequent Stressor and Mental Health Monitoring-Paradigm: A Proposal for the Operationalization and Measurement of Resilience and the Identification of Resilience Processes in Longitudinal Observational Studies // *Frontiers in Psychology*. – 2021. – Vol. 12: 710493.
35. Leach J. Psychological factors in exceptional, extreme and torturous environments // *Extreme Physiology & Medicine*. – 2016. – Vol. 5. – P. 7.
36. Lopes Dos Santos M., Uftring M., Stahl C.A. et al. Stress in Academic and Athletic Performance in Collegiate Athletes: A Narrative Review of Sources and Monitoring Strategies // *Frontiers in Sports and Active Living*. – 2020. – Vol. 2: 42.

37. Risner D. Bullying victimisation and social support of adolescent male dance students: an analysis of findings // *Research in Dance Education*. – 2014. – Vol. 15. – P. 179–201.
38. Romaniuk V., Fedorchuk S. Fight or flight mechanism and sports activities: psychophysiological aspects // *European Psychiatry*. – 2023. – Vol. 66. – P. S622–S622.
39. Selye H.A Syndrome produced by Diverse Nocuous Agents // *Nature*. – 1936. – Vol. 138. – P. 32.
40. Selye H.A. Stress and the general adaptation syndrome // *British Medical Journal*. – 1950. – Vol. 1(4667). – P. 1383–1392.
41. Shaffer F., Ginsberg J.P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms // *Frontiers in Public Health*. – 2017. – Vol. 5: 258.
42. Tanguy G., Sagui E., Fabien Z. et al. Anxiety and Psycho-Physiological Stress Response to Competitive Sport Exercise // *Frontiers in Psychology*. – 2018. – Vol. 9: 1469.
43. Tossici G., Zurloni V., Nitri A. Stress and sport performance: a PNEI multidisciplinary approach // *Frontiers in Psychology*. – 2024. – Vol. 15: 1358771
44. van Winden D., van Rijn M., Savelsbergh J.P. et al. The Association Between Stress and Injury: A Prospective Cohort Study Among 186 First-Year Contemporary Dance Students // *Frontiers in Psychology*. – 2021. – Vol. 12: 770494.
45. van Winden D., van Rijn R.M., Savelsbergh G.J. et al. Limited coping skills, young age, and high BMI are risk factors for injuries in contemporary dance: a 1-year prospective study // *Frontiers in Psychology*. – 2020. – Vol. 11: 1452.

REFERENCES

1. Baevskij R.M. Variabel'nost' serdechnogo ritma: Teoreticheskie aspekty i vozmozhnosti klinicheskogo primeneniya // *Ul'trazvukovaya i funkcional'naya diagnostika*. – 2001. – № 3. – S. 108–127.
2. Vasil'eva M.A. Kozina N.V. Osobennosti nervno-psihicheskogo napryazheniya u sportsmenov-yuniorov, zanimayushchihsya sportivnymi bal'nymi tancami // *Medicinskaya psihologiya v Rossii: elektron. nauch. zhurn.* – 2015. – № 5(34).
3. Vyatkin B.A. Lekcii po psihologii integral'noj individual'nosti cheloveka. – Perm': Perm. gos. ped. un-t, 2000. – 179 s.
4. Vyatkin B.A. Rol' temperamenta v sportivnoj deyatel'nosti. – M.: Fizkul'tura i sport, 1978. – 134 s.
5. Vyatkin B.A. Upravlenie psihicheskim stressom v sportivnyh sorevnovaniyah. – M.: Fizkul'tura i sport, 1981. – 112 s.
6. Gucol L.O. Guzovskaya E.V., Serebrennikova S.N., Seminskij I.Zh. Stress (obshchij adaptacionnyj sindrom): lekciya // *Bajkal'skij medicinskij zhurnal*. – 2022. – 1(1). – S. 70–80.
7. Zahar'eva N.N., Konyaev I.D., Abdrahmanova I.V. Vliyanie psihoemocional'nogo napryazheniya na psihofiziologicheskie harakteristiki i fizicheskie kachest-

va tancorov i tancovshchic vysokoj kvalifikacii // Vestnik antropologii. – 2021. – № 4. – S. 381–395.

8. Zahar'eva N.N., Vinokurova E.R. Znachenie biotipologicheskogo podhoda v trenirovochnom processe tancorov vysokoj kvalifikacii // Fizicheskaya kul'tura: vospitanie, obrazovanie, trenirovka. – 2014. – № 1. – S. 26–30.

9. Zahar'eva N.N., Konyaev I.D. Osobennosti psihofiziologicheskikh harakteristik i vertikal'noj ustojchivosti tancorov s razlichnym psihoemocional'nym napryazheniem // Fiziologicheskoe soprovozhdenie trenirovochnogo processa i zanyatij fizicheskoy kul'turoj. – Chelyabinsk, 2020. – S. 82–85.

10. Zahar'eva N.N., Barchukova G.V., Savkin G.V. Fiziologicheskije i psihologicheskije harakteristiki funkcional'nogo sostoyaniya bil'yardistov pri razvitii sorevnovatel'nogo stressa // Fizicheskoe vospitanie i sportivnaya trenirovka. – 2023. – № 3(45). – S. 91–104.

11. Ivanov V.D., Pirozhkova Yu.D. Tanceval'nyj sport kak vid sporta // Aktual'nye problemy pedagogiki i psihologii. – 2021. – T. 2, № 4. – S. 27–36.

12. Konyaev I.D., Zahar'eva N.N., Alekseeva S.I. Psihofiziologicheskije harakteristiki i fizicheskaya rabotosposobnost' tancorov s razlichnoj stepen'yu psihoemocional'nogo napryazheniya // Podgotovka sportivnogo rezerva. – Moskva, 2020. – S. 204–212.

13. Konyaev I.D., Zahar'eva N.N. Fiziologicheskije mekhanizmy i psihologicheskije faktory razvitiya stress-reakcii u sportsmenov vysokoj kvalifikacii, zanimayushchih'sya tanceval'nym sportom // Patogenez. – 2024. – T. 22, № 2. – S. 5–12.

14. Levshin I.V., Solodkov A.S., Polikarpochkin A.N. Funkcional'nye sostoyaniya v sporte // Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury. – 2013. – № 6. – S. 71–77.

15. Lysakova A.N., Novickaya M.S. Psihologicheskije osobennosti sportivno-tanceval'noj deyatel'nosti // Vestnik universiteta. – 2014. – № 2. – S. 254–258.

16. Malieva E.I., Zahar'eva N.N. Osobennosti funkcionnal'nogo sostoyaniya tancorov vysokoj kvalifikacii // Sovershenstvovanie sistemy podgotovki v tanceval'nom sporte. – Moskva, 2017. – S. 36–39.

17. Nopin S.V. Nejrodinamicheskie harakteristiki sensomotornyh processov sportsmenov razlichnyh vidov sporta // Sovremennye voprosy biomeditsiny. – 2022. – T. 6, № 1. – S. 162–170.

18. Sel'e G.A. Ocherki ob adaptacionnom sindrome. – M.: Medgiz, 1960. – 266 s.

19. Serova L.K., Chernysheva L.G., Sidorov E I. Psihologicheskaya harakteristika tanceval'nogo sporta // Uchenye zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta. – 2019. – № 1(167). – S. 393–397.

20. Sirotenko S.V., Zahar'eva N.N. Funkcional'noe sostoyanie tancorov vysokoj kvalifikacii s napryazheniem ritma dyhaniya v finale sorevnovanij // Sovershenstvovanie sistemy podgotovki v tanceval'nom sporte. – M., 2017. – S. 69–73.

21. Smelysheva L.N., Zaharov E.V. Vliyanie emocional'nogo napryazheniya na sodержanie katekholaminov v plazme krovi i slyune u lic s razlichnym tonusom

VNS // Vestnik Kurganskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 2(41). – S. 19–22.

22. Smirnova L.V. Funkcional'noe sostoyanie kardiorespiratornoj i vegetativnoj nervnoj sistemy sportsmenov-tancorov yunosheskogo vozrasta: dis. ... kand. biol. nauk. – Chelyabinsk, 2006. – 148 s.

23. Solodkov A.S., Ashkinazi S.M., Andrianov V.P. i dr Klassifikaciya funkcionnal'nyh sostoyanij sportsmenov i voennosluzhashchih / Ekstremal'naya deyatel'nost' cheloveka. – 2017. – № 4(45). – S. 3–10.

24. Erlih V.V., Shibkova D.Z., Bajguzhin P.A. Cifrovizaciya tekhnologij operativnoj diagnostiki funkcionnal'nyh rezervov i ocenki podgotovlennosti sportsmenov // Chelovek. Sport. Medicina. – 2020. – T. 20, № 1. – S. 52–66.

25. Yunusova S.G., Rozental' A.N., Baltina T.V. Stress. Biologicheskij i psihologicheskij aspekty // Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye nauki. – 2008. – T. 150, № 3. – S. 139–150.

26. Yakovlev E.V., Leont'ev O.V., Gnevyshev E.N. Psihologiya stressa. – Sankt-Peterburg: Universitet pri Mezhpaparlamentskoj Assamblee EvrAzES, 2020. – 94 s.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

DOI: 10.46742/2072-8840-2026-86-2-153-162

УДК: 617.3+ 612.13+ 159.922.761

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИЙ НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ И СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ДЕТЕЙ С ПЛОСКОСТОПИЕМ РАЗЛИЧНОЙ ЭТИОЛОГИИ

Васько О.Н.¹, Ильясевич И.А.^{1,2}, Соколовский О.А.¹

¹ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии»,
Минск

²Белорусский государственный университет, Минск
malina117@yandex.ru

АННОТАЦИЯ. Работа посвящена сравнительному изучению особенностей функционального восстановления физиологических систем нижних конечностей в двух группах детей с плоскостопием после ее хирургической коррекции: I группа – дети с плоскостопием без структурной патологии позвоночника; II группа – дети с плоскостопием и сопутствующей сколиотической деформацией позвоночника. Хирургическая коррекция плоскостопия в обеих группах сопровождалась восстановлением сниженных функций нервно-мышечных и сосудистых систем нижних конечностей. Однако во II группе, даже в отдаленные сроки после проведенного лечения, на фоне общего снижения двигательной и гемодинамической функций сегментов голени и стопы, сохранялись признаки сенсомоторной недостаточности нервных трактов спинного мозга.

Ключевые слова: плоскостопие, короткое ахиллово сухожилие, дети, нейрофизиологическое и доплерографическое исследование, хирургическая коррекция, сколиотическая деформация позвоночника

Vasko O.N., Ilyasevich I.A., Sakalouski O.A.

Changes in the functions of the neuromuscular and vascular systems of the lower extremities in children with flat feet of various etiologies

ABSTRACT. This article presents a comparative study of the functional recovery of lower extremity physiological systems in two groups of children with flat feet following surgical correction. Group I included children with flat feet and no underlying structural spinal pathology; group II included children with flat feet and concomitant scoliotic spinal deformity. Surgical correction of flat feet in both groups resulted in restoration of impaired neuromuscular and vascular function in the lower extremities. However, in group II, even late after treatment, despite a general decline in motor and hemodynamic function in the lower leg and foot segments, signs of sensorimotor impairment of the spinal cord nerve tracts persisted.

Keywords: *flat feet, short achilles tendon, children, neurophysiological and doppler ultrasound examination, surgical correction, scoliotic spinal deformity*

Данные официальной статистики и результаты научных исследований последних десятилетий свидетельствуют о том, что показатели здоровья у детей школьного возраста значительно снизились [1, 2]. Одной из наиболее часто встречаемых патологий являются заболевания костно-мышечной системы и сопутствующие ей функциональные нарушения, приводящие к снижению функции опорно-двигательного аппарата [6]. В первую очередь описываются такие патологические состояния как отклонения физиологической оси позвоночника (нарушение осанки, сколиоз, кифоз) и различного вида ортопедические деформации стоп. Данные литературы свидетельствуют, что значимые нарушения осанки характерны для 30-35% школьников в возрастном диапазоне 6-15 лет [6]. Согласно статистике, достаточно часто различные пороки развития костно-мышечного аппарата могут встречаться одновременно и оказывать взаимоотношающее влияние друг на друга [3, 5]. Этиология патологии, при которой имеется наличие двух различных заболеваний опорно-двигательного аппарата, связанных единым патогенетическим механизмом, остается малоизученной, что может служить причиной недостаточной эффективности ее диагностики и предпринимаемых мер коррекции [4, 7].

Цель – дать сравнительную нейрофизиологическую характеристику особенностей восстановления функций нервно-мышечного и сосудистого аппарата нижних конечностей у детей с двусторонним плоскостопием различной этиологии, после хирургической коррекции деформации стоп.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Обследованы 22 мальчика с двусторонним плоскостопием, сопровождающимся укорочением ахиллова сухожилия, которые были разделены на две группы: I группа (n=12) – мальчики с деформацией стоп без структурной патологии позвоночника; II группа (n=10) – мальчики с деформацией стоп и сопутствующей S-образной грудопоясничной сколиотической деформацией позвоночника 3-4 степени. Изменения нейрофизиологических и доплерографических параметров определяли в обеих группах в динамике, на протяжении всего периода взросления этих детей от 4-7, далее 8-12 и до 13-16 лет. В период 10-12 лет всем

детям проводили хирургическую коррекцию компонентов деформации, суть которой заключалась в рассечении апоневроза икроножной мышцы в сочетании с артроризом подтаранного сустава. Контроль составили 18 здоровых мальчиков в возрасте 4-7, 8-12 и 13-16 лет.

С помощью суммарной электромиографии (ЭМГ) изучали функциональное состояние мышц нижних конечностей при помощи регистрации биоэлектрической активности (БА) при их максимальном напряжении.

Методом стимуляционной ЭМГ регистрировали Н- и М-потенциалы мышц голеней в ответ на электрическое раздражение большеберцового нерва в области подколенной ямки. Для анализа полученных данных использовали показатель рефлекторной возбудимости мышц голеней (N_{max}/M_{max}), определяемый в процентах (%) как отношение максимальной амплитуды М-ответа к максимальной амплитуде Н-рефлекса.

Для оценки проводимости восходящих нервных трактов спинного мозга (СМ) использовали метод соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП). Регистрировали коротколатентные ССВП-пики: сегментарный соматосенсорный пик (N_{22}), являющийся ответом нейронов поясничного утолщения СМ, и кортикальный соматосенсорный ответ (P_{37}), отражающий активацию соответствующей области первичной соматосенсорной коры. Оценивали амплитуду соматосенсорных потенциалов (мкВ), а также латентный период (мс). Рассчитывали время центрального сенсорного проведения импульса (*CCT – central conduction time*, $N_{22}-P_{38}$) по восходящим нервным трактам СМ как разницу латентных периодов кортикальных и сегментарных ССВП.

Для оценки состояния нисходящих моторных путей СМ и соответствующих двигательных корешков использовали метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Синхронно с магнитной стимуляцией регистрировали кортикальные и сегментарные моторные ответы (МО) мышц стоп (*m. extensor digitorum brevis*). Магнитный койл последовательно располагали в проекции соответствующих зон моторной коры головного мозга и на уровне поясничного (L2-L3) отдела позвоночника. Оценивали амплитуду МО (мВ) и латентный период (мс). Рассчитывали величину времени центрального моторного проведения импульса (ВЦМП) по кортико-люмбальным трактам СМ как разницу латентных периодов кортикальных и сегментарных МО.

По данным доплерографических исследований магистральных артерий и вен (*aa. и vv. femoralis, femoris superficialis, profunda femoris, poplitea, tibialis anterior, dorsalis pedis, tibialis posterior*) определяли сред-

ную скорость кровотока ($V_{\text{сред.}}$, см/с), диаметр (D , см), а также рассчитывали кровяной поток (л/мин) по формуле $0,06\pi(D/2)^2V_{\text{сред.}}$.

Оборудование: нейроусреднитель «Нейро-МВП» (Нейрософт, Россия), ультразвуковой сканер «HD-15» (Philips, USA).

Статистическая обработка. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью методов вариационной статистики (пакет прикладных программ «STATISTICA 12.0», StatSoft, США). Характер распределения анализировали с применением критерия Шапиро-Уилка. Применяли U критерий Манна-Уитни для независимых выборок и результаты представляли в виде медианы и интерквартильного размаха – Me (процентиль 25% – процентиль 75%). Различия считали достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$ при попарных сравнениях и $p \leq 0,01$ при множественных.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По данным суммарной ЭМГ у мальчиков I и II групп в возрасте 4-7 лет с отмечалось выраженное уменьшение ($p \leq 0,05$) относительно контроля величин БА *m. tibialis anterior* на 20% и 35%, соответственно, *m. extensor hallucis longus* – на 25% и 40%, *m. triceps surae* – на 28% и 35%.

Анализ функционального состояния мышц бедренного сегмента свидетельствовал о снижении функций у мальчиков II группы в среднем на 15% ($p \leq 0,05$) относительно нормативного диапазона, в то время как у детей I группы двигательная активность указанных мышц находилась в пределах контроля (амплитуда БА *m. quadriceps* составили 465,0 [415,0-481,0] мкВ при контроле 468,0 [420,0-516,0] мкВ, $p \leq 0,05$).

По данным стимуляционной ЭМГ в обеих группах пациентов отмечалось уменьшение ($p \leq 0,05$) величин индекса $H_{\text{max}}/M_{\text{max}}$ у мальчиков с плоскостопием, сопровождающимся укорочением ахиллова сухожилия, без структурной патологии позвоночника, в среднем до уровня 50%, а у мальчиков, где патология развития стопы сопровождалась сколиотической деформацией позвоночника – до 43% (контроль – в среднем до 53%).

Результаты ССВП- и ТМС-исследования до операции в I группе мальчиков свидетельствовали об уменьшении величин амплитуд сегментарных сенсорных и моторных ответов на 29-33% ($p \leq 0,05$). В группе мальчиков с плоскостопием, сопровождающимся укорочением ахиллова сухожилия, и сопутствующей S-образной сколиотической деформацией позвоночника, наряду со снижением амплитудных характеристик сег-

ментарных ССВП- и МО-пиков на 45%, отмечалось удлинение значений показателя ССТ на 15-20% ($p \leq 0,05$).

По данным доплерографического исследования у пациентов I группы изучаемые параметры периферического кровотока соответствовали контролю, в то время как во II группе отмечалось увеличение уровня артериального кровенаполнения различных сегментов нижних конечностей (значения КП а. femoralis превосходили контроль на 50%, а. femoris superficialis – на 42%, а profunda femoris – на 20%, а. poplitea – на 46%, а. tibialis anterior – на 40 %, а. dorsalis pedis – на 32%, а. tibialis posterior – на 15%, $p \leq 0,05$).

По мере взросления в обеих группах пациентов отмечалось прогрессирующее снижение БА всех групп мышц нижних конечностей, с преимущественной выраженностью у детей II группы (рисунок 1).

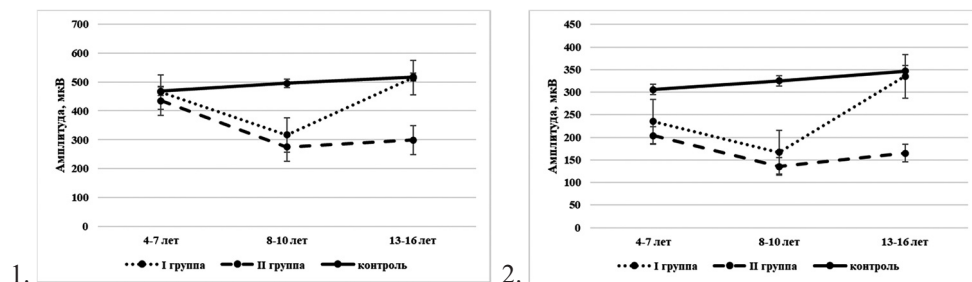


Рис. 1 – Изменение амплитуды биоэлектрической активности *m. vastus lateralis* (1) и *m. extensor hallucis longus* (2) у детей с двусторонним плоскостопием до и после хирургического лечения

Наряду со значимым уменьшением функций мышечного аппарата, наблюдалось постепенное снижение рефлекторной возбудимости мышц (значения индекса N_{\max}/M_{\max} составили в I и II группах 33% и 25%, соответственно) и сенсомоторной недостаточности нервных трактов СМ (таблица 1, 2).

Межгрупповым различием являлось то, что во II-ой группе, в отличие от группы, данные изменения отличались более широкой распространенностью: отмечался сенсомоторный дефицит не только на участке пояснично-крестцовых сегментов СМ, но и в вышележащих звеньях нервной системы, включая внутрицентральные афферентные пути спинного и головного мозга ($N_{22}-P_{37}$).

Ухудшение нервно-мышечных функций сопровождалось дальнейшей реорганизацией структуры периферического кровотока нижних

Таблица 1

Изменение параметров соматосенсорных вызванных потенциалов у детей с двусторонним плоскостопием до хирургического лечения

| Параметр | Возрастные группы | | | | | |
|--------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | 4-7 лет | | | 8-10 лет | | |
| | I группа | II группа | контроль | I группа | II группа | контроль |
| Амплитуда N22, мкВ | 2,7 [2,1-2,9]* | 2,1 [1,6-2,5]* | 4,0 [3,5-4,4] | 2,5 [1,8-2,5]* | 1,7 [1,0-2,0]* | 4,2 [3,8-4,6] |
| Амплитуда P37, мкВ | 3,8 [3,0-4,5] | 3,3 [2,8-3,7] | 4,0 [3,2-5,0] | 3,6 [3,0-4,5] | 2,7 [2,3-3,0]* | 4,5 [4,0-5,3] |
| ССТ, мс (N22- P37) | 19,0 [18,7-21,3] | 21,0 [20,0-22,1]* | 20,0 [19,5-21,4] | 20,0 [18,0-21,0]* | 20,8 [18,9-21,5]* | 15,5 [15,0-16,8] |

Примечание: * – изменения достоверны по отношению к контролю

Таблица 2

Изменение параметров транскраниальной магнитной стимуляции у детей с двусторонним плоскостопием до хирургического лечения

| Параметр | Возрастные группы | | | | | |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| | 4-7 лет | | | 8-10 лет | | |
| | I группа | II группа | контроль | I группа | II группа | контроль |
| Амплитуда кортикальных МО, мВ | 1,0 [0,8-1,4] | 0,9 [0,7-1,4]* | 1,0 [0,6-1,5] | 1,7 [1,1-2,0] | 1,2 [0,9-1,5]* | 1,5 [1,0-2,0] |
| Амплитуда сегментарных МО, мВ | 3,8 [3,0-4,5] | 2,3 [2,0-2,7]* | 1,9 [1,5-3,0] | 2,2 [1,1-2,9]* | 1,7 [1,3-2,1]* | 4,0 [3,2-4,8] |
| ВЦМП, мс | 18,0 [16,7-19,3] | 18,5 [17,0-21,0] | 18,5 [13,0-21,0] | 17,0 [16,5-17,4] | 18,8 [18,0-19,1]* | 17,0 [15,0-18,1] |

Примечание: * – изменения достоверны по отношению к контролю

конечностей. По сравнению с младшей возрастной группой у детей 8-10 лет с плоскостопием без сопутствующей структурной патологии позвоночника до хирургического лечения наблюдали постепенное увеличение скоростей кровотока по магистральным артериям всех сегментов нижних конечностей (по артериям бедренно-подколенного сегмента на 15-20% по сравнению с контролем, по артериям берцового сегмента и стоп – на 50%, $p \leq 0,05$). Во II группе, напротив, отмечалось прогрессирующее уменьшение уровня артериального кровенаполнения в сегментах голени и стопы (значения КП артерий берцового сегмента и стоп были уменьшены на 25-30% относительно контроля, $p \leq 0,05$) в сочетании с его компенсаторным увеличением в области бедренного сегмента (значения КП артерий бедренного сегмента превосходили контроль на 60-70%, $p \leq 0,05$).

После хирургической коррекции компонентов деформации стопы у всех детей отмечалась тенденция к постепенному восстановлению нервно-мышечных и сосудистых функций. В I группе пациентов к 13-16 годам отмечалась полная нормализация изучаемых нейрофизиологических и доплерографических параметров (рисунок 2, 3).

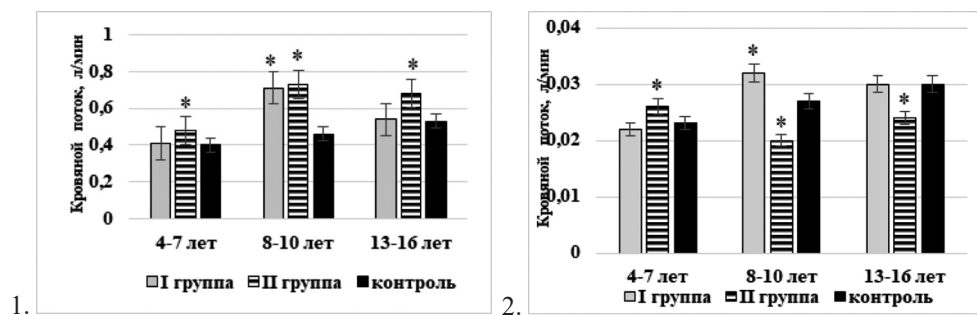


Рис.2 – Изменение уровня кровенаполнения *a. femoralis* (1) и *a. dorsalis pedis* (2) у детей с двусторонним плоскостопием до и после хирургического лечения

Примечание: * - изменения достоверны по отношению к контролю

В группе мальчиков, у которых плоскостопие сопровождалось наличием S-образной сколиотической деформации позвоночника, на фоне позитивной динамики величин БА мышц нижних конечностей, в 13-16 лет сохранялся дефицит сенсомоторной функции нервных трактов СМ (рисунок 3), выражавшийся в сохраняющемся уменьшении (на 30-50%, $p \geq 0,01$) величин амплитуд сегментарных ССВП-пиков и МО в сочетании с умеренным удлинением (на 10-15%, $p \geq 0,01$) значений ССТ

и ВЦМП ($p \geq 0,01$). Неполное восстановление нервно-мышечных функций сопровождалось в данной группе детей частичной нормализацией структуры регионарного кровотока, которая характеризовалась сохранением остаточного снижения артериального кровоснабжения тканей голеностопного сустава в сочетании с его увеличением в области бедер.

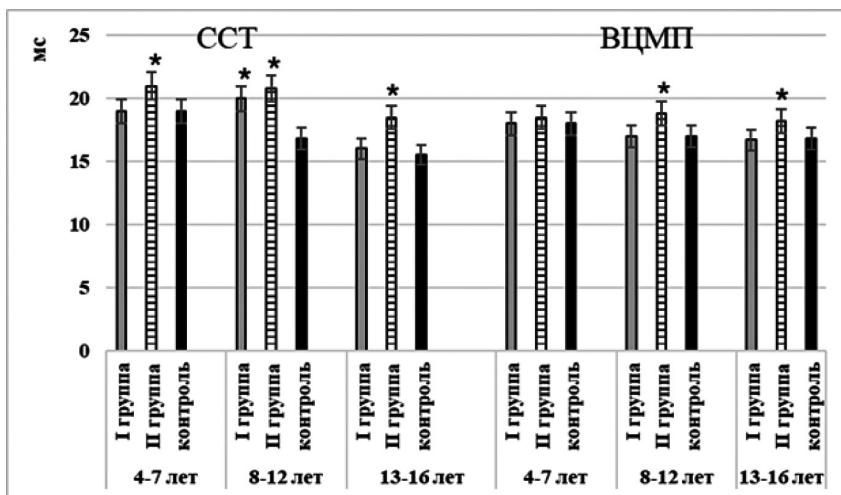


Рис. 3 Изменение величин показателей ССТ и ВЦМП у детей с двусторонним плоскостопием до и после хирургического лечения

Примечание: * - изменения достоверны по отношению к контролю

Таким образом, по сравнению с контролем у всех детей с плоскостопием, сопровождающимся укорочением ахиллова сухожилия, отмечалось снижение функционального состояния мышц бедер, голеней и стоп. Указанные изменения сопровождалось сенсомоторным дефицитом функции пояснично-крестцовых сегментов СМ у детей I группы и признаками сенсомоторной недостаточности кортико-люмбального тракта у детей II группы. Нарушение нервно-мышечных функций у всех детей с плоскостопием сопровождалось перестройкой структуры регионарного кровотока нижних конечностей.

По мере взросления, на фоне имеющейся патологии стоп и позвоночника отмечалось нарастание дисфункций периферических и центральных звеньев нервно-мышечного аппарата, а также сосудистой системы.

Хирургическая коррекция компонентов деформации сопровождалась восстановлением сниженных функций. Однако у детей II группы с двусторонним плоскостопием и сколиотической деформацией позвоночника, несмотря на наличие позитивной динамики двигательной

активности мышц нижних конечностей, даже в отдаленные сроки восстановительного периода сохранялся сенсомоторный дефицит нервных трактов СМ, что, в свою очередь, ограничивало дальнейшую нормализацию сосудистых функций.

Полученные результаты имели практическое значение для формирования функционального прогноза и учитывались при проведении реабилитационных мероприятий.

Идея и планирование работы, сбор и обработка данных – Васько О.Н.

Написание и редактирование статьи – Васько О.Н., Ильясевич И.А., Соколовский О.А.

Информация о финансовой поддержке. Работа выполнена в подпрограмме подпрограммы «Хирургические методы медицинской профилактики, диагностики и лечения заболеваний» государственной научно-технической программы «Научно-техническое обеспечение качества и доступности медицинских услуг».

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены решением локального биоэтического комитета ГУ «Республиканский научно-практический центр травматологии и ортопедии» от 06.08.2024 г.

Информированное согласие. Законные представители пациентов подписывали информированное согласие на участие в обследовании согласно форме, утвержденной ученым советом РНПЦ Травматологии и ортопедии от 14 декабря 2022 года (протокол №15).

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозерова Е.Ю., Сарапульцева П.А., Уточкин Ю.А. Нарушение опорно-двигательного аппарата у школьников // Наука через призму времени. – 2023. – № 12(81).
2. Литовченко О.Г., Закирова А.И. Функциональное состояние опорно-двигательного аппарата студентов (обзор литературы) // Российские биомедицинские исследования. – 2022. – Т. 7, № 3. – С. 43-50.
3. Маклакова О.А., Вандышева А.Ю., Толмачева О.Г., Эйсфельд Д.А. Особенности патологии опорно-двигательного аппарата у детей инновацион-

ного образовательного учреждения // Профилактическая и клиническая медицина. – 2020. – № 3(76). – С. 21-25.

4. Мамонова С.Б., Крылов В.Н., Сабурцев С.А. и др. Динамика некоторых вегетативных показателей у школьников при плоскостопии // Вестник новых медицинских исследований. – 2019. – Т. 26, № 4. – С.71-76.

5. Скрябин Е.Г., Шарыпова А.А. Взаимосвязь заболеваний позвоночника и стоп // Медицинская наука и образование Урала. – 2016. – № 2. – С. 45-48.

6. Юсупов З.Ш., Храмцов П.И. Концепция ранней диагностики деформации стоп у детей // Российский педиатрический журнал. – 2025. – № 28(4s). – С. 76-77.

7. Ablilash P.V., Roshan P.S.B., Anjana K. relationship between endurance and flat foot among college student // J. Sports Phys. Educ. – 2021. – Vol. 8, № 4. – P. 36-40.

REFERENCES

1. Belozeroва E.Yu., Sarapul'tseva P.A., Utochkin Yu.A. Narushenie oporno-dvigatel'nogo apparata u shkol'nikov // Nauka cherez prizmu vremeni. – 2023. – № 12(81).

2. Litovchenko O.G., Zakirova A.I. Funktsional'noe sostoyanie oporno-dvigatel'nogo apparata studentov (obzor literatury) // Rossijskie biomeditsinskie issledovaniya. – 2022. – Т. 7, № 3. – С. 43-50.

3. Maklakova O.A., Vandysheva A.Yu., Tolmacheva O.G., Ejsfel'd D.A. Osobenosti patologii oporno-dvigatel'nogo apparata u detej innovatsionnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya // Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina. – 2020. – № 3(76). – С. 21-25.

4. Mamonova S.B., Krylov V.N., Saburtsev S.A., Saburtsev A.I., Martusevich A.K. Dinamika nekotorykh vegetativnykh pokazatelej u shkol'nikov pri plokostopii // Vestnik novykh meditsinskih issledovaniy. – 2019. – Т. 26, № 4. – С.71-76.

5. Skryabin E.G., Sharypova A.A. Vzaimosvyaz' zabolevanij pozvonochnika i stop // Meditsinskaya nauka i obrazovanie Urala. – 2016. – № 2. – С. 45-48.

6. Yusupov Z.Sh., Khramtsov P.I. Kontseptsiya rannej diagnostiki deformatsii stop u detej // Rossijskij pediatricheskij zhurnal. – 2025. – № 28(4s). – С.76-77.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОГРЕССИРОВАНИЯ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Белова А.Н.¹, Галова Е.А.¹, Воробьева О.В.¹

¹ФГБОУ ВО "Приволжский исследовательский медицинский университет (ПИМУ)"

Министерства здравоохранения Российской Федерации

Нижний Новгород

e-mail: olgyshka1@yandex.ru

АННОТАЦИЯ. В нарративном обзоре дается краткое представление о понятии «искусственный интеллект» и таких методах ИИ, как машинное обучение и его компоненты (искусственные нейронные сети и глубокое обучение) в контексте задачи изучения прогноза при ИС. Рассмотрены разработанные к настоящему времени модели прогнозирования, основанные на результатах рутинного ортопедического осмотра, данных радиологической визуализации позвоночника и данных исследований, не предполагающих радиационную нагрузку на пациента, в частности – поверхностной топографии позвоночника. Представлены ограничения, связанные с широким внедрением прогностических моделей в рутинную клиническую практику. Сделан вывод о высоком потенциале моделей машинного обучения в прогнозировании прогрессирования ИС и о необходимости формирования больших массивов стандартизированных данных, интегрирующих клиничко-демографические и визуализационные показатели с приоритетным использованием метода поверхностной топографии позвоночника.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, прогнозирование, прогрессирование, дети, подростки, искусственный интеллект, машинное обучение

Belova A.N., Galova E.A., Vorobyova O.V.

Predicting the progression of idiopathic scoliosis in children and adolescents using artificial intelligence

ABSTRACT. This narrative review provides a brief overview of "artificial intelligence" the concept and AI methods such as machine learning and its components (artificial neural networks and deep learning) in the context of idiopathic scoliosis (IS) prediction. Currently developed prediction models based on the results of routine orthopedic examinations, radiological imaging spine data and non-radiological imaging data, such as surface spine topography, are discussed. The review also highlights the limitations associated with the widespread implementation of predictive models in routine clinical practice. Conclusion is made that machine learning models have a high potential for predicting the IS progression, but it is necessary to create large datasets of standardized data that integrate clinical, demographic, and imaging indicators, with a focus on using the surface topography spine method.

Keywords: *idiopathic scoliosis, prediction, progression, children, adolescents, artificial intelligence, machine learning*

Идиопатический сколиоз (ИС) детей и подростков – это трехмерная деформация позвоночника, которая характеризуется боковым искривлением позвоночника во фронтальной плоскости, нарушением физиологических изгибов позвоночника в сагиттальной плоскости и ротацией позвонков в аксиальной плоскости [2, 49, 71].

При ИС искривление во фронтальной плоскости составляет $>10^\circ$ [34]. ИС относится к самой распространенной ортопедической патологии детского возраста, при этом прогрессирование заболевания приводит к проблемам со стороны самых различных органов и систем организма [1, 9, 18, 21]. Тактика ведения пациента зависит от степени выраженности ИС: у детей со стадией биологической зрелости скелета 0-2 по классификации Риссер и при дуге менее 25° рекомендуют наблюдательную тактику; при искривлении от 25 до 40 градусов рекомендуют ортопедические корсеты и бандажи, а при сколиозе более $45-50^\circ$ – хирургическое вмешательство [44,75].

Как правило, первоначально пациенты, которые впервые обращаются к врачу, имеют легкую или умеренную степень сколиоза. Но врачу уже при первом обращении пациента важно иметь представления о возможной скорости прогрессирования сколиоза и риске значительного ухудшения в пубертатном периоде [13, 46]. Знание прогноза позволяет принимать решение по поводу тактики ведения пациентов (частота мониторинга выраженности искривления позвоночника, предполагаемые вмешательства) [38, 64]. Международная ассоциация консервативного лечения идиопатического сколиоза (International Scientific Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment, или SOSORT) рекомендует оценивать вероятность прогрессирования сколиоза при величине дуги более 20 градусов по Коббу для определения тактики лечения детей разных возрастных групп [44]. Искусственный интеллект (ИИ) открывает новые возможности в выявлении факторов, способствующих прогрессированию ИС, и в построении прогностических моделей.

Объект исследования – идиопатический сколиоз у детей и подростков.

Цель исследования: обзор современного состояния знаний, касающихся возможностей прогнозирования прогрессирования идиопатического сколиоза у детей и подростков на основе использования искусственного интеллекта.

Метод исследования.

Критический анализ данных литературы с обобщением имеющихся в настоящее время результатов оригинальных исследований по вопросу возможностей прогнозирования прогрессирования идиопатического сколиоза у детей и подростков на основе использования искусственного интеллекта. Для поиска и отбора необходимых источников были использованы электронно-библиотечные системы: отечественные (Elibrary, Российская медицина, Консультант врача, Букап, РГБ, ЭБ ПИМУ) и зарубежные (PubMed, Springer). Для поиска патентов использованы: отечественные базы данных ФИПС, INVENTORUS и зарубежная база данных Questel Orbit. В результате проведенного анализа 110 источников литературы проведен обзор современного состояния знаний о возможностях прогнозирования прогрессирования идиопатического сколиоза (ИС) у детей и подростков на основе использования искусственного интеллекта (ИИ).

Общие представления о факторах, влияющих на прогрессирование идиопатического сколиоза

ИС может развиваться в любое время в детстве и в подростковом возрасте, но чаще проявляется в периоды скачков роста, первый из которых приходится на сроки от 6 до 24 месяцев, затем в возрасте 5-8 лет, и, наконец, в период полового созревания (11-14 лет) [44, 48]. Под прогрессированием сколиоза обычно понимают увеличение угла Кобба между двумя последовательными визитами наблюдения пациента не менее чем на 5 – 10° [16, 22, 24, 27, 35, 47, 61, 63]. Некоторые специалисты считают пороговым значением для прогрессирования или отсутствия прогрессирования увеличение угла Кобба на 25 ° от начала заболевания до зрелости скелета [72, 73].

Прогрессирование искривления позвоночника определяется результатом взаимодействия множества факторов (генетическая предрасположенность, возраст, пол, зрелость скелета, биомеханика и морфология позвоночника, образ жизни) [1, 5, 12, 27, 35, 38, 45, 66]. Полагают, что патогенетический механизм прогрессирования ИС связан с асимметричной нагрузкой на пластинки роста тел позвонков вследствие первоначально возникшей кривизны позвоночника; асимметричное давление приводит к разным темпам энхондральной оссификации и к замедлению роста в зоне нагрузки (закон Гютера-Фолькмана), что усугубляет боковую деформацию позвоночника и вызывает аксиальную ротацию позвонков [35].

Наиболее быстро ИС прогрессирует в начале полового созревания [26, 77]. Согласно шкале Таннер, которая оценивает половое созревание [39], этот период соответствует стадиям S2 и P2 у девочек, T2 и P2 у мальчиков. Пубертатный скачок начинается с ускоренного продольного роста конечностей, и лишь затем начинается продольный рост осевого скелета, это период наиболее выраженного прогрессирования ИС [43]. Приблизительно спустя две трети временного периода пубертатного ростового скачка у девочек наступает менархе, что свидетельствует о прохождении пика роста, с постепенным снижением риска прогрессирования сколиоза. После завершения роста позвоночника вероятность прогрессирования сколиоза значительно снижается [33]. В более позднем возрасте прогрессирование ИС может происходить в результате деформаций и разрушения позвонков, что наблюдается, в том числе, при сколиозе, превышающем 30-50° [43]. При ИС менее 30° искривление часто остается стабильным, хотя возможны и неблагоприятные варианты течения с отсроченным риском ротационных вывихов позвонков [43].

При оценке риска прогрессирования ИС учитывают степени зрелости костного скелета, которую косвенно оценивают по шкалам Риссер и Сандерс. Напомним, что шкала Риссер (J.C. Risser) — это шкала для определения ростковой активности позвоночника путем оценки по рентгенограмме выраженности оссификации апофизов гребней крыльев подвздошных костей, где 0 означает полное отсутствие окостенения, а 5 — полное сращение подвздошного гребня, указывающее на окончание периода роста костей [51, 52]. Шкала Сандерс (Sanders maturity system, или SMS) оценивает зрелость скелета по рентгенограммам левой кисти, анализируя степень окостенения фаланг, пястных костей и лучевой кости [14, 54]

Важная прогностическая роль принадлежит показателям биомеханики позвоночника. Так, риск прогрессирования в начале полового созревания при сколиозе 10 градусов составляет всего 20%, при сколиозе 20 градусов и 30 градусов – соответственно 60% и 90% [11]. К завершению полового созревания (при достижении не менее II степени по Риссеру) риск прогрессирования деформации значительно снижается, до 2% при сколиозе 10°, 20% при сколиозе 20° и 30% при сколиозе 30°; прогноз в отношении прогрессирования ИС более благоприятен для мальчиков [7]. Было высказано предположение, что грудной кифоз в сочетании с аксиальной ротацией позвоночника при ИС носит скорее компенсаторный характер и не способствует прогрессированию искривления

во фронтальной плоскости [52]. На вероятность прогрессирования сколиоза может влиять положение таза, играющего важную роль в определении сагиттального баланса позвоночника [55], Немаловажную роль играет также мышечная активность [43].

Систематический обзор 28 исследований (8255 пациентов) позволил идентифицировать наиболее важные клинико-демографические и рентгенологические критерии, указывающие при первом обращении пациента на высокий риск прогрессирования искривления позвоночника [34]. К таким признакам относятся: возраст <13 лет, семейный анамнез, скорость роста (7 – 8 см/год и более), минеральная плотность костной ткани по данным количественной КТ <110 мг/см³, начальная величина угла Кобба >25 градусов, локализация искривления (грудная ординарная или двойная дуга), зрелость скелета по шкале Риссера <1 или по шкале Сандерса <5 [34].

Опубликованы данные о роли генетической предрасположенности к прогрессированию ИС [66], был даже разработан прогностический тест, основанный на выявлении полиморфизма определенных генов (ScoliScore) [74], однако надежность этого теста остается пока неопределенной [53].

На протяжении уже многих лет разрабатываются способы прогнозирования вероятности прогрессирования ИС. В качестве возможных детерминант повышенного риска прогрессирования сколиоза предложены такие факторы, как отягощенный семейный анамнез, дефект соединительной ткани (гипермобильность суставов, проявления со стороны кожи), сглаживание физиологического грудного кифоза, скачок роста, ротация туловища более 10° [44]. Одним из наиболее доступных в клинике методов является метод Лонштейна и Карлсона, разработанный в 1984 году; согласно этому методу, вероятность прогрессирования искривления позвоночника в процессе роста рассчитывается на основе начального угла Кобба, оценке по шкале Риссера и возраста пациента. Этот метод удобно применять в реальной клинической практике для своевременного принятия мер по коррекции терапии ИС, однако его точность, ввиду широкого диапазона нормативных значений у здоровых детей, относительно невысокая [44].

Появление искусственного интеллекта дает потенциальную возможность усовершенствовать методы прогнозирования течения ИС за счёт интеграции более широкого спектра данных, включая данные визуализации и клинические параметры, и постоянного обновления моделей прогнозирования с учётом новых данных пациентов [38,73].

Общие представления об искусственном интеллекте

Термином «искусственный интеллект» (ИИ) обозначают технологии, позволяющие анализировать большие массивы данных и решать задачи, которые обычно связаны с человеческим интеллектом (распознавание закономерностей, классификация признаков, прогнозирование, построение гипотез [20, 30, 40, 41, 60, 67]. ИИ представляет собой «зонтичный» термин, поскольку охватывает широкий спектр технологий [15, 20, 67]. «Слабый», или «прикладной» ИИ предназначен для выполнения конкретной задачи и не имеет возможностей саморазвития, тогда как «сильный» ИИ способен имитировать свойства естественного интеллекта человека – такие, как способность к восприятию, обучению, концептуализации, распознаванию проблем, разработке решений, планированию, общению [10, 15, 20, 67]. ИИ способен анализировать большие массивы данных со значительно большей точностью и скоростью, чем мозг человека, поэтому перспективы использования ИИ в медицине связывают с решением задач диагностики, прогнозирования, выбора терапии [20, 30, 67]. В отношении ИС перспективы применения ИИ связывают с выполнением автоматического анализа рентгенограмм, с диагностикой ИС и классификацией типов искривления позвоночника, прогнозированием прогрессирования сколиоза.

В исследованиях, которые касаются медицинских аспектов, наиболее часто применяют такие методы ИИ, как машинное обучение и его компоненты – искусственные нейронные сети и глубокое обучение [16, 20, 35, 59, 61, 63].

Машинное обучение (МО) относится к одному из подмножеств ИИ. МО включает разработку алгоритмов и статистических моделей, которые направлены на решение конкретных задач: выявление взаимосвязей в больших выборках данных, распознавание прогностических паттернов заболевания, принятие решений по поводу тактики ведения пациента [37]. С помощью алгоритмов МО ИИ получает возможность использования обработанных данных для самообучения, при этом дополнительное программирование не требуется [15]. Обучающие модели МО, в зависимости от цели исследования, могут быть разных типов: контролируемые, неконтролируемые, полуконтролируемые, с подкреплением [37].

Контролируемое МО (МО «с учителем») предполагает использование наборов размеченных данных: показатели «на выходе» отображены на основе имеющихся знаний, т.е. они известны исследователю, а компьютерная программа сопоставляет входные и выходные данные

и таким образом обучается. В частности, контролируемое обучение используется для решения задачи классификации признаков, для прогнозирования течения заболевания [4, 23]. Частные алгоритмы контролируемого МО, выбор которых диктуется целью исследования, включают метод К-ближайших соседей (k-NN), метод случайного леса (в том числе, градиентный бустинг деревьев решений), логистическую регрессию, метод опорных векторов и другие [4, 23, 24, 27, 42, 64]. Так, например, метод случайного леса был применен для прогнозирования изменений угла Кобба у подростков с ИС: для определения наиболее важных прогностических признаков и оптимизации прогностической модели был использован метод последовательного обратного флотирующего отбора (sequential backward floating selection, или SBFS, англ.) [4]. В другом исследовании для обучения прогностической модели и выделения независимых прогностических компонентов авторы применяли метод независимого компонентного анализа [23]. Контролируемое МО позволяет создавать предиктивные модели для оценки будущих изменений формы позвоночника на основе его исходного состояния, отображать морфологические изменения позвоночника в последовательных временных интервалах [35].

Важным преимуществом контролируемого МО является их «прозрачность» (понимание того, как модель достигла конкретных прогнозов) благодаря четким принципам выбора соседей и признаков, используемых для классификации [62, 64]. Так, деревья решений разделяют данные на основе определенных условий или пороговых значений признаков, причем каждый «узел» представляет собой легко интерпретируемое правило решения (например, «Угол Кобба > 25 градусов?») [27]. Настраиваемый алгоритм k-NN превосходно справился с уникальными характеристиками прогрессирования и тяжести ИС, используя специфические признаки анализа топографии спины [24].

Неконтролируемое МО (МО «без учителя») основано на том, что компьютерная программа самостоятельно изучает и учится группировать неразмеченные и неструктурированные данные. Для такого рода алгоритмов МО требуется большой массив немаркированных обучающих данных, на основании которых машина обучается находить базовую структуру, извлекать признаки и шаблоны. Алгоритмы неконтролируемого МО применяют при необходимости выявить связи между переменными, сформировать кластеры (сгруппировать неразмеченные данные исходя из их сходств и различий), снизить размерность, т.е.

сократить объем исходных данных до управляемого при сохранении их целостности. Неконтролируемые методы МО включают априорные алгоритмы, анализ главных компонент, сингулярное разложение, метод k -средних и иерархическая кластеризация [15]. При *полуконтролируемом* МО вводятся небольшие объемы размеченных данных, дополняющие массив данных, которые не имеют меток; обучившись выявлению связей в структурированных данных, компьютерная программа приступает к обработке массива неразмеченных показателей.

Искусственные нейронные сети (ИНС) относятся к алгоритмам МО, имитирующим биологические нейронные сети в головном мозге: связанные между собой узлы («искусственные нейроны»), которые передают сигналы, группируются в слои, наподобие строения коры головного мозга [29, 36, 57, 65]. Использование топологий ИНС лежит в основе *глубокого обучения* (ГО) – такого вида МО, при котором процессы обучения и принятия решений происходят по аналогии с работой человеческого мозга [59, 61, 72]. При этом обрабатываются очень большие массивы разрозненных данных, выполняется взаимодействие нескольких слоев сети с извлечением все более и более высокоуровневых выходных данных [63]. Разновидностями ИНС являются сверточные нейронные цепи (convolutional neural networks, англ., или CNNs, англ.) [63]. Однако при использовании классических CNNs возникают сложности со структурированием данных, касающихся топографии позвоночника [35]. Эти проблемы помогает решать использование метода диффузионно-сверточных нейронных цепей (diffusion convolutional neural network, или DCNN, англ) [6]. Метод DCNN, позволяющий повысить эффективность прогнозирования при одновременном снижении сложности предварительной обработки данных, применяют при анализе рентгеновских снимков позвоночника [73]. Алгоритмы глубокого обучения на основе сверточных нейронных цепей обладают высоким потенциалом для выявления закономерностей, связанных с прогрессирующим искривлением позвоночника; при этом успех прогнозирования зависит от количества и качества обучающих данных [35]. Точность прогностической модели, основанной на DCNN, может критически снижаться при исключении из нее ключевых клинико-демографических параметров, таких, как пол, возраст, скорость роста, маркеры зрелости скелета [63].

Еще одной разновидностью ИНС является капсульная нейронная сеть (*capsule neural network*, или CapsNet, англ), предназначенная для распознавания изображений, в том числе, рентгенограмм позвоночника

[35]. В отличие от сверточных цепей, CapsNet позволяют распознавать сложные пространственные иерархические отношения (ротация и торсия позвонков), выделять наиболее важные аспекты изображения [72]. Интеграция двухмерных рентгеновских изображений с клиническими данными расширяет прогностические возможности моделей, основанных на CapsNet [16].

В прогностических моделях ИС используют также такие варианты ИНС, как рекуррентная нейронная сеть (recurrent neural network, или RNN, англ.), расширяющая возможность отслеживания изменений сколиоза во времени, и сверточная цепь с механизмами внимания (convolutional neural networks with attention mechanisms, англ), улучшающая способность модели распознавать приоритетные показатели изображений. [35, 37, 57].

Основным недостатком моделей, построенных с помощью ИНС, является эффект «черного ящика»: клиницистам, независимо от конкретной области применения ИИ, сложно принять результаты работы модели, поскольку недостаточно информации, каким образом модель принимает решения и строит прогноз.

Разработка модели прогнозирования прогрессирования ИС на базе МО включает в себя несколько этапов [35]: сбор данных у пациентов с подтвержденным диагнозом ИС, форматирование этих данных для последующего анализа; извлечение из базы данных релевантных признаков; выбор метода модели, обучение модели, валидация и тестирование модели на предмет правильности прогноза; продолжающийся сбор данных и доработка модели для повышения точности прогноза.

Способы оценки эффективности прогностических моделей

Для оценки эффективности прогностических моделей и точности прогноз прогрессирования ИС наиболее часто используют ROC-кривые, показатель среднеквадратичной ошибки (Root Mean Square Error, или RMSE, англ.), показатель точности прогноза [35]. ROC-кривая (Receiver Operating Characteristic Curve, или Кривая операционных характеристик приемника) – это график, демонстрирующий взаимосвязь между чувствительностью и специфичностью модели; идеальная модель имеет высокую чувствительность и низкий уровень ложноположительных срабатываний. Показатель площади под ROC-кривой (AUC) обычно находится в диапазоне от 0,5 до 1, где 0,5 указывает на случайное угадывание, а 1 — на идеальную модель. RMSE чаще применяют для оценки точности прогнозирования регрессионных моделей. Разница между

фактическим и прогнозируемым значениями возводится в квадрат, затем суммируется, усредняется, и из нее извлекается квадратный корень. Чем ниже этот показатель, тем ниже ошибка и тем выше эффективность прогнозирования. Точность прогноза рассчитывается как отношение правильно предсказанных результатов к общему количеству проанализированных результатов.

Примеры прогностических моделей, основанных на алгоритмах искусственного интеллекта и касающихся прогнозирования прогрессирования идиопатического сколиоза у детей и подростков

Прогностические модели, оценивающие вероятность прогрессирования ИС у детей и подростков, обычно включают клинико-демографические показатели, данные ортопедического осмотра, параметры рентгенограмм и иных методов визуализации позвоночника [37, 46, 64].

Модели, основанные на результатах рутинного ортопедического осмотра

Для клиницистов важно иметь прогностический инструмент, основанный на тех показателях, измерение которых не требует инвазивных либо дорогостоящих вмешательств. Анализируемые клинико-демографические данные могут быть категориальными (пол, пользование ортезом) и количественными (возраст, рост в положениях сидя и стоя, масса тела, биомеханические показатели). Интересны исследования, выявлявшие факторы риска ИС на основе параметров, полученных в ходе базовых медицинских осмотров детей и подростков и с использованием различных методов машинного обучения на наличие ИС [37, 64]. Так, В.Уан и коллеги провели обследование 884 детей и подростков со сколиозом (угол Кобба $\geq 10^\circ$) и 895 детей без сколиоза. Испытуемые проходили визуальный осмотр и рутинные измерения с помощью курвиметра, сколиометра и теста Адамса на наклон вперед. Прогностическая модель строилась на основе метода логистической регрессии и проверялась с помощью ROC-кривых. Биомеханическими предикторами риска развития ИС оказались следующие показатели: угол ротации грудного отдела, угол ротации грудопоясничного отдела, угол ротации поясничного отдела, наклон лопатки, разница высоты плеч, вогнутость поясницы и наклон таза; чувствительность и специфичность модели составляли 82-83% [64].

Ретроспективный анализ данных 1732 детей и подростков с ИС и без ИС, выполнений с применением искусственных нейронных сетей, также подтвердил, что к факторам риска прогрессирования ИС относятся

угол поворота поясничного отдела, наклон лопатки, разница в высоте плеч, вогнутость поясничного отдела и наклон таза [37]. В исследовании канадских ученых также показана возможность прогнозирования конечного угла Кобба к моменту зрелости скелета или непосредственно перед операцией с использованием линейной модели, использовавшей в качестве предикторов трёхмерные параметры позвоночника и клинические параметры [42]. Эти исследования демонстрируют, что оценка риска развития и прогрессирования ИС возможна на основе рутинного скрининга сколиоза и алгоритма машинного обучения, такие модели могут обладать высокой диагностической эффективностью и служить помощником при принятии решений и мониторинге ИС [37, 64].

Модели, основанные на данных радиологической визуализации позвоночника

Результаты измерения углов и расстояний, проводимых вручную, могут значительно различаться в зависимости от уровня подготовки и опыта врача, что не может не сказаться на точности прогнозирования. Более объективные данные могут быть получены при анализе рентгенограмм, компьютерной томографии (КТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ) позвоночника.

Двухмерная рентгенография позвоночника (переднезадняя и боковая проекции) дает возможность количественно оценить показатели искривления позвоночника в двух плоскостях (угол Кобба, исходные углы поясничного лордоза и грудного кифоза), а также косвенно судить о степени зрелости костной ткани (по шкалам Риссера и SMS). Так, L. Dolan и коллеги по данным 115 ранее нелеченых пациентов в возрасте 9-16 лет с ИС разработали математическую модель для предсказания прогрессирования сколиоза до угла 45 градусов либо до хирургического вмешательства. Модель была разработана на основе алгоритма логистической регрессии, предикторами были угол Кобба, тип искривления и стадия зрелости скелета по шкале SMS. Авторы продемонстрировали высокую надежность и предсказательную валидность модели, позволяющую при исходной оценке ребенка или подростка определить степень риска дальнейшего прогрессирования сколиоза [17].

Как правило, в прогностических моделях рентгенологические признаки комбинируются с клинико-демографическими. Так, K.Chu и коллеги разработали модель прогнозирования ИС у подростков с использованием глубокого обучения и CapsNet [16]. Входными данными для обучения системы служили пол, возраст, масса тела, рост в положениях

стоя и сидя размах рук, показатели зрелости костной ткани, зарегистрированные при первом обращении пациента, и показатели выполненных в двух проекциях рентгенограмм. Выходными данными являлся показатель прогрессирования сколиоза. Предсказательная валидность модели составила 82% [16].

На основе МО разрабатываются новые интеллектуальные системы для автоматической диагностики сколиоза по фронтальным рентгенограммам позвоночника [3]. Новые перспективы открывают также современные технологии трехмерной (3D) реконструкции медицинских изображений в подробные 3D-визуализации, которые используют специализированное компьютерное программное обеспечение для преобразования традиционных двухмерных (2D) медицинских изображений, таких как рентгеновские снимки, КТ и МРТ [19, 23]. Поскольку ИС представляет собой трехмерную деформацию позвоночника, изображения в 3D режиме могут стать источником информации для более точного прогноза относительно прогрессирования сколиоза [42, 61, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74]. При этом современные технологии МО позволяют исследовать трёхмерные модели позвоночника, полученные на основе ретроспективных бипланарных рентгеновских снимков [23]. Систематический обзор 31 публикации, выполненный исследователями из Китая, показал, что предикторами прогрессирования ИС при анализе 3D изображений являются два показателя: торсионный индекс и угол ротации апикального позвонка (позвонка в вершинной части сколиотической дуги) вокруг его продольной оси. Торсионный индекс $> 3.4^\circ$ и апикальная ротация позвонков $> 5.8^\circ$ при исходном осмотре свидетельствуют о том, что в последующем будет происходить увеличение дуги сколиоза. Интересно, что угол Кобба оказался слабым предиктором прогрессирования в тех случаях, когда его значение при первоначальном исследовании было менее 25 градусов [71].

Радиографические исследования остаются «клиническим золотым стандартом» при исследовании детей и подростков со сколиозом [16, 63, 72, 73]. Однако следует учитывать, что повторное воздействие ионизирующего излучения связано с повышенным риском развития онкологических заболеваний, что требует использования в целях прогнозирования нерадиоактивных методов оценки [56].

Модели, основанные на результатах визуализации позвоночника без лучевой нагрузки

Применяемые для оценки ИС методы визуализации, которые не предполагают использование радиации, могут быть прямыми (магнитно-ре-

зонансная томография, или МРТ, и ультразвуковое исследование, или УЗИ) и косвенными (поверхностная топография позвоночника, или ПТП) [8, 31]. Согласно систематическому обзору и мета-анализу ионизирующих методов мониторинга сколиоза, наиболее высокую корреляцию с рентгенологическими показателями продемонстрировала МРТ, выполняемая в положении пациента стоя, и УЗИ позвоночника [8]. Однако широкое клиническое применение МРТ и УЗИ позвоночника остается ограниченным из-за значительной стоимости, ограниченной доступности и длительной продолжительности исследования [8]. Наиболее перспективной альтернативой ионизирующим методам представляется ПТП, надежность и валидность которой также подтверждена отдельными исследованиями, систематическими обзорами и мета-анализом, за исключением случаев с высокими индексами массы тела или с выраженными искривлениями позвоночника) [8, 25, 32]. Подход к использованию топографии позвоночника для оценки сколиоза получил название “back-shape-to-spine” («от формы спины к позвоночнику») [28]. Бесконтактный метод ПТП использует оптические технологии для получения реконструированных 3D-изображений позвоночника, позволяет собирать данные в режиме реального времени, является значительно менее затратным в сравнении с другими методами визуализации; к настоящему времени разработано достаточно большое число программно-аппаратных комплексов для ПТП, основанных на передовых технологиях визуализации [58]. Так, система DIERS Formetric 4D использует проекцию световой сетки и маркеры, наклеиваемые на тело человека; испытуемый медленно идет по беговой дорожке, при этом выполняется анализ набора из большого числа формметрических параметров [47]. Методики 3D-лазерного сканирования с использованием комплекса VIVID 910 предполагают, что пациент неподвижно стоит, маркеры не используются, выполняется захват изображения со всех сторон туловища с последующей обработкой данных и созданием комплексной 3D-модели позвоночника. [22, 76]. Разработаны методы, которые предполагают использование смартфонов для фотографирования спины и воссозданием изображения позвоночника [62]. В российской клинической практике широко используется отечественная система компьютерной оптической топографии позвоночника.

Прогресс в исследованиях, основанных на ПТП, прошёл путь от базовых определений прогрессирования/отсутствия прогрессирования сколиоза до прогнозирования прогрессирования угла Кобба у пациен-

тов с прогрессирующим заболеванием на основе МО [22, 47, 50, 62]. Так, на основе глубокого обучения была разработана прогностическая модель, которая анализирует фотографию спины, полученную с помощью смартфона; анализ данных 2158 пациентов, показал, что эта модель имела аналогичную или улучшенную чувствительность и отрицательные прогностические значения при оценке тяжести ИС и риска прогрессирования в сравнении с мнением экспертов-ортопедов [62]. Чувствительность и специфичность еще одной модели, использовавшей данные ПТП и алгоритм контролируемого МО для прогнозирования прогрессирования искривления позвоночника у подростков с ИС, составила 73% и 44% соответственно, отрицательная и положительная прогностическая ценность оказались равными 83% и 30% соответственно, точность 51% [22]. Другой пользовательский алгоритм классификации ИС по данным ПТП, также разработанный на основе контролируемого МО, позволил предсказывать прогрессирование кривой сколиоза с точностью 93% (чувствительность = 83%; специфичность = 95%) [24].

Применение ПТП в целях прогнозирования обеспечивает безлучевой метод последующего наблюдения за пациентами, особенно в лёгких случаях, потенциально снижая дозу облучения на 31% [22] и 74% [24] соответственно. Однако разработанные прогностические модели основаны на отдельных изображениях ПТП и небольшом количестве клинических параметров; кроме того, ПТП косвенно отражает состояние скелета, поэтому такие факторы, как масса тела и мышечный дисбаланс, также могут влиять на результаты прогнозирования [22, 76].

Методы машинного обучения стали использовать для оценки прогностической значимости тех факторов, которые ранее не принимались во внимание при ИС – например, морфометрических показателей головного мозга, микроархитектура костной ткани. Однако пока такие работы достаточно далеки от практического внедрения.

Ограничения использования прогностических моделей, основанных на искусственном интеллекте, в клинической практике

МО способно помогать клиницисту в предоставлении индивидуальных прогнозов, основанных на комплексном анализе уникальных характеристик каждого пациента [59]. При этом модели ИИ постоянно обновляются новыми данными, что со временем повышает их точность [27, 73]. Однако нельзя игнорировать ряд ограничений, которые в настоящее время препятствуют широкому использованию ИИ в прогнозировании исходов ИС у детей и подростков. Во-первых, для создания надежных

моделей МО требуется доступ к большим базам стандартизированных данных, на основе которых будет происходить обучение моделей. Эффективность этих моделей зависит от качества и полноты наборов данных, используемых для обучения, которые не всегда могут охватывать широкий спектр вариабельности, наблюдаемый в клинической практике [35]. Если обучающие данные не стандартизированы либо низкого качества, то нельзя рассчитывать на достоверный результат работы ИИ [60]. Кроме того, модели МО хорошо работают, как правило, лишь на тех массивах данных, на которых они проходили обучение, а в тех популяциях пациентов, которые отличаются по своим характеристикам от обучающей выборки, результаты работы алгоритмов МО могут быть непригодными. Так, исследования, касающиеся прогнозирования течения ИС преимущественно сосредоточены на конкретных подгруппах пациентов с определенной степенью искривления или стадией зрелости скелета; такой подход может ограничить экстраполяцию результатов на более широкое сообщество пациентов с ИС, что требует дальнейших исследований с более широким спектром профилей пациентов [35]. Кроме того, динамичный характер ИС и его прогрессирование с течением времени требуют длительных периодов наблюдения для точного понимания влияния различных методов лечения на результаты лечения и качество жизни пациентов; в то же время текущие исследования, касающиеся прогнозирования исходов ИС, как правило, не учитывают долгосрочные результаты. В медицине стандартизировать и сформировать очень большие базы надежных данных можно лишь путем тесного сотрудничества исследователей и врачей разных специальностей. При изучении ИС такие коллективы должны включать исследователей, ортопедов, радиологов, специалистов в области функциональной диагностики и биомеханики.

Во-вторых, ограничения связаны с возможным недоверием врачей к результатам работы прогностических моделей, построенных на основе ИИ, поскольку многие алгоритмы МО сложно объяснить и понять. При этом следует учитывать, что корреляции, выявляемые с помощью компьютерных программ, далеко не всегда означают наличие причинно-следственных связей [41]. Очень многие модели МО демонстрируют характеристики «черного ящика», что создает трудности при интерпретации прогнозов и потенциально препятствует их принятию и использованию медицинскими специалистами [35].

Наконец, существует также проблема конфиденциальности информации, которая используется в сфере ИИ [60].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потенциал моделей машинного обучения в прогнозировании прогрессирования ИС не вызывает сомнений. Однако пока нет ни одной прогностической модели, выполненной с помощью ИИ, которую бы приняло для практической работы ортопедическое сообщество. Очевидно, что для точных прогнозов, выполненных с помощью ИИ, необходимо наличие больших массивов стандартизированных данных, интегрирующих клинико-демографические и визуализационные показатели. Среди методов визуализации, которые можно использовать многократно для мониторингования состояния позвоночника у детей и подростков с ИС, приоритет имеют те, которые не связаны с радиационной нагрузкой – например, метод поверхностной топографии позвоночника. Преодолеть ограничения и сделать технологии МО неотъемлемой частью клинического сопровождения детей и подростков с ИС возможно только на основе совместной работы врачебного сообщества, научных работников, математиков и программистов.

Вклад авторов. Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, написании и редактировании нарративного обзора, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Информация о финансовой поддержке. Работа выполнена в рамках Госзадания 720000Ф.99.1. БН62АБ49000 «Многолетний мониторинг состояния опорно-двигательного аппарата у детей, занимающихся видом спорта (экспериментальная группа), и не занимающихся спортом детей (контрольная группа)».

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виндерлих М.Е., Щеколова Н.Б. Прогнозирование прогрессирования сколиоза у детей и подростков по уровню серотонина в сыворотке крови //Гений ортопедии. – 2023. – № 29(3). – С. 299-306.
2. Идиопатический сколиоз. Клинические рекомендации. 2024. doi: <https://cr.minzdrav.gov.ru/clin-rec>.
3. Кассаб Д.Х., Камышанская И.Г., Трухан С.В. Новая интеллектуальная система для автоматической диагностики сколиоза по фронтальным рентгенограммам позвоночника: точность, преимущества и ограничения // Digital Diagnostics. – 2024. – Т. 5., № 2. – С. 243-254.

4. Alfraihat A., Samdani A.F., Balasubramanian S. Predicting curve progression for adolescent idiopathic scoliosis using random forest model // *PLoS ONE*. – 2022. – Vol. 17(8): e0273002.
5. Altaf F., Gibson A., Dannawi Z., Noordeen H. Adolescent idiopathic scoliosis // *BMJ Br. Med. J.* – 2013. – Vol. 346 :f2508.
6. Atwood J., Towsley D. Diffusion-convolutional neural networks // *Adv. Neural. Inf. Process Syst.* – 2015. [https:// doi. org/ 10](https://doi.org/10).
7. Asher M.A., Burton D.C. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects // *Scoliosis*. – 2006. – Vol. 1:2.
8. Bertsch M., Mulatero L., Salehpour S. et al. Exploring radiation-free scoliosis monitoring: systematic review and meta-analysis of non-ionizing methods // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2025. – Vol. 26(1): 899.
9. Birch N.C., Tsirikos A.I. Long-term follow-up of patients with idiopathic scoliosis: providing appropriate continuing care // *Bone Joint J.* – 2023. – Vol. 105-B(2). – P. 99–100.
10. Bonacchi R., Filippi M., Rocca M.A. Role of artificial intelligence in MS clinical practice // *Neuroimage Clin.* – 2022. Vol. 35: 103065.
11. Bunnell W.P. Selective screening for scoliosis // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2005. – Vol. 434. – P. 40-45.
12. Chan W.W.-Y., Fu S.-N., Parent E.C. et al. A Systematic Review of Machine Learning Models for Predicting Curve Progression in Teenagers with Idiopathic Scoliosis // *JOSPT Open.* – 2024. – Vol. 2(3). – P. 202-224.
13. Cheung J.P.Y., Cheung P.W.H. Supine flexibility predicts curve progression for patients with adolescent idiopathic scoliosis undergoing under arm bracing // *Bone Joint. J.* – 2020. – Vol. 102-B(2). – P. 254–260.
14. Cheung P.W.H., Cheung J.P.Y. Does the Use of Sanders Staging and Distal Radius and Ulna Classification Avoid Mismatches in Growth Assessment with Risser Staging Alone? // *Clin. Orthop. Relat. Res.* – 2021. – Vol. 479(11). – P. 2516-2530.
15. Choi R.Y., Coyner A.S., Kalpathy-Cramer J. et al. Introduction to machine learning, neural networks, and deep learning // *Transl. Vis. Sci. Technol.* – 2020. – Vol. 9: 14.
16. Chu K., Kuang X., Cheung P.W.H., Li S., Zhang T., Cheung J.P.Y. Predicting progression in adolescent idiopathic scoliosis at the first visit by integrating 2D imaging and 1D clinical information // *Glob. Spin. J.* – 2025. – Vol. 15(2). – P. 770-781.
17. Dolan L.A., Weinstein S.L., Abel M.F. et al. Bracing in Adolescent Idiopathic Scoliosis Trial (BrAIST): Development and Validation of a Prognostic Model in Untreated Adolescent Idiopathic Scoliosis Using the Simplified Skeletal Maturity System // *Spine Deform.* – 2019. – Vol. 7(6). – P. 890-898.
18. Dunn J., Henrikson N.B., Morrison C.C. et al. Screening for adolescent idiopathic scoliosis: evidence report and systematic review for the US preventive services task force // *JAMA.* – 2018. – Vol. 319. – P. 173–87.

19. Ferrero E., Lafage R., Vira S. et al. Three-dimensional reconstruction using stereoradiography for evaluating adult spinal deformity: a reproducibility study // *Eur. Spine. J.* – 2017. – Vol. 26(8). – P. 2112–2120.
20. Hamet P., Tremblay J.. Artificial intelligence in medicine // *Metabolism.* – 2017. – Vol. 69S. P. S36-S40.
21. Hengwei F., Zifang H., Qifei W., et al. Prevalence of idiopathic scoliosis in Chinese schoolchildren: a large, population-based study // *Spine.* – 2016. – Vol. 41. – P. 259–264.
22. Hong A., Jaswal N., Westover L. et al. Surface topography classification trees for assessing severity and monitoring progression in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine.* – 2017. – Vol. 42(13). – P. e781-e787.
23. García-Cano E., Arámbula Cosío F., Duong L. et al. Prediction of spinal curve progression in adolescent idiopathic scoliosis using random forest regression // *Comput. Biol. Med.* – 2018. – Vol. 103. – P. 34–43.
24. Ghaneei M., Ekyalimpa R., Westover L. et al.. Customized k-nearest neighbourhood analysis in the management of adolescent idiopathic scoliosis using 3D markerless asymmetry analysis // *Comput Methods Biomech Biomed Engin.* – 2019. – Vol. 22(7). – P. 696–705.
25. González-Ruiz J.M., Mohamed N., Hassan M. et al. Clinical and Topographic Screening for Scoliosis in Children Participating in Routine Sports: A Prevalence and Accuracy Study in a Spanish Population // *J. Clin. Med.* – 2025. – Vol. 14(1): 273.
26. Grivas T.B., Vasiliadis E., Mouzakis V. et al. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes // *Scoliosis.* – 2006. – Vol. 1: 9.
27. Kadoury S., Mandel W., Roy-Beaudry M. et al. 3-D morphology prediction of progressive spinal deformities from probabilistic modeling of discriminant manifolds // *IEEE Trans Med Imaging.* – 2017. – Vol. 36(5). – P. 1194–1204.
28. Kaiser M., Mudavamkunnel M., Bertsch M. et al. Investigating the relationship between internal spinal alignment and back shape in patients with scoliosis using PCdare: A comparative, reliability and validation study // *PLoS One.* – 2025. – Vol. 20(7): e0321429.
29. Kariri E., Louati H., Louati A., Masmoudi F. Exploring the Advancements and Future Research Directions of Artificial Neural Networks: A Text Mining Approach // *Appl. Sci.* – 2023. – Vol. 13: 3186..
30. Kaul V., Enslin S., Gross S.A. History of artificial intelligence in medicine // *Gastrointest Endosc.* – 2020. – Vol. 92(4). – P. 807-812.
31. Khodaei M., Parent E., Le L.H. et al. Using ultrasound reflection coefficient index and other clinical parameters to predict the risk of progression in adolescents with idiopathic scoliosis (AIS) – a pilot study // *Eur. Spine J.* – 2025. – Vol. 34. – P. 1861–1868.
32. Komeili A., Westover L.M., Parent E.C. et al. Surface topography asymmetry maps categorizing external deformity in scoliosis // *Spine J.* – 2014. – Vol. 14(6). – P. 973-983.

33. Kotwicki T., Durmała J., Czaprowski D. et al. Conservative management of idiopathic scoliosis—guidelines based on SOSORT 2006 consensus // *Ortop Traumatol Rehabil.* – 2009. – Vol. 11(5). – P. 379–395.
34. Lenz M., Oikonomidis S., Harland A. et al. Scoliosis and Prognosis—a systematic review regarding patient-specific and radiological predictive factors for curve progression // *Eur. Spine J.* – 2021. – Vol. 30(7). – P. 1813–1822.
35. Li L., Wong MS. The application of machine learning methods for predicting the progression of adolescent idiopathic scoliosis: a systematic review // *BioMed Eng OnLine.* – 2024. – Vol. 23: 80.
36. Li Y. Artificial neural network model for indoor decoration intelligence calculation and automation design // *Comput Intell Neurosci.* – 2022: 2246211.
37. Lv Z., Lv W., Wang L., Ou J. Development and validation of machine learning-based models for prediction of adolescent idiopathic scoliosis: a retrospective study // *Medicine.* – 2023. – Vol. 102(14): e33441.
38. Manzetti M., Ruffilli A., Barile F. et al. Is there a skeletal age index that can predict accurate curve progression in adolescent idiopathic scoliosis? A systematic review. // *Pediatr. Radiol.* – 2024. – Vol. 54(2). – P. 299–315.
39. Marshall W.A., Tanner J.M. Variations in pattern of pubertal changes in girls // *Arch. Dis. Child.* – 1969. – Vol. 44(235). – P. 291–303. doi:
40. Meskó B., Görög M. A short guide for medical professionals in the era of artificial intelligence. *NPJ Digit // Med.* – 2020. – Vol. 3: 126.
41. Mudey A.B., Dhonde A.S., Chandrachud M.V. Artificial intelligence in healthcare with an emphasis on public health // *Cureus.* – 2024. – Vol. 16 (8): e67503.
42. Nault M.L., Beauséjour M., Roy-Beaudry M. et al. A predictive model of progression for adolescent idiopathic scoliosis based on 3D spine parameters at first visit // *Spine.* – 2020. – Vol. 45. – P. 605–611.
43. Negrini S., Grivas T.B., Kotwicki T. et al. Why do we treat adolescent idiopathic scoliosis? What we want to obtain and to avoid for our patients. SOSORT 2005 consensus paper // *Scoliosis.* – 2006. – Vol. 1: 4.
44. Negrini S., Donzelli S., Aulisa A.G. et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth // *Scoliosis Spin. Disord.* – 2018. – Vol. 13(1): 3.
45. Noshchenko A., Hoffecker L., Lindley E.M. et al. Predictors of spine deformity progression in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review with meta-analysis // *World J. Orthop.* – 2015 Vol. 6(7). – P. 537–558.
46. Parent E.C., Donzelli S., Yaskina M. et al. Prediction of future curve angle using prior radiographs in previously untreated idiopathic scoliosis: natural history from age 6 to after the end of growth (SOSORT 2022 award winner) // *Eur. Spine J.* – 2023. – Vol. 32(6). – P. 2171–2184.
47. Patel M., Liu X.-C., Yang K. et al. 3D back contour metrics in predicting idiopathic scoliosis progression: retrospective cohort analysis, case series report and proof of concept // *Children.* – 2024. – Vol. 11(2): 159.

48. Peng Y., Wang S.R., Qiu G.X. et al. Research progress on the etiology and pathogenesis of adolescent idiopathic scoliosis // *Chin. Med. J. (Engl)*. – 2020. – Vol. 133. – P. 483–493.
49. Post M., Verdun S., Roussouly P., Abelin-Genevois K. New sagittal-classification of AIS: validation by 3D characterization // *Eur. Spine J.* – 2019. – Vol. 28(3). – P. 551–558.
50. Rayward L., Pearcy M., Izatt M. et al. Little JP. Predicting spinal column profile from surface topography via 3D non-contact surface scanning // *PLoS One*. – 2023. – Vol. 18(3): e0282634.
51. Richards B.S., Bernstein R.M., D’Amato C.R., Thompson G.H. Standardization of criteria for adolescent idiopathic scoliosis brace studies: SRS Committee on Bracing and Nonoperative Management // *Spine (Phila Pa 1976)*. – 2005. – Vol. 30. – P. 2068-2075.
52. Rigo M., Quera-Salvá G., Villagrasa M. Sagittal configuration of the spine in girls with idiopathic scoliosis: progressing rather than initiating factor // *Stud. Health Technol. Inform.* – 2006. – Vol. 123. – P. 90-94.
53. Roye B.D., Wright M.L., Williams B.A. et al. Does ScolioScore provide more information than traditional clinical estimates of curve progression? // *Spine*. – 2012. – Vol. 37(25): 2099-2103.
54. Sanders J.O., Khoury J.G., Kishan S. et al. Predicting scoliosis progression from skeletal maturity: a simplified classification during adolescence. // *J. Bone Joint. Surg. Am.* – 2008. – Vol. 90(3). – P. 540-553.
55. Schlösser T.P.C., Vincken K.L., Rogers K. et al. Natural sagittal spino-pelvic alignment in boys and girls before, at and after the adolescent growth spurt // *Eur. Spine J.* – 2015. – Vol. 24(6). – P. 1158–1167.
56. Simony A., Hansen E.J., Christensen S.B. et al. Incidence of cancer in adolescent idiopathic scoliosis patients treated 25 years previously // *Eur. Spine J.* – 2016. – Vol. 25(10). – P. 3366–3370.
57. Soydaner D. Attention mechanism in neural networks: where it comes and where it goes // *Neural Comput Appl.* – 2022. – Vol. 34(16). – P. 13371–13385.
58. Su X., Dong R., Wen Z., Liu Y. Reliability and Validity of Scoliosis Measurements Obtained with Surface Topography Techniques: A Systematic Review // *J. Clin. Med.* – 2022. – Vol. 11(23): 6998.
59. Tajdari M., Tajdari F., Shirzadian P. et al. Next-generation prognosis framework for pediatric spinal deformities using bio-informed deep learning networks // *Eng. Comput.* – 2022. – Vol. 38(5). – P. 4061–4084.
60. Topol E.J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence // *Nat Med.* – 2019. – Vol. 25 (1). – P. 44-56.
61. Zhang H., Huang C., Wang D. et al. Artificial Intelligence in Scoliosis: Current Applications and Future Directions // *J. Clin. Med.* – 2023. – Vol. 12(23): 7382.
62. Zhang T., Zhu C., Zhao Y. et al. Deep learning model to classify and monitor idiopathic scoliosis in adolescents using a single smartphone photograph // *JAMA Netw Open*. – 2023. – Vol. 6(8). – P. e2330617–e2330617.

63. Yahara Y., Tamura M., Seki S. et al. A deep convolutional neural network to predict the curve progression of adolescent idiopathic scoliosis: a pilot study // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2022. – Vol. 23(1): 610.
64. Yan B., Lu X., Qiu Q. et al. Predicting adolescent idiopathic scoliosis among Chinese children and adolescents // *Biomed Res. Int.* – 2020:1784360.
65. Yu Y., Si X., Hu C., Zhang J. A review of recurrent neural networks: LSTM cells and network architectures // *Neural Comput.* – 2019. – Vol. 31(7). – P. 1235–1270.
66. Xu L., Wu Z., Xia C. et al. A genetic predictive model estimating the risk of developing adolescent idiopathic scoliosis // *Curr. Genomics.* – 2019. – Vol. 20. – P. 246–251.
67. Van Calster B., Wynants L. Machine Learning in Medicine // *N. Engl. J. Med.* – 2019. – Vol. 380(26): 2588.
68. Vergari C., Gajny L., Courtois I. et al. Quasi-automatic early detection of progressive idiopathic scoliosis from biplanar radiography: a preliminary validation // *Eur. Spine J.* – 2019. – Vol. 28(9). – P. 1970–1976.
69. Vergari C., Gajny L., Ebermeyer E. et al. Early detection of progressive idiopathic scoliosis through the quasiautomatic 3D reconstruction of the spine from biplanar radiography // *Eur. Spine J.* – 2019. – Vol. 28. – P. 2878–2879.
70. Vergari C., Skalli W., Abelin-Genevois K. et al. Effect of curve location on the severity index for adolescent idiopathic scoliosis: a longitudinal cohort study // *Eur. Radiol.* – 2021. – Vol. 31(11). – P. 8488–8497.
71. Wan H.S., Wong D.L.L., To C.S. et al. 3D prediction of curve progression in adolescent idiopathic scoliosis based on biplanar radiological reconstruction // *Bone Jt. Open.* – 2024. – Vol. 5(3). – P. 243–251.
72. Wang H., Zhang T., Cheung K.M., Shea G.K. Application of deep learning upon spinal radiographs to predict progression in adolescent idiopathic scoliosis at first clinic visit // *EClinicalMedicine.* – 2021. – Vol. 42: 101220.
73. Wang H., Zhang T., Zhang C. et al. An intelligent composite model incorporating global/regional X-rays and clinical parameters to predict progressive adolescent idiopathic scoliosis curvatures and facilitate population screening // *EBioMedicine.* – 2023. – Vol. 95: 104768.
74. Ward K., Ogilvie J.W., Singleton M.V. et al. Validation of DNA-based prognostic testing to predict spinal curve progression in adolescent idiopathic scoliosis // *Spine.* – 2010. – Vol. 35(25). – P. e1455–e1464.
75. Weiss H.R., Goodall D. The treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) according to present evidence. A systematic review // *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.* – 2008. – Vol. 44(2). – P. 177–193.
76. Wilczyński J. Relationship between muscle tone of the erector spinae and the concave and convex sides of spinal curvature in low-grade scoliosis among children // *Children.* – 2021. – Vol. 8(12): 1168.

77. Wong H.-K., Hui J.H.P., Rajan U., Chia H.-P. Idiopathic scoliosis in Singapore schoolchildren: a prevalence study 15 years into the screening program // *Spine*. – 2005. – Vol. 30(10). – P. 1188–1196.

REFERENCES

1. Vinderlih M.E., Shchekolova N.B. Prognozirovanie progressirovaniya skolioza u detej i podrostkov po urovnyu serotoninina v syvorotke krovi // *Genij ortopedii*. – 2023. – T. 29(3). – S. 299-306.

2. Idiopaticheskij skolioz. Klinicheskie rekomendacii. 2024. doi: <https://cr.minzdrav.gov.ru/clin-rec>.

3. Kassab D.H., Kamyshanskaya I.G., Truhan S.V. Novaya intellektual'naya sistema dlya avtomaticheskoy diagnostiki skolioza po frontal'nym rentgenogrammam pozvonochnika: tochnost', preimushchestva i ogranicheniya // *Digital Diagnostics*. – 2024. – T. 5., № 2. – C. 243-254.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

В альманахе «Новые исследования», выходящем 4 раза в год, могут быть опубликованы прошедшие рецензирование статьи по всем направлениям возрастной физиологии, школьной гигиены, педагогики, психологии и физического воспитания детей и подростков. При направлении статьи в редакцию рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

1. На первой странице указываются название статьи, Инициалы и Фамилия автора, учреждение, из которого выходит статья, адрес для контактов, желательно электронный. Название и фамилии авторов на русском и английском языке.

2. Объем статьи: Обобщающих теоретико-экспериментальных работ и обзорных работ – не более одного авторского листа (24 стр.), экспериментальных работ – не более 0.8 авторского листа (18 стр.), кратких сообщений и методических статей – не более 4–5 стр.

3. Изложение материала в статье экспериментального характера должно быть представлено следующим образом: краткое введение, методы исследования, результаты исследования и их обсуждение, выводы, список литературы. Таблицы (не более 3) вписываются в текст

4. Для иллюстраций статей принимается не более 4 рисунков. Рисунки также вписываются в текст.

5. Цитирование авторов производится цифрами в квадратных скобках, список литературы располагается по алфавиту. Русские статьи необходимо транслитерировать. Правила оформления списка литературы см. на сайте Института: Научный журнал «Новые исследования» – Институт развития ребенка (irzar.ru/journal/).

6. К статье прилагается аннотация и ключевые слова на русском и английском языке.

7. В конце статьи необходимо указать роль каждого автора в подготовке публикации. Указываются конкретные этапы работ, осуществленные каждым автором (например, «Идея работы и планирование эксперимента (Авторы А. А.А. и Б.Б.Б), сбор данных (Б.Б.Б., В.В.В, Г.Г.Г), обработка данных (Б.Б.Б., В.В.В), написание и редактирование статьи (А.А.А., Б.Б.Б., В.В.В, Г.Г.Г)»). Обращаем ваше внимание, что необходимо соблюдать рекомендации ICMJE. В состав авторского коллектива входят авторы, внесшие существенный вклад в разработку концепции

или дизайна работы или в получение, анализ или интерпретацию данных для работы; принявшие участие в написании или редактировании статьи с внесением существенного интеллектуального вклада; гарантирующие, что все вопросы по достоверности и надежности любой части работы надлежащим образом проанализированы и решены. В остальных случаях, участники, принимающие участие в исследовании (в частности, лаборанты, консультанты), но не внесшие существенный вклад по определенному направлению в исследовательском проекте, должны быть указаны в разделе «Благодарности».

В конце статьи, перед списком литературы, заполняются следующие графы:

Информация о финансовой поддержке: работа выполнена ... №

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом – Указать Институт.

Информированное согласие. Каждый участник исследования представляет добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Благодарности.

8. Статьи направлять в электронном виде (Word; шрифт Times 14, через 1.5 интервала, поля стандартные: сверху – 2.5 см., снизу – 2.0 см., слева – 3.0 см., справа – 1.5 см.) на E-mail: almanac@mail.ru. 9. Редакция оставляет за собой право на сокращение и исправление статей. Рукописи, не принятые в печать, не возвращаются. В случае возвращения статьи авторам согласно отзыву рецензента, статья должна быть возвращена в течение 2 мес. в доработанном варианте с приложением первоначального.

Контактная информация:

тел./факс +7 (095) 245-04-33, тел. +7 (903) 006-78-18

E-mail: almanac@mail.ru; info@irzar.ru

Научное издание

НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

№ 2(86) 2026

NOVYE ISSLEDOVANIA

№ 2(86) 2026

Издатель: ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптации ребенка»
Москва, ул. Погодинская, д.8, корп.2, Тел./факс (499) 245-04-33
Адрес сайта: <https://irzar.ru/nauka/jornal/>

Изготовление макета: Издательский дом «Ажур»,
Подписано в печать в 30.03.2026. Тираж: 500 экз.
Формат 70×100/16. Бумага офсетная. Печать цифровая.
Гарнитура «TimesNewRoman». Усл. печ. л. 15,16. № заказа 30/06-1.
Отпечатано в типографии ООО Издательский Дом «Ажур»
г. Екатеринбург, ул. Восточная, 54, тел. (343) 350-78-28, 350-78-49

