



Смирнова О.В., Овчаренко Е.С., Каспаров Э.В., Фефелова В.В.

Реактивность вегетативной нервной системы у детей младшего школьного возраста с умственной отсталостью

Научно-исследовательский институт медицинских проблем Севера – Обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», 660022, Красноярск, Россия

Введение. Функционирование вегетативной нервной системы (ВНС) в определённой степени влияет на различные аспекты здоровья и общего благополучия человека. Одной из главных функций ВНС является обеспечение адаптации к факторам внешней и внутренней среды посредством скоординированной деятельности симпатического и парасимпатического звеньев. Определение преобладающего типа реактивности вегетативной нервной системы по особенностям сердечного ритма позволяет персонализированно прогнозировать адаптивные возможности организма ребёнка в процессе обучения.

Цель исследования — изучить динамику вариабельности сердечного ритма у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с нарушениями интеллектуального развития, характеризующую механизмы адаптации организма к условиям обучения в школе.

Материалы и методы. Обследованы 168 детей младшего школьного возраста (7–11 лет). Группу наблюдения составили 54 ребёнка с особыми возможностями здоровья (F70, F71), группу контроля — 114 интеллектуально здоровых детей. Изучение вариабельности сердечного ритма проводилось с помощью аппаратно-программного комплекса ORTO Valeo. Анализировали TP, HF, LF, VLF, LF/HF; RMSSD, SDNN, Mo, AMo, ΔX, IN, AMo/Mo, AMo/ΔX и тип вегетативной регуляции.

Результаты. У детей младшего школьного возраста с особыми возможностями здоровья (ОВЗ) увеличены показатели LF, VLF, LF/HF и снижен HF относительно контрольной группы, что свидетельствует о преобладании симпатического звена вегетативной нервной системы над парасимпатическим. При анализе спектральных компонентов у детей младшего школьного возраста с ОВЗ доминирует VLF (40,6%) и низкий HF (19,6%). По типам вегетативной регуляции у детей с ОВЗ выявлено следующее соотношение 50 : 4 : 33 : 13, доминирует центральный тип регуляции сердечной деятельности (I тип).

Ограничение исследования обусловлено спецификой лиц группы наблюдения — дети младшего школьного возраста (7–11 лет) с особыми возможностями здоровья, связанными с умственной отсталостью.

Заключение. Детей младшего школьного возраста с ОВЗ характеризуют высокая активность симпатической модуляции, сниженная устойчивость к стрессовым воздействиям, повышенное напряжение адаптационных реакций с доминированием центрального типа регуляции сердечной деятельности. Выявленный дисбаланс параметров вегетативной регуляции у детей с ОВЗ без проведения специальных мероприятий (включая коррекцию физического статуса, психоэмоциональных и учебных нагрузок) угрожает развитием срыва адаптационных реакций при воздействии различных внутренних и внешних факторов, способствуя астенизации регуляторных систем.

Ключевые слова: вегетативная регуляция; младшие школьники; особые возможности здоровья; адаптация

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено комитетом по биомедицинской этике НИИ медицинских проблем Севера (протокол № 10 от 11.10.2021 г.), проведено в соответствии с этическими и правовыми стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki).

Согласие пациентов. Каждый участник исследования (или его законный представитель) дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».

Для цитирования: Смирнова О.В., Овчаренко Е.С., Каспаров Э.В., Фефелова В.В. Реактивность вегетативной нервной системы у детей младшего школьного возраста с умственной отсталостью. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(2): 169–174. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-169-174> <https://elibrary.ru/oaunno>

Для корреспонденции: Смирнова Ольга Валентиновна, доктор мед. наук, зав. лаб. клинической патофизиологии НИИ МПС — ОП ФГБНУ «ФИЦ КНЦ СО РАН», 660022, Красноярск. E-mail: ovsmirnova71@mail.ru

Участие авторов: Смирнова О.В. — концепция и дизайн исследования, интерпретация результатов, написание текста; Овчаренко Е.С. — сбор и обработка материала, статистический анализ, написание текста; Каспаров Э.В. — концепция и дизайн исследования, формулирование выводов; Фефелова В.В. — сбор данных литературы, интерпретация результатов, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

Финансирование. Работа выполнена за счёт средств, выделяемых для выполнения государственного задания.

Поступила: 25.05.2022 / Принята к печати: / Опубликовано: 25.03.2023

Olga V. Smirnova, Elizaveta S. Ovcharenko, Edvard V. Kasparov, Vera V. Fefelova

Reactivity of the autonomic nervous system in children of younger school age with mental retardation

Scientific Research Institute for Medical Problems of the North FRC KRC SD RAS, 660022, Krasnoyarsk, Russian Federation

Introduction. The functioning of the autonomic nervous system (ANS) to some extent affects various aspects of human health and general well-being. One of the main ANS functions is to ensure adaptation to the factors of the external and internal environment, carried out by the coordinated activity of the sympathetic and parasympathetic links. Determining the predominant type of ANS reactivity according to the characteristics of the heart rhythm makes it possible to predict the adaptive capabilities of the child's body in the learning process in a personalized way.

The **aim of the study** was to study the trend in heart rate variability in children with special health conditions associated with disorders of the intellectual development, which characterizes the implementation of mechanisms for adapting the body to the conditions of schooling.

Materials and methods. We examined one hundred sixty eight 7–11 years children of primary school age, including 54 children with special health abilities (SHA) (F70, F71), and 114 mentally healthy children. The study of heart rate variability was carried out using the hardware-software complex "ORTO Valeo". There was analyzed TP, HF, LF, VLF, LF/HF; RMSSD, SDNN, Mo, AMo, ΔX, IN, AMo/Mo, AMo/ΔX; type of vegetative regulation.

Results. In SHA children of primary school age, the LF, VLF, LF / HF indices are increased and HF is decreased relative to the control group, which indicates the predominance of the sympathetic link of the autonomic nervous system over the parasympathetic. When analyzing the spectral components in SHA children of primary school age, VLF (40.6%) and low HF (19.6%) dominate. According to the types of autonomic regulation in SHA children, the following ratio was found 50: 4: 33: 13, the central type of cardiac regulation dominates (type I).

Limitations. The limitation of the study is due to the specifics of the individuals in the observation group — children of primary school age (7–11 years) with special health opportunities associated with mental retardation.

Conclusion. SHA children of primary school age have high activity of sympathetic modulation, reduced resistance to stress, high tension of adaptive responses with the dominance of the central type of regulation of the cardiac activity. The revealed imbalance of the parameters of autonomic regulation in SHA children without corrective measures (including correction of physical status, psychoemotional and educational loads) threatens the development of a breakdown of adaptive responses to the effects of various internal and external factors, contributing to asthenization of regulatory systems.

Keywords: autonomic regulation; primary school students; special health abilities; adaptation

Compliance with ethical standards. The study was approved by the biomedical ethics committee of the research institute of medical problems of the North (protocol No. 10 from 11.10.2021), conducted in accordance with the ethical and legal standards set forth in the World Medical Association Declaration of Helsinki. Informed consent was obtained from all subjects.

Patient consent. Each participant of the study (or his/her legal representative) gave informed voluntary written consent to participate in the study and publish personal medical information in an impersonal form in the journal "Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)".

For citation: Smirnova O.V., Ovcharenko E.S., Kasparov E.V., Fefelova V.V. Reactivity of the autonomic nervous system in children of younger school with mental retardation. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(2): 169–174. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-2-169-174> <https://elibrary.ru/oanunno> (In Russian)

For correspondence: Olga V. Smirnova, MD, PhD, head of lab. clinical pathophysiology, Scientific Research Institute for Medical Problems, Krasnoyarsk, 660022, Russian Federation. E-mail: ovsmirnova71@mail.ru

Information about the authors:

Smirnova O.V., <https://orcid.org/0000-0003-3992-9207>

Ovcharenko E.S., <https://orcid.org/0000-0001-6884-7871>

Kasparov E.V., <https://orcid.org/0000-0002-5988-1688>

Fefelova V.V., <https://orcid.org/0000-0002-2865-866X>

Contribution: Smirnova O.V. — planning research, writing a text, interpreting the results; Ovcharenko E.S. — collection and processing of material, statistical data processing, writing a text; Kasparov E.V. — the concept and design of the study, formulation of conclusions; Fefelova V.V. — collection of literature data, interpretation of results, editing of the article. All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 25, 2022 / Accepted: December 8, 2022 / Published: March 25, 2023

Введение

В Российской Федерации одним из приоритетных вопросов медицины является здоровье детей. По данным академика РАН А.А. Баранова (2018), доля здоровых детей составляет 5–12%, а детей младшего школьного возраста — не более 20% [1]. Состояние здоровья определяется физическим, психическим и социальным благополучием, а также возможностями организма приспосабливаться к изменяющимся условиям среды [2, 3]. Функционирование вегетативной нервной системы (ВНС) в определённой степени влияет на различные аспекты здоровья и общего благополучия человека [4, 5]. Одной из главных функций ВНС является обеспечение адаптации к факторам внешней и внутренней среды посредством скоординированной деятельности симпатического и парасимпатического звеньев [6].

Период школьного обучения (особенно в начальных классах) связан с влиянием на детский организм разнообразных стрессовых факторов (новый коллектив, непривычный режим дня, значительный объём учебной нагрузки и др.) [7]. Согласно данным литературы, здоровье учащихся не менее чем на 20% определяют факторы внутришкольной среды [8], в том числе соответствие режима образовательного процесса гигиеническим требованиям (наполняемость классов, достаточные по продолжительности перерывы между занятиями, оптимальная величина недельной образовательной нагрузки и др.). Хроническое воздействие негативных факторов школьной среды зачастую превышает резервные возможности организма ребёнка, способствуя нарушению гомеостатических реакций и напряжению адаптационных механизмов за счёт активации гуморальных и вегетативных влияний [9]. Разбалансированность нейрогуморальной регуляции является одной из ведущих причин формирования дезадаптации и развития соматической патологии. Это вызывает несомненный интерес исследователей, в том числе применительно к школьникам с особыми возможностями здоровья, связанными с нарушением интеллектуального развития. При данной патологии

фиксируются снижение когнитивных способностей, эмоциональная незрелость, социальная дезадаптация, что может затруднять учебный процесс.

Образовательный процесс детей младшего школьного возраста общеобразовательных школ в 2012–2013 гг. был регламентирован СанПиН 2.4.2.2821–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях», а для детей с недостатками умственного развития — СанПиН 4076–86 «Санитарные правила устройства, оборудования, содержания и режима специальных общеобразовательных школ-интернатов для детей, имеющих недостатки в физическом и умственном развитии». При обучении младших школьников определяются максимальная продолжительность урока (35 мин для первых классов, 45 мин для последующих), наличие облегчённого дня один раз в неделю, объём домашних заданий, длительность малых и больших перемен, начало и окончание учебного года, сроки и продолжительность каникул. В то же время, согласно СанПиН 4076–86, предполагается составление учебного графика и последовательности предметов с учётом повышенной утомляемости детей с интеллектуальными отклонениями, соблюдение режима непрерывной зрительной нагрузки, а также проведение во время уроков физкультурных пауз и т. д.

Комплексная оценка адаптационно-приспособительных возможностей учащихся в различных условиях обучения реализуется с помощью анализа вариабельности сердечного ритма [10, 11], поскольку сердечно-сосудистая система первой реагирует на стрессовые воздействия [12]. Определение преобладающего типа реактивности вегетативной нервной системы по особенностям сердечного ритма позволяет прогнозировать адаптивные возможности организма каждого ребёнка в процессе обучения.

Цель исследования — изучить динамику вариабельности сердечного ритма у детей с особыми возможностями здоровья, связанными с нарушениями интеллектуального развития, характеризующую механизмы адаптации организма к условиям обучения в школе.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 168 детей младшего школьного возраста (7–11 лет). Группу наблюдения составили 54 ребёнка (42 мальчика и 12 девочек, средний возраст $9,1 \pm 1,2$ года) с особыми возможностями здоровья (F70, F71), обучающиеся в специализированных коррекционных классах школ г. Красноярска. Критерии включения в группу: диагноз «умственная отсталость», младший школьный возраст, наличие добровольного информированного согласия родителя (законного представителя) на участие ребёнка в исследовании. Критерии исключения: получение специфической иммуно- и химиопрофилактики за два месяца до начала обследования, наличие острых или обострение хронических заболеваний на момент обследования и сочетанных патологий различных внутренних органов и систем в анамнезе, проживание в данной местности менее трёх лет, отказ родителя (законного представителя) от участия ребёнка в исследовании.

Контрольную группу составили 114 интеллектуально здоровых детей (68 мальчиков и 46 девочек, средний возраст $9,0 \pm 1,2$ года), обучающихся в средней общеобразовательной школе. Критерии включения в контрольную группу: отнесение к I–II группам здоровья, младший школьный возраст, наличие добровольного информированного согласия родителя (законного представителя) на участие ребёнка в исследовании. Критерии исключения: получение специфической иммуно- и химиопрофилактики за два месяца до начала обследования, наличие острых или обострение хронических заболеваний на момент обследования и сочетанных патологий различных внутренних органов и систем в анамнезе, проживание в данной местности менее трёх лет, отказ родителя (официального представителя) от участия ребёнка в исследовании.

Обследуемые группы детей были сопоставимы по половозрастному составу и социально-экономическим условиям жизни ($p > 0,05$). Обследование детей проводилось в 2012–2013 гг. и соответствовало этическим и правовым стандартам, изложенным в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki), а также было одобрено комитетом по биомедицинской этике НИИ медицинских проблем Севера.

Расчёт объёма выборки проводился по формуле:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2}{\Delta^2}.$$

Данная формула применяется при неизвестном объёме генеральной совокупности, где n – искомая численность выборки, t^2 – критерий достоверности (равен 1,96); σ – стандартное отклонение исследуемого признака; Δ – предельно допустимая ошибка (в медицинских исследованиях, как правило, 5%). Расчёт выборки – 52 человека. Поскольку исследование носило наблюдательный характер и включало большое число изучаемых параметров, оно не основывалось на оценке статистической мощности.

Гигиеническая оценка соответствия режимов образовательного процесса (напряжённость учебной деятельности, наполняемость классов, расписание уроков одной типовой недели) в исследуемых группах проведена согласно СанПиН 2.4.2.2821–10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях». Поскольку авторы изучали показатели интеллектуально здоровых детей и детей с умственной отсталостью, были учтены также требования СанПиН 4076–86. Обследуемые дети с умственной отсталостью обучались не в школах-интернатах, а в коррекционных классах общеобразовательных школ, что делало невозможным круглосуточное наблюдение за данной группой. Поэтому за основу в исследовании были приняты СанПиН 2.4.2.2821–10.

Параметры вегетативной регуляции оценивались по данным variability сердечного ритма с помощью аппарат-

но-программного комплекса ORTO Valeo [13, 14]. Исследование проводили в начале учебного года, в первой половине учебного дня, в условиях отсутствия существенных физических и интеллектуальных нагрузок. Анализировали данные спектрограммы (общая мощность спектра (TP), высокочастотный (HF), низкочастотный (LF) и очень низкочастотный (VLF) компоненты спектра в абсолютных (мс^2) и относительных (%) единицах); вагосимпатический коэффициент (LF/); данные ритмограммы (стандартное отклонение разности последовательных RR-интервалов (RMSSD)), стандартное отклонение кардиоинтервалов (SDNN); показатели кардиоритмограммы (мода (Mo), амплитуда моды (АМо), вариационный размах (ΔX), а также расчётные показатели – ИН (индекс напряжения), АМо/Мо, АМо/ ΔX .

Тип вегетативной регуляции определялся по методу, разработанному Н.И. Шлык (2009), с выделением четырёх типов:

- I тип – умеренное преобладание центральной регуляции;
- II тип – выраженное преобладание центральной регуляции;
- III тип – умеренное преобладание автономной регуляции;
- IV тип – выраженное преобладание автономной регуляции [15].

По каждому исследуемому показателю детей разбивали на статистически сопоставимые группы, между которыми проводилось сравнение по параметрам вариационной статистики. Выборки, однородные по показателю, но недостаточные по объёму для статистического сравнения, исключались из рассмотрения. Предварительно было проведено сравнение параметров вегетативной регуляции между мальчиками и девочками в каждой исследуемой группе, по результатам которого не было зафиксировано статистически значимых различий. На основании этих данных нами принято решение объединить мальчиков и девочек в одну группу. Выявленное отсутствие половых различий параметров вегетативной регуляции физиологически закономерно, поскольку обследуемые нами дети ещё не достигли полового созревания и не испытывали гормональных влияний и связанных с ними перестроек физиологических систем организма. Кроме того, наши данные не противоречат результатам других исследователей [16, 17].

Статистический анализ проводился с помощью пакета прикладных программ Statistica 6.1. Проверка данных на соответствие нормальному распределению проводилась с помощью критерия Колмогорова–Смирнова. Поскольку данные отличались от нормального распределения, статистическая значимость определялась для количественных непараметрических признаков с помощью U -критерия Манна–Уитни (данные представлены в виде медианы (Me) и интерквартильного размаха (Q_1 – Q_3), для качественных признаков – методом χ^2 Пирсона. Уровень значимости различий считался достоверным при $p < 0,05$.

Результаты

При анализе условий образовательного процесса в обследуемых группах детей было выявлено, что наполняемость классов соответствует нормативным документам, недельная и дневная учебная нагрузка составлены равномерно и рационально, продолжительность больших и малых перемен соответствует требованиям СанПиН 2.4.2.2821–10 (10 и 30 мин соответственно).

Анализ показателей кардиоинтервалографии и ритмографии у детей с ОВЗ не выявил статистически значимых отличий по сравнению с контрольной группой. Однако по данным показателей АМо, ИН, АМо/Мо, АМо/ ΔX фиксируется тенденция усиления симпатических модуляций сердечного ритма у детей с ОВЗ (табл. 1).

Исследование спектральных характеристик выявило, что у детей с ОВЗ мощность низкочастотного компонента спектра (LF) статистически значимо выше ($p < 0,05$) по сравнению с контрольной группой (табл. 2), что характеризует высокую активность вазомоторного центра и симпатического

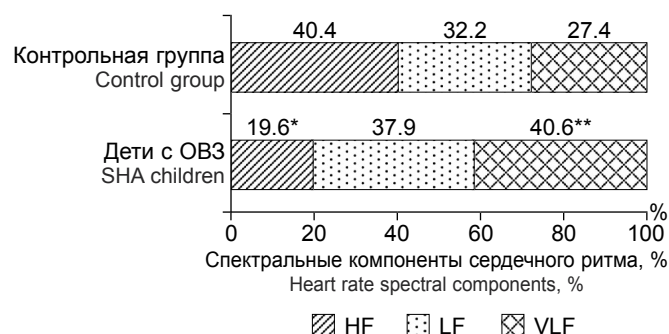
Таблица 1 / Table 1

Показатели кардиоинтервалографии и ритмографии в состоянии покоя у детей с ОВЗ (Me, Q₁–Q₃)**Indicators of cardiointervalography and rhythmography at rest in children with special health abilities (SHA) (Me, Q₁–Q₃)**

Параметр Parameters	Контрольная группа Control group n = 114	Дети с ОВЗ SHA children n = 54
Мо, с (s)	0.68 (0.62–0.74)	0.66 (0.52–0.76)
АМо, %	35 (26–50)	39 (25–43.8)
ΔX, с (s)	0.27 (0.191–0.41)	0.255 (0.21–0.39)
ИН, усл. ед. / SI, c.u	86.5 (43–160)	97.4 (47.2–182)
АМо/Мо, усл. ед. (с.у.)	50 (34.2–72.3)	55 (36.2–80.1)
АМо/ΔX, усл. ед. (с.у.)	122.5 (59–195)	138.6 (67.6–252)
SDDN, с (s)	0.056 (0.037–0.083)	0.051 (0.042–0.08)
RMSSD, с (s)	0.055 (0.027–0.075)	0.05 (0.034–0.09)

отдела вегетативной нервной системы (ВНС) [18, 19]. Также у детей с ОВЗ преобладает очень низкочастотный компонент (VLF, $p < 0,05$) (см. табл. 2), что свидетельствует о преобладающей активности симпатического звена вегетативной нервной системы (ВНС) и надсегментарных уровней регуляции.

Показатель высокочастотного компонента спектра (HF), отражающего активность парасимпатического отдела ВНС [11, 20], у детей с ОВЗ был значительно ниже по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$). Выявленные особенности подтверждаются данными вагосимпатического коэффициента (LF/HF), характеризующего соотношение активности симпатического и парасимпатического звена ВНС и степень напряжения регуляторных систем [21, 22]. Данный показатель почти в два раза выше у детей с ОВЗ по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$) (см. табл. 2), что доказывает большее физиологическое напряжение у детей с ОВЗ. Анализ вклада спектральных компонентов (%) в сердечный ритм выявил, что у детей с ОВЗ доминирует очень низкочастотный компонент (VLF, %) как внутри группы ($p < 0,05$), так и по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$) (рис. 1). При этом доля высокочастотного компонента (HF, %) составляет всего 19,6%. Стоит отметить противоположную закономерность в контрольной группе: преобладающим является вы-

**Рис. 1.** Соотношение (%) спектральных компонентов сердечного ритма.

* – статистическая значимость различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$); ** – статистически значимое преобладание VLF внутри группы с ОВЗ ($p < 0,05$).

Fig. 1. The ratio (%) of the spectral components of the heart rhythm.

* – statistical significance of differences compared with the control group ($p < 0.05$); ** – statistically significant predominance of VLF within the group with SHA ($p < 0.05$).

Таблица 2 / Table 2

Показатели спектрограммы в состоянии покоя у детей с ОВЗ (Me, Q₁–Q₃)**Spectrogram indicators at rest in SHA children (Me, Q₁–Q₃)**

Параметр Parameters	Контрольная группа Control group n = 114	Дети с ОВЗ SHA children n = 54
TP, мс ² (ms ²)	4961 (2334–10 444)	5126 (2791–12 313)
VLF, мс ² (ms ²)	1359 (741–2227)	2305* (928–3428)
LF, мс ² (ms ²)	1597 (868–2654)	1834* (916–3490)
HF, мс ² (ms ²)	1994 (254–2114)	885* (436–1952)
LF/HF, усл. ед. (с.у.)	1.02 (0.54–2.28)	1.89* (1.12–3.15)

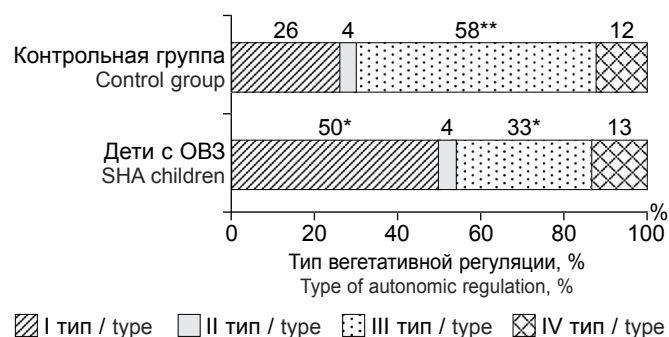
Примечание. * – статистическая значимость различий между группой детей с ОВЗ и контрольной группой ($p < 0,05$).

Note: * – statistical significance of the differences between the group of SHA children and the control group ($p < 0.05$).

сокочастотный компонент (HF, %; $p < 0,05$), минимальный вклад вносит очень низкочастотный компонент (VLF, %). Полученные результаты свидетельствуют о значительном влиянии надсегментарных уровней регуляции сердечного ритма при незначительном подключении парасимпатических влияний у детей с ОВЗ.

Исследование распределения по типам вегетативной регуляции выявило, что у большинства детей с ОВЗ преобладает центральный тип регуляции: 50% – умеренное преобладание центральной регуляции (I тип), 4% – выраженное преобладание центральной регуляции (II тип) (рис. 2). Преобладание I типа вегетативной регуляции фиксируется как внутри группы детей с ОВЗ ($p < 0,05$), так и по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$), III тип вегетативной регуляции, характеризующий оптимальный уровень функционирования организма [10], регистрируется лишь у трети детей с ОВЗ (33%). В контрольной группе преобладающим является именно III тип вегетативной регуляции (58%; $p < 0,05$) (см. рис. 2).

Ограничение исследования обусловлено спецификой лиц группы наблюдения – дети младшего школьного возраста (7–11 лет) с особыми возможностями здоровья, связанными с умственной отсталостью.

**Рис. 2.** Распределения (%) детей по типу вегетативной регуляции.

* – статистическая значимость различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0,05$); ** – статистически значимое преобладание III типа в контрольной группе ($p < 0,05$).

Fig. 2. Distribution (%) of children by type of autonomic regulation.

* – statistical significance of differences when compared with the control group ($p < 0.05$); ** – statistically significant predominance of type III in the control group ($p < 0.05$).

Обсуждение

В ходе проведенного исследования у детей с ОВЗ были выявлены значительные отличия по показателям вегетативной регуляции относительно группы сравнения. Наиболее значимые изменения фиксируются по спектральным показателям вариабельности сердечного ритма. Из всех параметров ВСР, по данным литературы, именно показатели спектрального анализа обладают наибольшей информативностью и объективностью [23, 24]. У детей с ОВЗ преобладают очень низкочастотный (VLF) и низкочастотный (LF) компоненты спектра относительно группы сравнения, что характеризует доминирование симпатического отдела вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма и высокий уровень напряжения регуляторных механизмов [18]. Отмечено также, что VLF, отражая высшие (надсегментарные) регуляторные уровни, позволяет судить о функциональном состоянии мозга [25]. Сдвиг вегетативного равновесия в группе детей с ОВЗ в сторону преобладающей симпатической модуляции подтверждается и высокими показателями вагосимпатического баланса (LF/HF в группе детей с ОВЗ в два раза превышает аналогичный показатель в группе сравнения). Выявленные нами показатели спектральных компонентов сердечного ритма свидетельствуют о сохраняющейся симпатической направленности вегетативной регуляции у детей с особыми возможностями здоровья. По данным исследователей, у детей младшего школьного возраста физиологически обоснованным является относительное преобладание парасимпатических модуляций [5, 26]. Этому соответствует выявленное нами в группе здоровых детей преобладание высокочастотного компонента ритма сердца (HF = 40,4%), характеризующего активность парасимпатического отдела ВНС. Имея некоторую автономность, вегетативная нервная система находится под влиянием ЦНС (в частности, гипоталамуса, лимбической системы и частично коры головного мозга). Отклонение в развитии центральной нервной системы (характерное для исследуемой нами группы детей с ОВЗ) может отражаться и на функциональной активности вегетативной нервной системы. По мнению С.К. Быструшкина (2006), дисбаланс вегетативных влияний у детей с нарушением интеллектуального развития может быть связан с недостаточным уровнем формирования высших корковых центров [27]. При анализе типа вегетативной регуляции у половины детей с ОВЗ зафиксирован I тип — умеренное преобладание центральной регуляции. Согласно двухконтурной модели регуляции сердечного ритма [13], оптимальное регуляторное влияние осуществляется при незначительном подключении высших (центральных) контуров управления. Выявленная нами у детей с ОВЗ высокая активность центральных уровней управления сердечным ритмом может свидетельствовать о несостоятельности периферических механизмов регуляции. Преобладание центральной регуляции связано со значительным отставанием созревания регуляторных систем, что оказывает влияние на функциональные резервы и эффективность адаптационных реакций организма детей [15, 28]. Доминирование симпатического отдела ВНС и напряжение регуляторных механизмов в группе детей с ОВЗ фиксируются в состоянии покоя. Симпатический отдел ВНС физиологически обеспечивает уклонение или адаптацию к изменяющимся условиям среды

(функция «сражайся или беги») за счёт активации метаболических реакций и обменных процессов, стимуляции функционирования органов и тканей, в том числе деятельности сердечно-сосудистой системы [6, 29]. Однако длительная активация симпатического отдела или его доминирование в состоянии относительного покоя может не только снизить адаптационные возможности организма вследствие истощения функциональных резервов, но и провоцировать развитие структурных изменений сердечной мышцы, а также в долгосрочном прогнозе выступать предиктором развития сердечной недостаточности [30].

Заключение

У детей с особыми возможностями здоровья, связанных с нарушением интеллекта, фиксируется значительная активность симпатической модуляции и высших вегетативных центров на фоне сниженной активности парасимпатического отдела ВНС, что свидетельствует о снижении устойчивости к стрессовым воздействиям учащихся младших классов. О состоянии напряжения адаптационных реакций у детей с ОВЗ свидетельствует высокий уровень вагосимпатического коэффициента. В группе детей с ОВЗ зафиксирован значительный вклад в сердечный ритм очень низкочастотного (VLF) и низкочастотного (LF) спектральных компонентов, а также доминирование центрального типа регуляции (I тип вегетативной регуляции), что указывает на недостаточные адаптационные резервы организма и неадекватное функционирование вегетативной нервной системы в регуляции сердечного ритма. У детей с ОВЗ с преобладанием центральной регуляции сердечного ритма снижается функционирование всех адаптационно-приспособительных механизмов. Учитывая, что гигиенические аспекты образовательного процесса в обследованных нами группах детей соответствовали регламентирующим документам, общий уровень образовательного процесса для детей с ОВЗ являлся более напряжённым и способствовал развитию разбалансированности вегетативной регуляции. Выявленные особенности регуляторного влияния вегетативной нервной системы у детей с ОВЗ предположительно обусловлены умственной отсталостью детей данной группы. Выявленный дисбаланс параметров вегетативной регуляции у детей с ОВЗ угрожает развитием срыва адаптационных реакций при воздействии различных внутренних и внешних факторов, способствуя астенизации регуляторных систем и развитию соматической патологии. Это требует индивидуально подобранной коррекционной программы развития, направленной на увеличение физической активности, использования медикаментозной терапии, уменьшающей влияние симпатического отдела вегетативной нервной системы и способствующей сбалансированности вегетативной нервной регуляции. Реабилитационно-коррекционные мероприятия должны проводиться во время занятий и сопровождать внеурочную деятельность. Максимальный общий объём недельной образовательной нагрузки должен включать реабилитационно-коррекционные мероприятия и соответствовать классу обучающихся с ОВЗ. Для предупреждения переутомления для детей младшего школьного возраста с умственной отсталостью рекомендуется увеличить продолжительность периодов отдыха во время учебной деятельности.

Литература

(п.п. 2–6, 11, 12, 14, 17, 19–22 см. References)

1. Баранов А.А., Альбицкий В.Ю. Состояние здоровья детей России, приоритеты его сохранения и укрепления. *Казанский медицинский журнал*. 2018; 99(4): 698–705. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-698>
2. Колодяжная Т.А., Зайцева О.И., Зайцева Ж.Г., Игнатова И.А. Синдром вегетативной дисфункции у детей младшего школьного возраста: факторы риска и структурно-функциональное состояние мембран эритроцитов. *Sib. J. Life Sci. Agric.* 2021; 13(4): 115–30. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-115-130>
3. Кучма В.Р., Ткачук Е.А., Ефимова Н.В. Гигиеническая оценка интенсификации учебной деятельности детей в современных условиях. *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2015; (1): 4–11.
4. Штина И.Е., Валина С.Л., Устинова О.Ю., Эйфельд Д.А., Зенина М.Т. Особенности вегетативного и тиреоидного статуса у школьников при различной напряжённости учебного процесса. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(2): 183–8. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-183-188>

10. Горелик В.В., Беляев В.С., Филиппова С.Н., Чумаков Б.Н. Особенности психофизиологической адаптации учащихся 11–16 лет к учебным и физическим нагрузкам, детерминированные типами их вегетативной. *Человек. Спорт. Медицина*. 2018; 18(1): 20–32.
13. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П., Довгалецкий П.Я., Кукушкин Ю.А. и др. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации). *Вестник аритмологии*. 2001; (24): 65–83.
15. Шлык Н.И. *Сердечный ритм и тип регуляции у детей, подростков и спортсменов*. Ижевск; 2009.
16. Литовченко О.Г., Сaitова Э.Н. Показатели вариабельности сердечного ритма у первоклассников города Сургута. *Человек. Спорт. Медицина*. 2019; 19(2): 14–9. <https://doi.org/10.14529/hsm190202>
18. Панкова Н.Б. Различия в динамике спектральных показателей вариабельности сердечного ритма и артериального давления у девочек и мальчиков в возрасте 8–9 лет. *Валеология*. 2018; (1): 37–44. <https://doi.org/10.18522/2218-2268-2018-1-37-44>
23. Ишбулатова М.С. Характеристика параметров сердечного ритма у детей 9–11 лет уроженцев Среднего Приобья. *Новые исследования*. 2017; (1): 11–8.
24. Гармаш О.И., Курганова А.В., Татаурова В.П. Санаторно-курортное лечение в коррекции функциональных отклонений вегетативной нервной системы у девочек с нарушением менструального цикла. *Вестник физиотерапии и курортологии*. 2018; (1): 52–5.
25. Кальюранд М.Т., Логинова Е.В., Потехина Ю.П. Динамика функционального состояния у детей с задержкой психического развития под влиянием остеопатической коррекции (по спектральным показателям вариабельности сердечного ритма). *Российский остеопатический журнал*. 2016; (3–4): 68–76. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2016-3-4-69-76>
26. Шарапов А.Н., Безобразова В.Н., Догадкина С.Д., Кмит Г.В., Рублева Л.В. Функциональная характеристика кардиоваскулярной системы у младших школьников с различными типами вариабельности сердечного ритма. *Новые исследования*. 2015; (1): 38–49.
27. Быструшкин С.К., Айзман Р.И. Состояние сердечно-сосудистой системы у детей 8–9 лет в норме и при нарушениях интеллектуального развития. *Физиология человека*. 2006; (2): 130–2.
28. Галеев А.Р., Игишева Л.Н., Казин Э.М. Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет. *Физиология человека*. 2002; (4): 54–8.
29. Литвин Ф.Б., Никитина В.С., Быкова И.В., Жигало В.Я. Кондиционная физическая подготовленность юных дзюдоистов с учетом особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма. *Физическая культура и здоровье*. 2017; (4): 115–9.
30. Осадчий О.Е. Роль активации симпатической нервной системы в развитии структурно-функциональных изменений миокарда при сердечной недостаточности. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2018; 25(1): 180–8. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2018-25-1-180-188>

References

1. Baranov A.A., Albitskiy V.Y. State of health of children in Russia, priorities of its preservation and improving. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal*. 2018; 99(4): 698–705. <https://doi.org/10.17816/KMJ2018-698>. (In Russian)
2. Avres J.S. The biology of physiological health. *Cell*. 2020; 182(2): 250–69. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2020.03.036>
3. WHO. Basic documents: forty-ninth edition (including amendments adopted up to 31 May 2019). Geneva; 2020. Available at: <https://apps.who.int/gb/bd/>
4. Roos L.E., Giuliano R.J., Beauchamp K.G., Gunnar M., Amidon B., Fishera P.A. Validation of autonomic and endocrine reactivity to a laboratory stressor in young children. *Psychoneuroendocrinology*. 2017; 77: 51–5. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2016.11.023>
5. Hartevelde L.M., Nederend I., Ten Harkel A.D., Schutte N.M., de Rooij S.R., Vrijkotte T.G., et al. Maturation of the cardiac autonomic nervous system activity in children and adolescents. *J. Am. Heart. Assoc.* 2021; 10(4): 1740–51. <https://doi.org/10.1161/JAHA.120.017405>
6. Rudd K.L., Yates T.M. The implications of sympathetic and parasympathetic regulatory coordination for understanding child adjustment. *Dev. Psychobiol.* 2018; 60(8): 1023–36. <https://doi.org/10.1002/dev.21784>
7. Kolodyazhnaya T.A., Zaytseva O.I., Zaytseva Zh.G., Ignatova I.A. Syndrome of autonomic dysfunction in children of young school age: risk factors and structural and functional state of erythrocyte membranes. *Sib. J. Life Sci. Agric.* 2021; 13(4): 115–30. <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-4-115-130> (in Russian)
8. Kuchma V.R., Tkachuk E.A., Efimova N.V. Hygienic assessment of the intensification of educational activity of children in modern conditions. *Voprosy shkol'noy i universitetskoy meditsiny i zdorov'ya*. 2015; (1): 4–11. (in Russian)
9. Shtina I.E., Valina S.L., Ustinova O.Yu., Eysfel'd D.A., Zenina M.T. Peculiarities of autonomous and thyroidal state in school children under different intensity of educational process. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(2): 183–8. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-2-183-188> (in Russian)
10. Gorelik V.V., Belyaev V.S., Fillipova S.N., Chumakov B.N. Peculiarities of the psychophysiological adaptation of pupils aged 11–16 years to educational and physical loads determined by the types of their vegetative regulation. *Chelovek. Sport. Meditsina*. 2018; 18(1): 20–32. (in Russian)
11. Gąsior J.S., Sacha J., Pawłowski M., Zieliński J., Jeleń P.J., Tomik A., et al. Normative values for heart rate variability parameters in school-aged children: simple approach considering differences in average heart rate. *Front. Physiol.* 2018; 9: 1495–506. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01495>
12. Bharath R., Moodithaya S.S., Bhat S.U., Mirajkar A.M., Shetty S.B. Comparison of physiological and biochemical autonomic indices in children with and without autism spectrum disorders. *Medicina (Kaunas)*. 2019; 55(7): 346–58. <https://doi.org/10.3390/medicina55070346>
13. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V., Gavrilushkin A.P., Dovgalevskiy P.Ya., Kukushkin Yu.A., et al. Analysis of heart rate variability using various electrocardiographic systems (guidelines). *Vestnik aritmologii*. 2001; (24): 65–83. (in Russian)
14. Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology. Heart rate variability. Standards of measurements, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*. 1996; 93: 1043–65.
15. Shlyk N.I. *Heart Rate and Type of Regulation in Children, Teenagers and Sportsmen [Serdechnyy ritm i tip regulatsii u detey, podrostkov i sportsmenov]*. Izhevsk; 2009. (in Russian)
16. Litovchenko O.G., Saitova E.N. Indicators of heart rate variability in children from surgut. *Chelovek. Sport. Meditsina*. 2019; 19(2): 14–9. <https://doi.org/10.14529/hsm190202> (in Russian)
17. de Zambotti M., Javitz H., Franzen P.L., Brumback T., Clark D.B., Colrain I.M., et al. Sex- and age-dependent differences in autonomic nervous system functioning in adolescents. *J. Adolesc. Health*. 2018; 62(2): 184–90. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2017.09.010>
18. Pankova N.B. Differences in the dynamics of spectral indices of heart rate and blood pressure variability in girls and boys aged 8–9 years. *Valeologiya*. 2018; (1): 37–44. <https://doi.org/10.18522/2218-2268-2018-1-37-44> (in Russian)
19. Mulkey S., Plessis A. Autonomic nervous system development and its' impact on neuropsychiatric outcome. *Pediatr. Res.* 2019; 85(2): 120–6. <https://doi.org/10.1038/s41390-018-0155-0>
20. Havano J., Yuda E. Pitfalls of assessment of autonomic function by heart rate variability. *J. Physiol. Anthropol.* 2019; 38(1): 3–12. <https://doi.org/10.1186/s40101-019-0193-2>
21. Skotte J.H., Kristiansen J. Heart rate variability analysis using robust period detection. *Biomed. Eng. Online*. 2014; 13: 138–46. <https://doi.org/10.1186/1475-925X-13-138>
22. Taralov Z.Z., Terziyski K.V., Kostianev S.S. Heart rate variability as a method for assessment of the autonomic nervous system and the adaptations to different physiological and pathological conditions. *Folia Medica*. 2015; 57(3–4): 173–80. <https://doi.org/10.1515/folmed-2015-0036>
23. Ishbulatova M.S. Heart rate parameters in 9–11-year-old children from the mid-ob region. *Novye issledovaniya*. 2017; (1): 11–8. (in Russian)
24. Garmash O.I., Kurganova A.V., Tataurova V.P. Sanatorium-resort treatment in correction of functional deviations of the autonomic nervous system in girls with menstrual irregularities. *Vestnik fizioterapii i kurortologii*. 2018; (1): 52–5. (in Russian)
25. Kal'yurand M.T., Loginova E.V., Potekhina Yu.P. Dynamics of the Functional State of the Body in Children Presenting Psychic Retardation Under the Influence of Osteopathic Correction (According to the Spectral Index of the Heart Rate Variability). *Rossiyskiy osteopaticheskiy zhurnal*. 2016; (3–4): 68–76. <https://doi.org/10.32885/2220-0975-2016-3-4-69-76> (in Russian)
26. Sharapov A.N., Bezobrazova V.N., Dogadkina S.D., Kmit' G.V., Rubleva L.V. Functional characteristics of the cardio-vascular system in primary school children with various types of heart rate variability. *Novye issledovaniya*. 2015; (1): 38–49. (in Russian)
27. Bystrushkin S.K., Ayzman R.I. The state of the cardiovascular system in children aged 8–9 in the norm and in impairments of intellectual development. *Fiziologiya cheloveka*. 2006; (2): 130–2. (in Russian)
28. Galeev A.R., Igisheva L.N., Kazin E.M. Healthy children from 6 to 16 years' heart rate variability. *Fiziologiya cheloveka*. 2002; (4): 54–8. (in Russian)
29. Litvin F.B., Nikitina V.S., Bykova I.V., Zhigalo V.Ya. Certified physical readiness of young judoists with the features of vegetative regulation of cardiac rhythm. *Fizicheskaya kul'tura i zdorov'e*. 2017; (4): 115–9. (in Russian)
30. Osadchiy O.E. Role of sustained sympathetic overactivation in the development of structural and functional myocardial changes in heart failure. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik*. 2018; 25(1): 180–8. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2018-25-1-180-188> (in Russian)