

УДК 612.17+615.834

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ПРОЦЕССЕ СПЕЛЕОКЛИМАТОТЕРАПИИ

© 2024 г. О. В. Комиссарова^{1, *}, Е. В. Фомина²

¹ФГБОУ ВО Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, Воронеж, Россия

²ФГБУН ГНЦ РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

*E-mail: ov-komissarova@yandex.ru

Поступила в редакцию 22.03.2023 г.

После доработки 19.07.2023 г.

Принята к публикации 28.07.2023 г.

Вегетативная нервная система является ключевым звеном в ходе адаптационно-приспособительных реакций организма к различным факторам внешней среды. Целью данного исследования была оценка вариабельности сердечного ритма (ВСР) детей младшего школьного возраста в процессе курса спелеоклиматотерапии. В исследовании приняли участие 175 практически здоровых детей в возрасте 7–10 лет. В ходе исследования изучено действие спелеоклиматотерапии на вегетативную регуляцию сердечного ритма по параметрам спектрального анализа ВСР. Данные ВСР были проанализированы в частотной области: общая мощность волн (TP), высокочастотные волны (HF), низкочастотные волны (LF), волны очень низкой частоты (VLF), вагосимпатический индекс LF/HF . Анализ полученных результатов позволил установить статистически значимые различия в группах мальчиков и девочек-ваготоников и мальчиков-нормотоников после прохождения курса спелеоклиматотерапии (СКТ). Снижение значения вагосимпатического индекса (LF/HF) до нормальных значений обнаружено в группах мальчиков и девочек-симпатотоников после курса СКТ, при этом у девочек-симпатотоников отмечалось увеличение значения общей мощности спектра (TP). Можно говорить о восстановлении вегетативного равновесия и повышении адаптационных возможностей организма ребенка вследствие приспособления к микроклимату сильвинитовых спелеокамер.

Ключевые слова: спелеоклиматотерапия, вариабельность сердечного ритма, вегетативная нервная система, школьники, адаптация.

DOI: 10.31857/S0131164624010091

Ведущим звеном в процессе поддержания гомеостаза и обеспечения адаптационно-приспособительных реакций организма к любым факторам внешней среды является вегетативная нервная система (ВНС). Известно, что вариабельность сердечного ритма (ВСР) выражает уровень напряжения регуляторных систем, который обусловлен возбуждением гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы в ответ на стрессовые факторы и ответной реакцией симпатoadреналовой системы. С помощью анализа ВСР можно оценить функциональное состояние организма и, в частности, состояние отделов ВНС — симпатического и парасимпатического [1, 2]. Деятельность симпатической и парасимпатической частей ВНС, по большей части, обусловлена многоконтурной и многоуровневой регуляцией кровообращения и не стабильна, она способна изменять свои параметры с целью получения полезного результата. Данные параметры интегральны по функциям, усреднены по времени и демонстрируют адаптационный ответ всего организма.

Младший школьный возраст является одним из важнейших периодов в развитии детского организма. В это время происходит подготовка к перестройке всех систем организма к началу полового созревания, отмечается напряжение адаптационных процессов вследствие нейрогуморальных изменений и разнонаправленной работы вегетативной нервной системы [3]. Напряженность механизмов адаптации у младших школьников может представляться особым фоном для формирования психосоматических заболеваний [4]. Дети, у которых отмечается преобладание симпатических нервных влияний на ритм сердца, характеризуются сниженными адаптационными возможностями организма [5]. Напротив, дети с доминирующим влиянием парасимпатической системы на сердечный ритм обладают более высокими адаптационными резервами [6]. Ведущую роль в укреплении здоровья детей выполняют профилактические мероприятия. При подборе оздоровительных методов важно особенно внимательно подходить к выбору немедикаментозных влияний на организм ребенка

[7]. В комплексной терапии и с профилактическими целями в качестве адаптогенного воздействия на организм в последние несколько лет все чаще используются специфические факторы микроклимата сильвинитовых пещер, при этом происходит не только местное, но и комплексное воздействие на организм ребенка. При нахождении детей в санатории в процессе прохождения курса спелеоклиматотерапии отмечается выраженный корригирующий эффект с нормализацией вегетативного баланса.

Уникальность спелеоклиматотерапии (СКТ) заключается в применении солей калийно-магниевого месторождения. В искусственно созданных условиях (спелеоклиматическая камера из сильвинита) на человеческий организм влияет комплекс естественных природных факторов, что может привести к положительным изменениям адаптационного потенциала и способствовать возрастанию функциональных резервов организма. Есть данные [8, 9] об исследовании детей с различными нарушениями здоровья в ходе использования спелеоклиматотерапии, однако остаются не до конца изученными вопросы о влиянии сильвинитовой терапии на состояние здоровья и функциональные резервы организма практически здоровых детей. Цель настоящего исследования — изучение влияния спелеоклиматотерапии на вегетативную регуляцию сердечного ритма по показателям спектрального анализа ВСР у детей младшего школьного возраста.

МЕТОДИКА

В исследовании участвовали 175 практически здоровых детей обоего пола (89 мальчиков и 86 девочек), получавших санаторно-курортное лечение с использованием спелеоклиматотерапии, на базе БУЗ “Сомовский санаторий для детей” (г. Воронеж). Возраст детей варьировал от 7 до 10 лет. Критериями исключения из настоящего исследования являлись общие противопоказания, не позволяющие посещениями пациентами климатического лечения [7, 10, 11].

Сильвинитовая спелеоклиматическая камера — это помещение, в котором все поверхности, стены, пол и потолок могут быть выполнены из сильвинитовых соляных горных пород Верхнекамского месторождения калийных солей. В помещении спелеоклиматической камеры создаются постоянные условия:

1) температура 17–21°C и относительная влажность воздуха 45–75%;

2) незначительно повышенное, но не выходящее за пределы естественного радиационного фона мягкое β - и γ -излучение изотопа ^{40}K , который способствует постоянному образованию легких отрицательных аэроионов;

3) мультикомпонентный химический состав сильвинитового аэрозоля (хлориды калия, магния, натрия и др.);

4) сниженное число микроорганизмов;

5) отсутствие аллергенов;

6) отсутствие звуковых и световых раздражающих факторов [12, 13].

Влияние спелеоклиматотерапии на организм человека определяется как непосредственное влияние отдельных факторов микроклимата помещения сильвинитовой камеры, так и комплексное воздействие спелеоклимата.

Отличительным свойством сильвинитовой спелеокамеры считают ионизацию воздуха. Наиболее важным лечебным эффектом обладают легкие отрицательные аэроионы и их концентрация. Ионизированный воздух при действии на человеческий организм положительно влияет на электрообмен, а также на благоприятные изменения газового и минерального обмена, активизирует функцию мерцательного эпителия внутренней мукозной оболочки респираторного тракта.

Результативность данного воздействия напрямую зависит от зоны гормезиса или диапазона оптимума интенсивности воздействия спелеоклимата. Как и радонотерапия, спелеоклиматотерапия использует эффект радиационного гормезиса, но при других, гораздо более низких и близких к природным значениям, уровнях излучения. В основе этого механизма восстановления больного организма и поддержания здоровья лежит внешнее воздействие, которое вызывает неспецифическую реакцию. Основной механизм реабилитации больного и поддержания здоровья человека связан с эффектом гормезиса под “слабым” переменным внешним воздействием, вызывающим неспецифическую реакцию адаптации и через нее благоприятно воздействующим на функциональные резервы организма [14].

В ходе проведения исследования мы придерживались выполнения методических рекомендаций и условий [15, 16]. Для измерения ВСР применяли устройство психофизиологического тестирования УПФТ-1/30 — “ПСИХОФИЗИОЛОГ” (Россия). Проводили снятие электрокардиограммы (ЭКГ) в I-м стандартном отведении. Стандартное время регистрации ЭКГ занимало 5 мин [7, 10]. Обследование проводили в два этапа: на второй день нахождения детей в санатории и после курса спелеоклиматотерапии, занимающего 10 дней. Лечение методом спелеоклиматотерапии рекомендовалось детям в соответствии с методическими рекомендациями [11] и включало десять сеансов длительностью 60 мин в первой половине дня примерно в одно и то же время [17–19]. Перед проведением сеанса исключали факторы, которые теоретически могли приводить

к эмоциональному возбуждению. Регистрацию ВСР проводили при соблюдении следующих критериев: не ранее чем через 1.5–2 ч после приема пищи, в полной тишине, в затемненном помещении и при температуре воздуха в пределах 18–24°С [15, 20]. Ребенку сообщали, что ему необходимо дышать спокойно, принять удобную позу и быть расслабленным. Во время сеанса не следовало изменять положение тела и разговаривать.

Данные были проанализированы в следующих частотных областях: общая мощность волн (TP , мс²) – ≤ 0.4 Гц, высокочастотные волны (HF , мс²) – 0.15–0.4 Гц, низкочастотные волны (LF , мс²) – 0.04–0.15 Гц, очень низкочастотные (VLF , мс²) – 0.003–0.04 Гц [15, 20, 21].

Начальные признаки дезадаптивных реакций можно отследить по изменениям вегетативного статуса организма [20, 22, 23]. При активации одного из отделов ВНС происходит торможение другого. Вегетативный индекс (LF/HF) отражает симпато-парасимпатический баланс. Баланс частей ВНС в отношениях LF/HF у детей расположен в пределах 0.5–1.5. Всех обследуемых детей разделили по полу, а затем распределили на 3 группы по типу исходного вегетативного тонуса на основании вагосимпатического индекса (табл. 1).

Таблица 1. Распределение детей в зависимости от исходного вегетативного уровня

Пол	Вегетативный тонус		
	Ваготония	Нормотония	Симпатикотония
Женский	9 (10, 5%)	37 (43, 0%)	40 (46, 5%)
Мужской	14 (15, 7%)	29 (32, 6%)	46 (51, 7%)

Стоит отметить, что в группе девочек и мальчиков отмечалось преобладание симпатикотонии. На период младшего школьного возраста приходится вторая перестройка регуляции, в этот период отмечается усиление центральных влияний на ритм сердца, что и может приводить к выраженной активности симпатического отдела ВНС [7, 10].

Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программы *IBM SPSS Statistics* v. 23 (разработчик — *IBM Corporation*, США) и *StatTech* v. 2.8.8 (разработчик — ООО “Статтех”, Россия). Сбор, компоновка и систематизация исходных данных осуществлялась в электронных таблицах *Microsoft Office Excel* 2016. В связи с тем, что количество испытуемых в группах составляло меньше 50 чел., оценку нормального распределения количественных показателей проводили с помощью критерия Шапиро-Уилка. Количественные показатели описывались с помощью медианы (Me), ниже-

го и верхнего квартилей (Q_1-Q_3), так как отсутствовало нормальное распределение. Сравнение количественных показателей до и после спелеоклиматотерапии выполняли с использованием критерия Уилкоксона. Критический уровень значимости различий $p < 0.05$ [7, 10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализируемые параметры ВСР до и после СКТ представлены в табл. 2.

В группе девочек-ваготоников после курса СКТ было отмечено повышение значения вагосимпатического индекса (LF/HF) ($p = 0.05$). У мальчиков в группах нормотоников и ваготоников после курса СКТ также отмечалось увеличение значения вагосимпатического индекса (LF/HF) ($p < 0.01$). Увеличение данного параметра происходило за счет прироста LF компонента. Однако повышение вагосимпатического индекса (LF/HF) не превышало 2.2 у.е. и может свидетельствовать о благоприятных стимулирующих изменениях вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы.

В группе девочек-симпатотоников обнаружены значимые изменения значения общей мощности спектра (TP) ($p = 0.03$). Значительную долю спектра до курса СКТ составлял низкочастотный компонент LF ($LF > VLF > HF$). После курса СКТ отмечалось увеличение значения общей мощности волн (TP) за счет прироста параметров мощности волн высокой частоты (HF) ($p < 0.01$). Это указывает на рост парасимпатического влияния на вегетативный контроль сердечно-сосудистой системы. В ряде работ [24–26] отмечается, что при посещении спелеоклиматической камеры под действием аэроионов происходит усиление движений ворсинок мерцательного эпителия трахеи и бронхов, улучшая тем самым мукоцилиарный клиренс, а химические составляющие соли изменяют электролитный баланс гладкомышечных волокон, происходит релаксация и повышение числа полноценно вентилируемых альвеол и, как следствие, увеличение дыхательного объема и прирост мощности волн высокой частоты (HF) за счет смещения баланса LF/HF в сторону парасимпатического компонента [27]. Также отмечалась тенденция к росту мощности волн очень низкой частоты (VLF) ($VLF > LF > HF$), которая демонстрирует активность симпатического подкоркового центра регуляции. Вместе с тем, рост значений общей мощности спектра (TP) отмечается при повышении адаптационных резервов организма, так как этот критерий выражает суммарный эффект воздействия на сердечный ритм всех регуляторных уровней. Отмечено также снижение значения вагосимпатического ин-

Таблица 2. Показатели вариабельности сердечного ритма у детей в зависимости от исходного вегетативного статуса до и после прохождения курса спелеоклиматотерапии (СКТ)

Нормотония										
Показатель	девочки				p	мальчики				
	до СКТ		после СКТ			до СКТ		после СКТ		
	Me	Q_1-Q_3	Me	Q_1-Q_3		Me	Q_1-Q_3	Me	Q_1-Q_3	
	TP, мс ²	4815	1846–8741	3788		2347–8094	0.80	5657	4113–10282	4538

Примечание: * – различия показателей статистически значимы (p < 0.05).

декса (LF/HF) до нормальных значений в группе девочек-симпатотоников. Снижение параметров вагосимпатического индекса (LF/HF) ($p < 0.01$) наблюдалось и в группе мальчиков-симпатотоников, что указывает на восстановление вегетативного равновесия и увеличение адаптационных резервов организма ребенка вследствие привыкания к микроклимату сильвинитовых комнат.

У детей в ходе прохождения курса спелеоклиматотерапии отмечается восстановление измененных функций организма за счет физиологических механизмов, в результате чего происходит повышение функциональных запасов и перестройка механизмов компенсации, стимуляция и активация важнейших реакций. Отмечается снижение напряжения функционирования физиологических систем, снижается объем использования компенсаторных механизмов.

При непосредственном влиянии отдельных факторов микроклимата (природных физических факторов калийных солей) может происходить активация симпатического отдела ВНС, и как результат стимулируются адаптационные резервы организма [7, 10, 18, 26]. Спелеокамера имеет свой относительно стабильный микроклимат, комплексное воздействие факторов этого микроклимата на организм человека осуществляется по принципу гормезиса. Понимание воздействия лечебной среды спелеотерапии на организм человека и его ответа на это воздействие должно базироваться на фундаментальных исследованиях физиологических проблем ответа организма на внешние факторы. Существует большое количество научных исследований, демонстрирующих наличие механизмов биологической защиты, которые запускаются стрессовыми, но субпороговыми стимулами и достигают высшей точки в защите, восстановлении и улучшении биологических систем организма на молекулярном, клеточном и организменном уровнях. Существует ряд терминов с похожими значениями, которые использовались для определения этих природных явлений [28]. Особое внимание следует уделить концепции гормезиса. Гормезис как вариант ответной реакции организма на определенную дозу объясняется законом Арндта-Шульца, который гласит, что слабые раздражители действуют на процессы в организме возбуждающим образом, сильные — могут тормозить, а экстремально большие — парализуют. Каждый человек в ежедневных повседневных реалиях адаптирован к влиянию обычного (фоновому) диапазона интенсивности доз того или иного фактора (температура, влажность, радиация и т.д.). Нормальная реакция организма на воздействие фоновой интенсивности воздействия при этом соответствует фоновому состоянию здоровья. Уменьшение уровня интенсивности этого воздействия практически до полного непривычного нам отсутствия действия фактора может

быть причиной расстройства жизненных функций и смерти. При этом организм, попадая в зону слабоинтенсивного воздействия, близкую к фоновому, но отличную от полного нуля, начинает активизировать все свои адаптационные резервы. Поэтому интенсивность малой, но не нулевой дозы слабоинтенсивного воздействия какого-либо внешнего фактора или их комплекса стимулирует компенсаторно-приспособительные силы и адаптационные возможности организма. Это и есть гормезис — стимуляция адаптации малыми и сверхмалыми дозами воздействия [14]. Согласно этому принципу, биологическому закону Арндта-Шульца, ответная реакция на раздражитель определяется его интенсивностью. Зона гормезиса определяется адаптационными возможностями организма. Увеличение интенсивности воздействия внешней среды выше определенных пределов, т.е. превышающее адаптационные возможности организма, способно привести к угнетению деятельности внутренних органов и организма в целом, а при достижении летальной интенсивности воздействия — к гибели организма. Согласно принципу гормезиса, снижение интенсивности внешнего воздействия менее диапазона, к которому организм адаптирован, также способно угнетать его деятельность [29, 30]. При кратковременном воздействии (десятидневный курс) спелеоклиматотерапии происходит умеренная стимуляция адаптационных возможностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование механизмов влияния спелеоклиматотерапии на вариабельность сердечного ритма практически здоровых детей младшего школьного возраста по спектральным данным показало, что результаты воздействия сильвинитовым микроклиматом обусловлены начальным вегетативным статусом ребенка. Следует учитывать механизмы воздействия спелеоклимата и целесообразность его применения в коррекции состояний, связанных со смещением вегетативного баланса. По мнению некоторых авторов [27], повышение вагосимпатического индекса (LF/HF) выше нормативных показателей может свидетельствовать о дезадаптивных изменениях вегетативной регуляции. У школьников при исходной ваго- и нормотонии после курса спелеоклиматотерапии выявлялась активация симпатической нервной системы в результате неспецифических ответных реакций организма ребенка на новые условия, что согласуется с данными [31] о том, что на различных этапах развития ребенка ВНС включает своеобразные лимитирующие факторы адаптационных реакций при действии раздражителей различной природы.

Основной составляющей, обеспечивающей модулирующее воздействие спелеоклиматотерапии, является принцип гормезиса. Происхо-

дит перестройка системы регуляции в результате адаптации, что и обуславливает положительный эффект спелеоклиматотерапии.

После курса спелеоклиматотерапии при исходной симпатикотонии происходит процесс адаптации к микроклимату сильвинитовой камеры посредством мобилизации защитных систем организма и снижения активности симпатического отдела ВНС. Кроме того, следует принимать во внимание возможность профилактического действия микроклимата спелеоклиматической камеры в качестве метода расширения адаптационных возможностей организма за счет повышения его функциональных резервов.

Таким образом, по данным исследования можно рассматривать спелеоклиматотерапию как метод профилактики и коррекции дезадаптационных изменений организма с учетом исходного функционального состояния организма.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным этическим комитетом Воронежского государственного медицинского университета им. Н.Н. Бурденко (Воронеж), протокол № 1 от 26.01.2018 г.

Информированное согласие. Каждый участник (или его законный представитель) 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 данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Луцицкая Е.С., Фунтова И.И., Черникова А.Г. Исследование вегетативной регуляции кровообращения в условиях длительного космического перелета // Физиология человека. 2013. Т. 39. № 5. С. 42.
2. Черникова А.Г., Исаева О.Н. Вегетативная регуляция сердечного ритма и сердечно-сосудистого гомеостаза при адаптации к условиям длительной изоляции в гермообъекте / XLVI Академические чтения по космонавтике, посвященные памяти академика С.П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства. Королёвские чтения 2022: XLVI Академические чтения по космонавтике. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. С. 335.
3. Шарапов А.Н., Догадкина С.Б., Рублева Л.В. и др. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы 13-летних подростков с разными типами вегетативной нервной регуляции // Физиология человека. 2017. Т. 43. № 2. С. 31.
4. Васильева Р.М., Сонькин В.Д., Орлова Н.И., Пронина Т.С. Функциональное развитие детей 6–7 лет и энергoveгетативные реакции их организма на стандартную физическую нагрузку // Новые исследования. 2019. Т. 60. № 4. С. 69.
5. Догадкина С.Б. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у детей 5–10 лет // Новые исследования. 2018. № 1 (54). С. 35.
6. Догадкина С.Б. Особенности вегетативной регуляции сердечного ритма у детей 8 лет // Новые исследования. 2011. Т. 1. № 27. С. 101.
7. Комиссарова О.В., Дорохов Е.В. Влияние спелеоклиматотерапии на показатели простой и сложной зрительно-моторной реакции у детей младшего школьного возраста в зависимости от их исходного вегетативного статуса // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2019. Т. 9. № 4. С. 16.
8. Файнбург Г.З., Михайловская Л.В. Проблемы доказательности эффективности немедикаментозных средств защиты от воздействия и реабилитации последствий острых респираторно-вирусных инфекций // Безопасность и охрана труда. 2021. № 1 (86). С. 51.
9. Вавилова В.П., Нечаева И.А., Вавилов А.М. и др. Эффективность современных немедикаментозных методов реабилитации дошкольников, часто болеющих острыми респираторными вирусными инфекциями // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2019. Т. 17. № 3. С. 308.
10. Комиссарова О.В., Дорохов Е.В. Опыт использования спелеоклиматотерапии в оздоровлении и повышении адаптационных возможностей детей // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Медицина. 2020. Т. 24. № 2. С. 176.
11. Файнбург Г.З. Солёный воздух и его целительная сила: процессы формирования и процедуры использования. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2017. 296 с.
12. Thínová L., Froňka A., Rovenská K. The overview of the radon and environmental characteristics measurements in the Czech show caves // Radiat. Prot. Dosimetry. 2015. V. 164. № 4. P. 502.
13. Lăzărescu H., Simionca I., Hoteteu M., Mirescu L. Speleotherapy — modern bio-medical perspectives // J. Med. Life. 2014. V. 7. Spec. № 2. P. 76.
14. Файнбург Г.З., Михайловская Л.В. Воздействие калийно-магниевых соляных аэродисперсных воздушных сред на организм человека // Безопасность и охрана труда. 2021. № 4 (89). С. 65.
15. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use / Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology // Circulation. 1996. V. 93. № 5. P. 1043.

16. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2002. № 24. С. 65.
17. Рязанова Е.А., Баранников В.Г., Кириченко Л.В. и др. Сравнительная гигиеническая характеристика современных методов спелеолечения // Пермский медицинский журнал. 2014. Т. 31. № 3. С. 65.
18. Файнбург Г.З. О доказательности эффективности методов спелеотерапии в калийных рудниках и спелеоклиматотерапии в сильвинитовых спелеокамерах / Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей. Материалы I Международной научно-практической конференции. Пермь, 14–15 мая 2018 г. // Под ред. Файнбурга Г.З. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. С. 416.
19. Mełet S., Kostrzon M., Adamiak J. et al. The influence of speleotherapy combined with pulmonary rehabilitation on functional fitness in older adults — preliminary report // Ther. Adv. Respir. Dis. 2020. V. 14. P. 17.
20. Gąsior J.S., Sacha J., Pawłowski M. et al. Normative values for heart rate variability parameters in school-aged children: Simple approach considering differences in average heart rate // Front. Physiol. 2018. V. 9. P. 1495.
21. Русанов В.Б., Пастушкова Л.Х., Гончарова А.Г. и др. Отражение особенностей физиологической регуляции сердечного ритма в протеоме мочи практически здоровых молодых мужчин // Физиология человека. 2020. Т. 46. № 2. С. 84.
22. Speer K.E., Semple S., Naumovski N., McKune A.J. Measuring heart rate variability using commercially available devices in healthy children: A validity and reliability study // Eur. J. Investig. Health Psychol. Educ. 2020. V. 10. № 1. P. 390.
23. Hamidovic A., Van Hedger K., Choi S.H. et al. Quantitative meta-analysis of heart rate variability finds reduced parasympathetic cardiac tone in women compared to men during laboratory-based social stress // Neurosci. Biobehav. Rev. 2020. V. 114. P. 194.
24. Гринченков Д.В., Косяченко Г.Е., Мохов В.А. и др. Анализ аспектов развития системы наземного спелеолечения // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. С. 71.
25. Косяченко Г.Е., Николаева Е.А., Тишкевич Г.И. Особенности формирования лечебного эффекта от пребывания в наземных спелеоклиматических камерах с применением в конструкции соляных материалов // Современные проблемы гигиены, радиационной и экологической медицины. 2016. № 6. С. 289.
26. Бохан А.Н., Владимирский Е.В., Горбунов Ю.В. и др. Объективная оценка применения спелеоклиматических камер из природного сильвинита в профилактике и лечении // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2021. Т. 98. № 3–2. С. 51.
27. Rodríguez-Núñez I., Rodríguez-Romero N., Álvarez A. et al. Heart rate variability in children: methodological issues and clinical applications // Arch. Cardiol. Mex. 2022. V. 92. № 2. P. 242.
28. Leak R.K., Calabrese E.J., Kozumbo W.J. et al. Enhancing and extending biological performance and resilience // Dose Response. 2018. V. 16. № 3. P. 1559325818784501.
29. Акбашев А.Р., Бохан А.Н., Владимирский Е.В. и др. Особенности курортных местностей с учетом эффекта радиационного гормезиса // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018. Т. 95. № 2. С. 22.
30. Медведева И.М., Дорохова Ю.В., Бохан А.Н. и др. Гормезисное влияние внутренней среды сильвинитовых спелеоклиматических камер на восстановительные процессы организма и его безопасность / Актуальные проблемы охраны труда и безопасности производства, добычи и использования калийно-магниевых солей. Материалы II Международной научно-практической конференции. Пермь, 21–22 октября 2021 г. // Под научной ред. Файнбурга Г.З., Литвиновской Н.А. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. С. 343.
31. Jarrin D.C., McGrath J.J., Poirier P. et al. Short-term heart rate variability in a population-based sample of 10-year-old children // Pediatr. Cardiol. 2015. V. 36. № 1. P. 41.

REFERENCES

1. Baevskii R.M., Luchitskaya E.S., Funtova I.I., Chernikova A.G. Study of the autonomic regulation of blood circulation during a long-term space flight // Human Physiology. 2013. V. 39. № 5. P. 486.
2. Chernikova A.G., Isaeva O.N. [Autonomic regulation of heart rate and cardiovascular homeostasis during adaptation to conditions of long-term isolation in a hermetic facility] / "XLVI KOROLEV ACADEMIC SPACE CONFERENCE", dedicated to the memory of academican S.P. Korolev and other outstanding national scientists — pioneers of space exploration. M.: N.E. Bauman MSTU Publishing house. 2022. P. 335.
3. Sharapov A.N., Dogadkina S.B., Rubleva L.V. et al. Functional state of the cardiovascular system in 13-year-old adolescents with different types of autonomic nervous regulation // Human Physiology. 2017. V. 43. № 2. P. 146.
4. Vasilyeva R.M., Sonkin V.D., Orlova N.I., Pronina T.S. [Functional development of 6-7-year-old children and energy-vegetative reactions of their organism to standard physical load] // Novyye Issledovaniya. 2019. V. 60. № 4. P. 69.
5. Dogadkina S.B. [Peculiarities of heart rate vegetative regulation in children 5-10-years-old] // Novyye Issledovaniya. 2018. V. 54. № 1. P. 35.

6. *Dogadkina S.B.* [Peculiarities of heart rate vegetative regulation in children 8-years-old] // *Novyye Issledovaniya*. 2011. V. 1. № 27. P. 101.
7. *Komissarova O.V., Dorokhov E.V.* [The influence of speleoclimatotherapy on indicators of simple and complex visual-motor reactions in children of primary school age, depending on their initial vegetative status] // *Krymskiy Zhurnal Eksperimental'noy i Klinicheskoy Meditsiny*. 2019. V. 9. № 4. P. 16.
8. *Faynburg G.Z.* [Framework of proper organization of quality training on occupational health and safety] // *Bezopasnost' i Okhrana Truda*. 2021. V. 86. № 1. P. 51.
9. *Vavilova V.P., Nechaeva I.A., Vavilov A.M. et al.* [Efficiency of modern non-medication rehabilitation methods of preschool children often suffering from severe acute respiratory syndrome] // *Journal of the Grodno State Medical University*. 2019. V. 17. № 3. P. 308.
10. *Komissarova O.V., Dorokhov E.V.* [Applying of speleoclimatotherapy for improving children's health and adaptational possibilities] // *RUDN Journal of Medicine*. 2020. V. 24. № 2. P. 176.
11. *Fainburg G.Z.* [Salt air and its healing power: processes of formation and procedures of use]. Perm: Publishing House of the Perm State Technical University, 2017. 296 p.
12. *Thinová L., Froňka A., Rovenská K.* The overview of the radon and environmental characteristics measurements in the Czech show caves // *Radiat. Prot. Dosimetry*. 2015. V. 164. № 4. P. 502.
13. *Lăzărescu H., Simionca I., Hoteteu M., Mirescu L.* Speleotherapy — modern bio-medical perspectives // *J. Med. Life*. 2014. V. 7. Spec. № 2. P. 76.
14. *Fainburg G.Z., Mikhailovskaya L.V.* [Impact effects of potassium-magnesium salts aerodispersed air media per human body] // *Bezopasnost' i Okhrana Truda*. 2021. № 4 (89). P. 65.
15. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use / Task force of the European society of cardiology and the North American society of pacing and electrophysiology // *Circulation*. 1996. V. 93. № 5. P. 1043.
16. *Baevsky R.M., Ivanov G.G., Chireikin L.V. et al.* Analysis of heart rate variability when using various electrocardiographic systems (methodological recommendations) // *J. Arrhythmol*. 2002. № 24. P. 65.
17. *Ryazanova E.A., Barannikov V.G., Kirichenko L.V. et al.* [Comparative hygienic characteristic of modern salt-therapy methods] // *Perm Medical Journal*. 2014. V. 31. № 3. P. 65.
18. *Fainburg G.Z.* [On the evidence of the effectiveness of speleotherapy methods in potash mines and speleoclimatotherapy in sylvinitic chambers / Current problems of labor protection and safety of production, extraction and use of potassium-magnesium salts]. Materials of the I International Scientific and Practical Conference. Perm, May 14–15, 2018 // Perm: Publishing House of the Perm State Technical University, 2018. P. 416.
19. *Mełtel S., Kostrzon M., Adamiak J. et al.* The influence of speleotherapy combined with pulmonary rehabilitation on functional fitness in older adults — preliminary report // *Ther. Adv. Respir. Dis*. 2020. V. 14. P. 17.
20. *Gąsior J.S., Sacha J., Pawłowski M. et al.* Normative values for heart rate variability parameters in school-aged children: Simple approach considering differences in average heart rate // *Front. Physiol*. 2018. V. 9. P. 1495.
21. *Rusanov V.B., Pastushkova L.H., Goncharova A.G. et al.* Reflection of heart rate physiological regulation parameters in the urinary proteome in healthy young males // *Human Physiology*. 2020. V. 46. № 2. P. 182.
22. *Speer K.E., Semple S., Naumovski N., McKune A.J.* Measuring heart rate variability using commercially available devices in healthy children: A validity and reliability study // *Eur. J. Investig. Health Psychol. Educ*. 2020. V. 10. № 1. P. 390.
23. *Hamidovic A., Van Hedger K., Choi S.H. et al.* Quantitative meta-analysis of heart rate variability finds reduced parasympathetic cardiac tone in women compared to men during laboratory-based social stress // *Neurosci. Biobehav. Rev*. 2020. V. 114. P. 194.
24. *Grinchenkov D.V., Kosyachenko G.E., Mokhov V.A. et al.* [Analysis of aspects of the development of a system of ground speleotherapy] // *Sovremennyye Problemy Nauki i Obrazovaniya*. 2015. № 5. P. 71.
25. *Kosyachenko G.E., Nikolaeva E.A., Tishkevich G.I.* [Features of formation of therapeutic effect of stay in terrestrial speleoclimatic chambers of construction the salt material] // *Modern Problems of Hygiene, Radiation and Environmental Medicine*. 2016. № 6. P. 289.
26. *Bokhan A.N., Vladimirovsky E.V., Gorbunov Yu.V. et al.* [Objective assessment of the use of speleoclimatic chambers made of natural sylvinitic in prevention and treatment] // *Vopr. Kurortol. Fizioter. Lech. Fiz. Kult*. 2021. V. 98. № 3-2. P. 51.
27. *Rodríguez-Núñez I., Rodríguez-Romero N., Álvarez A. et al.* Heart rate variability in children: methodological issues and clinical applications // *Arch. Cardiol. Mex*. 2022. V. 92. № 2. P. 242.
28. *Leak R.K., Calabrese E.J., Kozumbo W.J. et al.* Enhancing and extending biological performance and resilience // *Dose Response*. 2018. V. 16. № 3. P. 1559325818784501.
29. *Akbashev A.R., Bokhan A.N., Vladimirovsky E.V. et al.* [Features of resort areas taking into account the effect of radiation hormesis] // *Vopr. Kurortol. Fizioter. Lech. Fiz. Kult*. 2018. V. 95. № 2. P. 22.
30. *Medvedeva I.M., Dorokhova Yu.V., Bokhan A.N. et al.* [Hormesis influence of the internal environment of sylvinitic speleoclimatic chambers on the body's recovery processes and its safety / Current problems of labor protection and safety of production, extraction and use of potassium-magnesium salts]. Materials of the I International Scientific and Practical Conference. Perm, October 21–22, 2021 // Perm: Publishing House of the Perm State Technical University, 2021. P. 343.
31. *Jarrin D.C., McGrath J.J., Poirier P. et al.* Short-term heart rate variability in a population-based sample of 10-year-old children // *Pediatr. Cardiol*. 2015. V. 36. № 1. P. 41.

Heart Rate Variability in Children of Younger School Age in the Speleoclimatotherapy

O. V. Komissarova^{a, *}, E. V. Fomina^b

¹*Voronezh State Burdenko Medical University, Voronezh, Russia,*

²*Institute of Biomedical Problems of the RAS, Moscow, Russia*

**E-mail: ov-komissarova@yandex.ru*

The autonomic nervous system is a key link in the course of adaptation and adaptive reactions of the organism to various environmental factors. The aim of this study was to assess the heart rate variability of primary school children during a course of speleoclimatotherapy. The heart rate variability were evaluated in 175 practically healthy children aged 7–10 years. In the course of the study the effect of speleoclimatotherapy on the balance sympathetic and parasympathetic nervous system was studied using the parameters of spectral analysis of heart rate variability (HRV). HRV data were analysed in the frequency domain: total wave power (TP), high frequency waves (HF), low frequency waves (LF), very low frequency waves (VLF), vagosympathetic index LF/HF. After a course of speleoclimatotherapy the analysis of the obtained results allowed us to establish statistically significant differences in the groups of boy and girls with vagotonic and normotonic type of regulation. After a course of speleoclimatotherapy reduction of the index of a vagosympathetic balance (LF/HF) to normal values was found in the groups of sympathotonic boys and sympathotonic girls, while in sympathotonic girls there was an increase in the value of the total power (TP). It is possible to speak about the restoration of vegetative equilibrium and increase of adaptive capabilities of the child's organism due to adaptation to the microclimate of speleo-chambers.

Keywords: speleoclimatotherapy, heart rate variability, autonomic nervous system, schoolchildren, adaptation.