

УДК 612.017.2/574.24

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА У ДЕТЕЙ 4–6 ЛЕТ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ КОНТРАСТНЫМ ЗАКАЛИВАНИЕМ

© 2024 г. С. С. Бобрешова^{1, 2, *}, Е. И. Малинина², Н. В. Турбасова³,
Т. А. Фишер^{1, 4}, С. В. Соловьёва²

¹ФГБУН ФИЦ Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

²ФГБОУ ВО Тюменский государственный медицинский университет МЗ РФ, Тюмень, Россия

³ФГАОУ ВО Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия

⁴АНО ДПО НОЦ «Регион здоровья», Тюмень, Россия

*E-mail: kolyvanova93@mail.ru

Поступила в редакцию 02.03.2023 г.

После доработки 26.06.2023 г.

Принята к публикации 28.07.2023 г.

В данной статье представлены результаты анализа особенностей в регуляции variability ритма сердца (ВРС) у детей старшего дошкольного возраста, занимающихся по методике комплексного контрастного закаливания и оздоровления детей дошкольного возраста (Т.А. Фишер, С.С. Кольванова, Е.Л. Дремина, патент № RU2744024C2 от 09.07.2019) в дошкольном образовательном учреждении. У детей, занимающихся контрастным закаливанием, были выявлены достоверно более высокие статистические показатели, оценивающие общий вегетативный тонус (*SDNN*, *RMSSD*, *pNN50*, *CV*) по сравнению с контрольной группой. Оценка статистических, спектральных параметров ВРС свидетельствовала о преобладании парасимпатических влияний на сердечный ритм и сдвиге вегетативного баланса в сторону парасимпатикотонии, что выразилось в достоверном снижении индекса вегетативного показателя ритма (по Баевскому), повышении высокочастотных (*HF*) показателей и снижении индекса *LF/HF* у детей из группы закаливания по сравнению с контролем.

Ключевые слова: контрастное закаливание, дети дошкольного возраста, variability ритма сердца.

DOI: 10.31857/S0131164624010089

Одной из главных задач каждого общества является поддержание здоровья детей, которое является важным интегральным показателем и критерием социально-экономического благополучия общества и государства. Проблема здоровья детей не утрачивает со временем своей актуальности и значения [1–4] вследствие высокой чувствительности детского организма к достаточно обширному спектру стрессовых факторов, что может привести к высокой вероятности раннего развития физиологической “платы” [5–8]. В связи с этим, социально-значимым вопросом педиатрии и системы образования является развитие профилактического направления и оздоровительных методов, а также необходимость постоянного совершенствования мероприятий медико-психологического сопровождения детей.

Закаливание организма является средством формирования качеств, позволяющих организму противостоять неблагоприятным воздействиям внешней среды посредством тренировки и совер-

шенствования терморегулирующей системы [9]. С помощью таких процедур можно положительно влиять на кровообращение и функцию сердечно-сосудистой системы, повысить активность неспецифических факторов иммунной защиты ребенка. Большинство исследователей признается тот факт, что закаливание способствует увеличению адаптационных возможностей и снижению уровня заболеваемости детей и взрослых [10, 11]. Так, закаливающие мероприятия, включающие в себя водно-воздушные процедуры с выраженным контрастом температур и циклическую двигательную активность с умеренной интенсивностью, приводят к снижению у детей 4–7 лет уровня острых респираторных заболеваний в 4 раза [12], улучшению функциональных возможностей сердца [13]. Считается, что оздоровительный эффект тепловых процедур (гипертермическое воздействие) происходит за счет изменения скорости химических реакций, биосинтеза гормонов, конформационных изменений

макромолекул, фазовых переходов липидов [14, 15]. В свою очередь, периодическое холодовое влияние стимулирует адаптационный потенциал организма и способствует расширению функциональных резервов. В первую очередь, происходят изменения со стороны сердечно-сосудистой и вегетативной нервной системы (ВНС), а именно в симпатoadренальной части, затем происходит оптимизация деятельности центральной нервной и эндокринной систем, состояния метаболических и пластических процессов в клетках, активации антиоксидантной системы и др. [15–18].

Сердечно-сосудистая система (ССС) является своеобразным маркером адаптационных процессов организма. Электрокардиография (ЭКГ) – это один из наиболее распространенных клинических методов исследования сердца, позволяющий диагностировать различный спектр отклонений в функционировании ССС. Знание отличительных электрокардиографических особенностей необходимо при интерпретации результатов ЭКГ у детей раннего возраста, к 12-летнему возрасту ЭКГ приобретает черты взрослого человека [19, 20]. При этом особое место в возрастной физиологии занимает изучение variability ритма сердца (ВРС), как индикатора функционального состояния регуляторных систем организма детей, который можно использовать в качестве одного из критериев для комплексной оценки адаптации [21]. Показатели ВРС зависят от возраста, пола и соматотипа ребенка. Они позволяют оценить активность не только симпатического и парасимпатического отделов ВНС, но и гормональных влияний на детей в покое и после воздействий окружающей среды [22]. В настоящем исследовании проведен сравнительный анализ среднестатистических показателей, характеризующих регуляцию сердечного ритма у детей 4–6 лет, занимающихся и не занимающихся закаливающими процедурами.

Цель данной работы – оценка параметров variability ритма сердца у детей 4–6 лет, занимающихся контрастным закаливанием в дошкольном образовательном учреждении.

МЕТОДИКА

Исследование проводили на территории МАДОУ Винзилинского детского сада “Малышок” Тюменского муниципального района (п. Винзили). Под наблюдением находились 27 здоровых мальчиков и девочек дошкольного возраста (4–6 лет), разделенные на две группы: первая “Контроль” ($n = 12$) – дети, которые соблюдали обычный режим дошкольного учреждения; вторая “Закаливание” ($n = 15$) – которые занимались по методике комплексного контрастного закаливания наряду с соблюдением обычного режима дошкольного учреждения. Разделения по половому

признаку не проводили в связи с малочисленностью групп и описанными в ряде работ данными, что у дошкольников и детей допубертатного возраста отсутствуют половые различия в показателях ВРС [23, 24].

Отбор в группы исследования осуществляли по следующим критериям “включения”: письменное разрешение родителей на проведение закаливающих процедур и обработку персональных данных, предоставление справки об отсутствии диагноза синдрома внезапной смерти в семейном анамнезе, указание в медицинской карте ребенка (форма № 026/у) первой или второй группы здоровья. Критерии “исключения”: наличие острых заболеваний в течение 2-х мес. перед началом оздоровительных мероприятий, наличие патологических изменений по ЭКГ и структурной патологии по данным УЗИ сердца.

В группе “Закаливание” МАДОУ Винзилинского детского сада “Малышок” проводили закаливающие мероприятия по методике комплексного контрастного закаливания и оздоровления детей дошкольного возраста (Т.А. Фишер, С.С. Колыванова, Е.Л. Дремина, патент № RU2744024C2 от 09.07.2019, <https://patents.google.com/patent/RU2744024C2/ru>) 5 раз в неделю утром до начала основного режима дня в строгом соблюдении всех этапов комплексной методики контрастного закаливания.

Первый этап – утренняя разминка проводится в проветренном спортивном зале при $t = 21–22^{\circ}\text{C}$ в течение 5–7 мин.

Второй этап – выход на улицу (воздушная процедура) в купальниках и удобной обуви с включением игровых элементов (температура воздуха не ниже -25°C) в течение 30–40 с и обливание прохладной водой из 4–5 литровых ведер ($t = 20–22^{\circ}\text{C}$) / растиранием снегом) в течение 5–10 с.

Третий этап – нахождение в сауне при температуре $50–55^{\circ}\text{C}$ в течение 5–7 мин с выполнением дыхательных упражнений по Стрельниковой.

Четвертый этап – прием 50–100 мл кипяченой воды в комнате отдыха.

Пятый этап – возвращение детей, завернутых в полотенце с головой, в помещение детского сада через улицу в течение 5–10 с.

Для исследования особенностей показателей ВРС у детей 4–6 лет обеих групп производили фоновую регистрацию электрокардиограммы (ЭКГ) во II стандартном отведении в течение 5 мин при помощи компьютерного электрокардиографа “Поли-Спектр-8/EX” (ООО “Нейрософт”, Россия) после 3 мин отдыха в положении лежа. Система предусматривала автоматическую обработку замеров параметров кардиокомплексов. Обследование проводили в рабочие дни с 8:00 до 12:00.

К основным методам анализа variability сердечного ритма, оцениваемые в нашем исследовании, относятся статистические, геометрические и спектральные методы.

Статистический метод использовали для количественной оценки ВРС в исследуемый промежуток времени. На основе автоматически полученных данных ВРС, проводили анализ статистических характеристик динамического ряда кардиоинтервалов *RR*, которые включали: *SDNN* — стандартное отклонение *NN* интервалов, *RMSSD* — квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов *NN*, *pNN₅₀* — процент *NN₅₀* от общего количества последовательных пар интервалов, различающихся более, чем на 50 мс, полученное за весь период записи, *CV* — коэффициент вариации.

Геометрический метод. Для более детальной оценки характера и особенностей процесса регуляции сердечного ритма использовали геометрический метод (параметры вариационной пульсометрии). Проанализировали следующие автоматически вычисляемые показатели вариационной пульсометрии: мода (*Mo*), амплитуда моды (*AMo*), математическое ожидание (*Me*), индекс variability пульса (*BP*), *SI* — индекс напряжения, индекс вегетативного равновесия (*ИВР*), вегетативный показатель регуляции (*ВПР*), показатель адекватности процессов регуляции (*ПАПР*).

Спектральный метод анализа ВРС. Данный метод основан на волновой изменчивости сердечного ритма. Применение спектрального анализа позволяет количественно оценить различные частотные составляющие колебаний ритма сердца и наглядно графически представить соотношения разных компонентов сердечного ритма, отражающих активность определенных звеньев регуляторного механизма. При спектральном анализе за короткий промежуток времени оценивают показатели, которые коррелируют с активностью разных отделов ВНС.

Определяли следующие спектральные компоненты ВРС: мощность полного частотного спектра (*Total, TP*) высокочастотные (*HF*), диапазон которых 0.15–0.4 Гц (2.5–6.5 с), идентифицируется с дыхательной аритмией как проявление функционирования парасимпатической системы; низкочастотные (*LF*), диапазон которых 0.04–0.15 (6.5–25 с) — медленные волны первого порядка, функционирование происходит не только за счет парасимпатической, но в большей степени за счет симпатической нервной системы; очень низкочастотные (*VLF*) с диапазоном 0.003–0.04 Гц (25–66 с), функционируют за счет нейрогуморального звена регуляции, надсегментных (центральных) отделов симпатической нервной системы. Также был оценен долевым вклад каждого частотного компонента в регуляции ВРС (*HF, %; LF, %;*

VLF, %). По данным спектрального анализа сердечного ритма был оценен индекс вагосимпатического взаимодействия (*LF/HF*) [25].

Метод статистической обработки результатов. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью электронных таблиц *Microsoft Excel* и интегрированного пакета программного обеспечения “*IBM SPSS Statistics 21*”. При нормальном распределении изучаемые количественные признаки представлены в виде среднего и ошибки ($M \pm m$), при распределении, отличном от нормального — в виде медианы и интерквартильного интервала ($Me [Q25; Q75]$). Нормальный характер распределения числовых данных подтверждали с помощью критерия Колмогорова–Смирнова и Шапиро–Уилка. Достоверность различий антропометрических и основных гемодинамических показателей при нормальном распределении для независимых групп оценивали по *t*-критерию Стьюдента. При сравнении значений параметров ВРС в случае неравномерности распределения данных использовали непараметрический *U*-критерий Манна–Уитни. Различия считали значимыми при $p < 0.05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средний возраст исследуемых составил 4.59 ± 0.63 лет. Отсутствие значимых межгрупповых различий по антропометрическим показателям (длина и масса тела, индекс массы тела — ИМТ) свидетельствует об однородности обследуемых групп (табл. 1).

Таблица 1. Морфофункциональная характеристика исследуемых детей 4–6 лет ($M \pm m$)

Группы	Группа “Контроль” ($n = 12$)	Группа “Закаливание” ($n = 15$)
Возраст	4.50 ± 0.52	4.67 ± 0.19
Длина тела, см	103.57 ± 1.45	106.39 ± 1.77
Масса тела, кг	16.81 ± 0.60	17.52 ± 0.85
ИМТ	15.54 ± 0.34	15.59 ± 0.35
ЧСС, уд./мин	107.57 ± 4.40	$102.91 \pm 3.13^*$
САД, мм рт. ст.	86.71 ± 2.19	90.57 ± 1.60
ДАД, мм рт. ст.	62.57 ± 1.62	$64.45 \pm 1.44^*$

Примечание: * — $p < 0.05$ — различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой. ИМТ — индекс массы тела, ЧСС — частота сердечных сокращений, САД — систолическое артериальное давление, ДАД — диастолическое артериальное давление.

Показатель частоты сердечных сокращений (ЧСС) в группе “Закаливание” статистически был ниже по сравнению с группой “Контроль”

($p = 0.026$), при этом показатель диастолического артериального давления (ДАД) увеличился ($p = 0.045$), что говорит о возможной реакции на воздействие низких температур со стороны периферических артерий. Средние показатели систолического артериального давления (САД) не отличались между группами.

Адаптационные процессы организма детей во многом определяются состоянием ССС. Ритм и сила сердечных сокращений являются надежными и объективными индикаторами тонуса ВНС, отражающего, в свою очередь, изменения в психоэмоциональном состоянии, развитие стресса или любого напряжения [26]. Изучение ВРС позволяет оценить деятельность всех регулирующих систем, а также получить данные о состоянии работы симпатического и парасимпатического отделов автономной нервной системы (АНС). Таким образом, показатель ВРС — это один из надежных критериев комплексной оценки адаптации.

Согласно стандартам, выработанным на совместном заседании Европейской и Североамериканской кардиологических ассоциаций в 1996 г., для клинических исследований ВРС рекомендуется оценивать по четырем основным показателям: $SDNN$, $RMSSD$, $SDNN/RRNN \times 100\%$ (CV), $pNN50\%$.

Полагают, что значения показателей $RMSSD$, $NN50$ ($pNN50\%$) определяются преимущественно влиянием парасимпатического отдела вегетативной системы и являются отражением синусовой аритмии, связанной с дыханием. Как правило, показатели $SDNN$ и $RMSSD$, $pNN50\%$ изменяются однонаправленно.

В ходе анализа статистических характеристик динамического ряда кардиоинтервалов, оценивающие общий вегетативный тонус и отражающие активность автономного контура регуляции ($SDNN$, $RMSSD$, pNN_{50} , CV , %) [27], у детей, занимающихся контрастным закаливанием (табл. 2) было выявлено достоверное ($p < 0.05$) повышение изучаемых параметров в сравнении с контрольной группой.

Оценивая показатель среднеквадратичного отклонения интервалов RR ($SDNN$), отражающий общую вариабельность сердечного ритма, отмечено его возрастание на 41% в группе закаливания по сравнению с контролем, что характеризуется большей рефлекторной активностью парасимпатического отдела ВНС. Среднеквадратичное отклонение межинтервальных различий ($RMSSD$), отражающий, преимущественно, вагусную составляющую спектра, увеличился на 26% в группе закаливания, превышая уровень 40 мс.

В группе закаливания по сравнению с контрольной группой было выявлено увеличение показателей $pNN50$ и коэффициента вариации (CV) в 1.6 раза.

Таким образом, возрастание показателей $SDNN$, $RMSSD$, $pNN50$, CV свидетельствует о том, что у детей 4–6 лет преобладает корреляты парасимпатического влияния на регуляцию сердечного ритма при воздействии гипотермических закаливающих процедур.

Для анализа параметров вариационной пульсометрии (табл. 3) использовались следующие статистические показатели: Mo (мода), AMo (амплитуда моды), Me (математическое ожидание) и BP (вариационный размах). Показатели Mo и Me , характеризуют уровень активности гуморального канала регуляции ритма и при стабильных процессах совпадают в значениях. Математическое ожидание свидетельствует о текущем уровне функционирования сердечно-сосудистой системы и его отклонение от индивидуальной нормы обычно сигнализирует об увеличении нагрузки на аппарат кровообращения или о наличии патологических отклонений. Результаты вариационной пульсометрии представлены в табл. 3, достоверно значимых отличий показателей не обнаружено в обеих группах.

Для оценки процессов регуляции и степени адаптации сердечно-сосудистой системы к факторам среды проводился математический расчет индексов, предложенных Р.М. Баевским: $ИВР$ — индекс вегетативного равновесия ($ИВР = AMo/BP$). Характеризует соотношение симпатических и парасим-

Таблица 2. Статистические параметры вариабельности ритма сердца у детей 4–6 лет (Me [$Q25$; $Q75$])

Показатель	Группа “Контроль” ($n = 12$)	Группа “Закаливание” ($n = 15$)	U -Манна–Уитни (p)
$SDNN$, мс	43.0 [35.0; 56.5]	61.0 [35.0; 88.0]	0.042*
$RMSSD$, мс	47.5 [29.0; 78.0]	68.0 [35.0; 94.5]	0.017*
$pNN50$, %	20.0 [5.6; 51.6]	25.0 [13.4; 53.2]	0.046*
CV , %	6.77 [3.7; 9.0]	9.9 [5.5; 13.8]	0.010*

Примечание: * — $p < 0.05$ — различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой; $SDNN$ — стандартное отклонение NN интервалов; $RMSSD$ — квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов NN ; pNN_{50} — процент NN_{50} от общего количества последовательных пар интервалов, различающихся более, чем на 50 мс, полученное за весь период записи; CV — коэффициент вариации; n — количество детей в выборке.

Таблица 3. Параметры вариационной пульсометрии детей 4–6 лет ($Me [Q25; Q75]$)

Показатель	Группа “Контроль” ($n = 12$)	Группа “Закаливание” ($n = 15$)	U-Манна–Уитни (p)
Mo , с	0.52 [0.43; 0.63]	0.61 [0.47; 0.64]	0.831
AMo , %	47.5 [40.6; 57.5]	49.6 [42.0; 57.4]	0.683
Me , с	0.55 [0.52; 0.57]	0.56 [0.53; 0.57]	0.848
SI , у.е.	277.7 [158.6; 400.8]	194.2 [113.4; 298.8]	0.705
BP, с	0.14 [0.13; 0.30]	0.22 [0.14; 0.30]	0.058
ИВР, у.е.	369.7 [111.0; 389.9]	209.3 [127.0; 373.3]	0.719
ПАПР, у.е.	81.2 [63.5; 98.4]	75.5 [70.8; 95.3]	0.719
ВПР, у.е.	10.6 [4.6; 12.6]	7.9 [5.6; 10.7]	0.049*

Примечание: * – $p < 0.05$ – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой; Mo – мода; AMo – амплитуда моды; Me – математическое ожидание; BP – вариационный размах; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ВПР – вегетативный показатель ритма; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции; SI – стресс-индекс; n – количество детей в выборке.

патических влияний на ритм сердца; ВПР – вегетативный показатель ритма ($ВПР = 1/Mo \times BP$), характеризует степень влияний парасимпатического звена регуляции; SI – стресс-индекс ($SI = AMo/2Mo \times BP$) ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции ($ПАПР = AMo/Mo$) [27, 29].

Средний показатель BP, характеризующий диапазон колебаний кардиоинтервалов и отражающий, в конечном итоге, парасимпатическое влияние на сердечный ритм, превалировал в 1.2 раза в группе закаливания. Тогда как показатель ВПР, позволяющий судить о соотношении активности симпатического и парасимпатического отдела ВНС, меньше в 1.4 раза в группе закаливания по сравнению с контрольной группой. Показатель степени напряжения регуляторных систем – индекс напряжения регуляторных систем SI у здоровых взрослых людей колеблется в пределах 80–150 у.е., рост его отмечается при физической нагрузке [30]. Предполагают [27], что величина SI в основном зависит от тонуса симпатической нервной системы. Двукратное увеличение индекса напряжения регуляторных систем у детей 4–6 лет в контрольной группе, по-видимому, связаны с более существенным влиянием на цен-

тральные механизмы регуляции работы сердца и недостаточной зрелостью парасимпатической части АНС. Однако в группе “Закаливание” показатель SI в 1.2 раза ниже, чем в группе контроля. Таким образом, в группе детей дошкольного возраста, занимающихся закаливанием, наблюдались признаки снижения активности симпатического звена регуляции ВНС и повышения парасимпатических влияний в регуляции сердечно-сосудистой системы, что улучшает функциональные возможности сердца.

Спектральный анализ variability сердечного ритма позволяет характеризовать суммарный уровень активности регуляторных систем и вклад отдельных механизмов в регуляцию ритма. Средняя суммарная общность спектра ВРС (табл. 4) у детей из группы контроля была почти в 2 раза меньше, чем в группе “Закаливание”.

Вклад мощности высокочастотного компонента в регуляцию ВРС (дыхательные волны) – показатель HF (%) – равен у детей контрольной группы 47.5 [32.7; 73.3], у детей группы “Закаливание” 53.2 [34.4; 74.1] ($p = 0.427$). Отмечается отсутствие достоверной разницы между группами и практически одинаковом размахе границ квартилей. При этом высокие величины данного параметра

Таблица 4. Показатели спектрального анализа variability ритма сердца (ВРС) ($Me [Q25; Q75]$)

Показатель	Группа “Контроль” ($n = 12$)	Группа “Закаливание” ($n = 15$)	U-Манна–Уитни (p)
TP , мс ²	1420.7 [1147.3; 6962.0]	3988.0 [1844.0; 7244.0]	0.042*
VLF , мс ²	450.5 [309.0; 1093.3]	592.0 [311.5; 1157.5]	0.581
LF , мс ²	344.0 [206.3; 1162.5]	580.0 [361.5; 1235.0]	0.256
HF , мс ²	551.0 [415.5; 4774.5]	1888.0 [550.5; 4825.0]	0.043*
LF/HF	0.53 [0.28; 1.31]	0.46 [0.16; 1.07]	0.581

Примечание: * – $p < 0.05$ – различия статистически значимы по сравнению с контрольной группой; TP – общая мощность спектра; HF – высокочастотный показатель; LF – низкочастотные колебания; VLF – очень низкочастотные колебания; LF/HF – индекс вагосимпатического взаимодействия; n – количество детей в выборке.

указывают на смещение вегетативного баланса регуляторных влияний в сторону преобладания парасимпатического отдела у детей дошкольного возраста в целом, особенно в группе — “Закаливание” в среднем на 15% в сравнении с контрольной.

Вклад низкочастотных волн спектра, отражающего средний абсолютный уровень активности вазомоторного центра (LF (%)), был одинаков в обеих группах (23.3 [15.8; 38.4] и 24.6 [11.7; 36.6] ($p = 0.905$) “Контроль” и “Закаливание” соответственно). Данные показатели имели более низкие значения, чем отраженные в исследовании [31] для детей того же возраста, что может свидетельствовать либо о более раннем снижении активности вазомоторного центра, или же об особенностях структуры кардиоритма в зависимости от климато-географических условий.

Вклад сверхнизкочастотных составляющих спектра (VLF , %) тесно связан с психоэмоциональным напряжением и характеризует влияние, преимущественно, надсегментарных отделов высших вегетативных центров на нижележащие центры регуляции сердечной деятельности. По данным работы [31] у взрослых людей в норме этот показатель составляет 15–30% суммарной мощности спектра. Согласно нашим результатам, у закаливающихся детей мощность VLF составила 22.8 [17.2; 27.4], что в среднем на 22% ниже, чем в контрольной группе 26.8 [22.9; 29.9] ($p = 0.039$) и, возможно, связано с позитивным влиянием закаливания на снижение психоэмоционального напряжения.

Индекс вагосимпатического взаимодействия, рассчитываемый как отношение LF/HF , у детей из группы закаливания по сравнению с детьми контрольной группы был ниже на 30%. Полученные данные свидетельствуют о сокращении влияния симпатического контура регуляции сердечного ритма при усилении парасимпатического контура у детей 4–6 лет после применения закаливающих процедур в течение 6 мес.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования указывают на признаки снижения активности симпатического звена регуляции при возрастающем доминировании парасимпатических влияний в управлении сердечным ритмом в группе закаливания, что проявляется в снижении ЧСС, в повышении вариабельности кардиоинтервалов (показатели $SDNN$, pNN_{50} , $RMSSD$, CV), а также в увеличении мощности спектральных составляющих ВРС (показатели HF , LF , VLF) и мощности полного частотного спектра (TP).

Достоверное повышение абсолютных значений высокочастотного показателя (HF , ms^2),

а также пониженные значения индекса коэффициента вагосимпатического баланса (LF/HF), свидетельствуют о большей активности парасимпатического влияния на сердечный ритм у детей, занимающихся закаливанием, по сравнению с контрольной группой. Дополнительно у них отмечены более низкие интегральные показатели — SI , что свидетельствует о меньшей степени напряжения у них регуляторных систем организма, обеспечивает энергосберегающий механизм в деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем и является более благоприятным механизмом регуляции сердечной деятельности при водных контрастных воздействиях. Прирост высокочастотного компонента реализуется посредством контролируемого дыхания, вращающей стимуляцией, а также холодным воздействием.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики и одобрены локальным этическим комитетом Тюменского государственного университета (Тюмень), протокол № 5 от 22.02.2023 г.

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

Финансирование работы. Работа выполнена по госзаданию ТюмНЦ СО РАН № 121042000078-9.

Благодарности. Научная группа выражает благодарность Елене Лазаревне Дреминой, заведующей МАДОУ Винзилинском детским садом “Малышок” Тюменского района Тюменской области за оказанную помощь в проведении исследования.

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

Вклад авторов в публикацию. С.С. Бобрешова внесла существенный вклад в получение, анализ и интерпретацию данных, проработала список литературы; Е.И. Малинина участвовала в интерпретации данных, проработала стилистику представленной информации, утвердила рукопись к отправке; Н.В. Турбасова подготовила первый вариант статьи, внесла существенный вклад в обработку экспериментальных данных, выполнила литературный поиск на наличие актуальной информации по теме исследования; Т.А. Фишер участвовала в анализе и интерпретации данных, внесла существенный вклад в концепцию и дизайн исследования; С.В. Соловьёва дополнила описание результатов, окончательно утвердила присланную в редакцию рукопись.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kasnakova P.S., Mihaylova A.A.* Physical activity of preschool children - a factor for general physical development and health // *West Kazakhstan Medical Journal*. 2020. V. 62. № 4. P. 225.
2. *Шикорьяк И.В., Помогаева Е.Н., Масленникова О.М.* и др. Здоровье и физическое развитие детей: проблемы и пути оптимизации // *Образование и воспитание*. 2019. № 2 (22). С. 26.
3. *Улумбекова Г.Э., Гинойн А.Б., Худова И.Ю.* Научное обоснование условий для повышения рождаемости в РФ в период с 2022 по 2030 г. // *ОРГЗДРАВ: Новости. Мнения. Обучение. Вестник ВШОУЗ*. 2022. Т. 8. № 1. С. 4.
4. *Капитонов В.Ф., Шурова О.А.* Заболеваемость детей различных возрастных групп в доэпидемический 2019 г. и период пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 // *Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание]*. 2021. Т. 67. № 4. С. 4.
5. *Бурматова О.П., Сумская Т.В.* Методика учета влияния экологических факторов на здоровье детей // *Журнал Сибирского федерального университета. Гуманитарные науки*. 2022. Т. 15. № 12. С. 1865.
6. *Акарачкова Е.С., Блинов Д.В., Котова О.В.* и др. Стресс у детей: как активировать адаптационные резервы у ребенка // *Русский медицинский журнал*. 2018. № 9. С. 45.
7. *Давлетьярова К.В., Коршунов С.Д., Кривошеков С.Г., Капилевич Л.В.* Физиологические особенности двигательной адаптации у детей с ограниченными возможностями здоровья // *Физиология человека*. 2020. Т. 46. № 5. С. 46.
8. *Aziz W., Schlindwein F.S., Wailoo M. et al.* Heart rate variability analysis of normal and growth restricted children // *Clin. Auton. Res.* 2012. V. 22. № 2. P. 91.
9. *Захарьева Н.Н., Плахов Н.Н.* Закаливание и физическая работоспособность человека. М.: *Онто-Принт*, 2021. 264 с.
10. *Горбунов М.М., Коршунова Н.В., Юречко О.В.* Основные физиологические механизмы и адаптационные реакции при закаливании организма в условиях холодного климата // *Бюллетень физиологии и патологии дыхания*. 2020. № 77. С. 107.
11. *Ванина В.А.* Принципы оздоровления часто болеющих детей (краткий литературный обзор) // *Вестник новых медицинских технологий. Электронное издание*. 2017. № 1. С. 241.
12. *Шумская О.О.* Эффективность использования средств закаливания в физическом воспитании детей 4–7 лет с учетом биоклиматического пояса Дальневосточного муссона // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена*. 2007. Т. 18. № 44. С. 496.
13. *Колыванова С.С., Лепунова О.Н., Соловьева С.В., Елифанов А.В.* Анализ электрофизиологической работы сердца у детей 4–6 лет с разным стажем контрастного температурного закаливания / III Объединенный научный форум физиологов, биохимиков и молекулярных биологов. Научные труды. М.: Издательство “Перо”, 2021. Т. 1. С. 165.
14. *Сувернев А.В., Иванов Г.В., Василевич И.В.* и др. Пути практического использования интенсивного теплолечения. Новосибирск: *Гео*, 2009. 110 с.
15. *Fox R.H., Crocford J.W.* Heat acclimatization by controlled hyperthermia in hot-dry and hot-wet climates. Philadelphia: *The Mosby Comp.*, 2008. P. 39.
16. *Овечкина Е.С., Овечкин Ф.Ю.* Патофизиология человека в условиях севера России // *Бюллетень науки и практики*. 2021. Т. 7. № 8. С. 185.
17. *Фролков В.К., Нагорнев С.Н., Бобровницкий И.П.* и др. Патофизиологические механизмы неблагоприятного влияния климатогеографических факторов Арктики на здоровье человека и технологии восстановительной медицины // *Физиотерапевт*. 2020. № 1. С. 57.
18. *Марасанов А.В., Стехин А.А., Яковлева Г.В.* Подход к обеспечению здоровьесбережения населения Арктической зоны Российской Федерации (обзор) // *Журнал медико-биологических исследований*. 2021. Т. 9. № 2. С. 201.
19. *Макаров Л.М., Комятова В.Н., Киселева И.И.* и др. Нормативные параметры ЭКГ у детей. Методические рекомендации. М.: *ИД “МЕДПРАКТИКА-М”*, 2018. 20 с.
20. *Лутфуллин И.Я., Сафина А.И., Долгова З.Р.* Клиническая интерпретация электрокардиограмм в практике неонатолога // *Вестник современной клинической медицины*. 2013. Т. 6. № 6. С. 108.
21. *Литовченко О.Г., Уханова А.А.* Показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы детей 11–12 лет, проживающих в условиях Северного региона // *Здоровье и образование в XXI веке*. 2019. № 3. С. 27.
22. *Dormal V., Vermeulen N., Mejias S.* Is heart rate variability biofeedback useful in children and adolescents? A systematic review // *J. Child Psychol. Psychiatry*. 2021. V. 62. № 12. P. 1379.
23. *Галеев А.Р., Игишева Л.Н., Казин Э.М.* Вариабельность сердечного ритма у здоровых детей в возрасте 6–16 лет // *Физиология человека*. 2002. Т. 28. № 4. С. 54.
24. *Seppälä S., Laitinen T., Tarvainen M.P. et al.* Normal values for heart rate variability parameters in children 6–8 years of age: the PANIC Study // *Clin. Physiol. Funct. Imaging*. 2014. V. 34. № 4. P. 290.
25. *Яблучанский Н.И., Мартыненко А.В.* Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу. Харьков: *КНУ*, 2010. 131 с.
26. *Ковалева А.В., Панова Е.Н., Горбачева А.К.* Анализ вариабельности ритма сердца и возможности его применения в психологии и психофизиологии // *Современная зарубежная психология*. 2013. Т. 2. № 1. С. 35.
27. *Баевский Р.М., Иванов Г.Г.* Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // *Ультра-*

- звуковая и функциональная диагностика. 2001. № 3. С. 108.
28. Буй М.З., Таратухин Е.О. Возможности методики variability сердечного ритма // Российский кардиологический журнал. 2011. Т. 16. № 6. С. 69.
 29. Пряничников С.В., Мартынова А.А. Variability ритма сердца у детей дошкольного возраста, проживающих в различных типах поселений Мурманской области // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2021. Т. 18. № 3. С. 224.
 30. Кислицын А.Н., Суковицын А.В., Микульский К.В. Исследование variability сердечного ритма при занятиях “хели-ски” в условиях среднего-рья и дайвингом в условиях морского климата // Технологии живых систем. 2009. Т. 6. № 6. С. 9.
 31. Гурова О.А. Variability сердечного ритма у детей дошкольного возраста // Новые исследования. 2009. № 3(20). С. 33.
- actions in the cold training of the organism in cold climate areas] // Bull. Physiol. Pathol. Respir. 2020. № 77. P. 107.
11. Vanina V.A. [Principles of Recovery of Sickly Children (Brief Literature Report)] // J. New Med. Technologies, eEdition. 2017. № 1. P. 241.
 12. Shumskaya O.O. [Efficiency of using hardening agents in the physical education of children 4-7 years old, taking into account the bioclimatic zone of the Far Eastern monsoon] // Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Sciences. 2007. V. 18. № 44. P. 496.
 13. Kolyvanova S.S., Lepunova O.N., Solovieva S.V., Elyfanov A.V. [Analysis of the electrophysiological work of the heart in children 4-6 years old with different experience of contrast temperature hardening] / III Joint Scientific Forum of Physiologists, Biochemists and Molecular Biologists. Scientific works. M.: Publishing house «Pero», 2021. V. 1. P. 165.
 14. Suvernev A.V., Ivanov G.V., Vasilevich I.V. et al. [Ways of practical use of intensive heat treatment]. Novosibirsk: Geo, 2009. 110 p.
 15. Fox R.H., Crocford J.W. Heat acclimatization by controlled hyperthermia in hot-dry and hot-wet climates. Philadelphia: The Mosby Comp., 2008. P. 39.
 16. Ovechkina E.S., Ovechkin F.Yu. [Human pathophysiology in the conditions of north Russia] // Bull. Sci. Practice. 2021. V. 7. № 8. P. 185.
 17. Frolkov V.K., Nagornev S.N., Bobrovniksky I.P. et al. [Pathophysiological mechanisms of adverse influence of climatic and geographical factors of the Arctic on human health and technologies of restorative medicine] // Physiotherapist. 2020. № 1. P. 57.
 18. Marasanov A.V., Stekhin A.A., Yakovleva G.V. [An approach to public health protection in the arctic zone of the Russian Federation (review)] // J. Med. Biol. Res. 2021. V. 9. № 2. P. 201.
 19. Makarov L., Komoliatova V., Kiseleva I. et al. [Standard ECG parameters in children. Guidelines]. M.: MEDPRAKTIKA-M, 2018. 20 p.
 20. Lutfullin I.Ya., Safina A.I., Dolgova Zulfia R. [The interpretation of ECG in the practice of neonatology] // Bull. Contempor. Clin. Med. 2013. V. 6. № 6. P. 108.
 21. Litovchenko O.G., Ukhanova A.A. [Indicators of the functional state of the cardiovascular system of children 11-12 years old living in the Northern region] // The Journal of Scientific Articles “Health and Education Millennium”. 2019. № 3. P. 27.
 22. Dormal V., Vermeulen N., Mejjas S. Is heart rate variability biofeedback useful in children and adolescents? A systematic review // J. Child Psychol. Psychiatry. 2021. V. 62. № 12. P. 1379.
 23. Galeev A.R., Igisheva L.N., Kazin E.M. Heart rate variability in healthy children aged 6-16 years // Human Physiology. 2002. V. 28. № 4. P. 428.
 24. Seppälä S., Laitinen T., Tarvainen M.P. et al. Normal values for heart rate variability parameters in children

REFERENCES

1. Kasnakova P.S., Mihaylova A.A. Physical activity of preschool children - a factor for general physical development and health // West Kazakhstan Medical Journal. 2020. V. 62. № 4. P. 225.
2. Shikoryak I.V., Pomogaeva E.N., Maslennikova O.M. et al. [Health and physical development of children: problems and ways of optimization] // Education and upbringing. 2019. V. 2. № 22. P. 26.
3. Ulumbekova G.E., Ginoyan A.B., Khudova I.Yu. [Scientific substantiation of the conditions for increasing the birth rate in the Russian Federation in the period from 2022 to 2030] // Healthcare Management: News, Views, Education. Bulletin of VSHOUZ. 2022. V. 8. № 1. P. 4.
4. Kapitonov V.F., Shurova O.A. [Morbidity of children of different age groups in the pre-epidemic 2019 and the period of the COVID-19 coronavirus pandemic] // Social Aspects of Population Health [serial online]. 2021. V. 67. № 4. P. 4.
5. Burmatova O.P., Sumskaia T.V. [Methods for taking into account the impact of environmental factors on children's health] // J. Sib. Fed. Univ. Humanit. Soc. Sci. 2022. V. 15. № 12. P. 1865.
6. Akarachkova E.S., Blinov D.V., Kotova O.V. et al. [Stress in children: how to activate adaptive reserves in a children] // RMJ. 2018. № 9. P. 45.
7. Davletyarova K.V., Korshunova S.D., Krivoshchekov S.G., Kapilevich L.V. Physiological parameters of motor adaptation in children with disability // Human Physiology. 2020. V. 46. № 5. P. 500.
8. Aziz W., Schlindwein F.S., Wailoo M. et al. Heart rate variability analysis of normal and growth restricted children // Clin. Auton. Res. 2012. V. 22. № 2. P. 91.
9. Zakhareva N.N., Plakhov N.N. [Hardening and Physical Performance of A Person]. M.: OntoPrint, 2021. 264 p.
10. Gorbunov M.M., Korshunova N.V., Yurechko O.V. [Basic physiological mechanisms and adaptation re-

- 6–8 years of age: the PANIC Study // *Clin. Physiol. Funct. Imaging*. 2014. V. 34. № 4. P. 290.
25. *Yabluchansky N.I., Martynenko A.V.* [Heart rate variability to help the practitioner]. Kharkov: KNU, 2010. 131 p.
26. *Kovaleva A.V., Panova E.N., Gorbachova A.K.* [Analysis of heart rate variability and possibility of its utilization in psychology and psycho-physiology] // *J. Mod. Foreign Psychol.* 2013. V. 2. № 1. P. 35.
27. *Bayevsky R.M., Ivanov G.G.* [Cardiac Rhythm Variability: the theoretical aspects and the opportunities of clinical application (Lecture)] // *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2001. № 3. P. 108.
28. *Buy M.Z., Taratukhin E.O.* [Heart rate variability assessment and its potential] // *Russ. J. Cardiol.* 2011. V. 16. № 6. P. 69.
29. *Pryanichnikov S.V., Martynova A.A.* [Heart rate variability in preschool children living in different types of settlements of the Murmansk region] // *J. Ural Med. Acad. Sci.* 2021. V. 18. № 3. P. 224.
30. *Kislitsyn A.N., Sukovitsyn A.V., Mikulsky K.V.* [Research of variability cardiac rhythm at employment hely-sky in mountins conditions and diving in conditions of the sea climate] // *Technol. Liv. Sys.* 2009. № 6. P. 9.
31. *Gurova O.A.* [Heart rate variability in preschool children] // *Nov. Issled.* 2009. V. 1. № 20. P. 33.

Assessment of Heart Rate Variability in 4–6 Years-Old Children in Contrast Hardening

S. S. Bobreshova^{a, b, *}, E. I. Malinina^b, N. V. Turbasova^c, T. A. Fisher^{a, d}, S. V. Solov'jova^b

¹*Tyumen Scientific Centre SB RAS, Tyumen, Russia*

^b*Tyumen State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Tyumen, Russia*

^c*University of Tyumen, Tyumen, Russia*

^d*Autonomous Non-Profit Organization of Additional Professional Education Scientific and Educational Center "Health Region", Tyumen, Russia*

^{*}*E-mail: kolyvanova93@mail.ru*

The article presents the results of assessing the features of heart rate variability in children of senior preschool age (4–6 years old) who are engaged in contrast hardening according to a specially developed technique (Fisher T.A., Kolyvanova S.S., Dremina E.L., patent RU2744024C2, 9.07.2019) in a preschool educational institution. Significantly higher statistical indicators evaluating the overall autonomic tone (SDNN, RMSSD, pNN50, CV) were revealed in children involved in contrast hardening compared to the control group. Evaluation of statistical, spectral parameters of heart rate variability in the hardening group indicated the predominance of parasympathetic influences on heart rate and a shift in the autonomic balance towards parasympathicotonia. This was expressed in a significant decrease in VPR, an increase in high-frequency (HF) indicators and a decrease in the LF/HF index in children of the hardening group compared with the control.

Keywords: contrast hardening, preschool children, heart rate variability.