

Исследовательская статья

УДК 376.2; 796/799; 57.02

DOI: 10.24412/2076-9091-2026-262-194-206

Елена Сергеевна Стоцкая

Сибирский государственный университет
физической культуры и спорта,
Омск, Россия

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТЕЙ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ, ЗАНИМАЮЩИХСЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ВИДАМИ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ В РАЗНЫХ СРЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. В настоящее время все большее внимание уделяется включению детей с церебральным параличом в дополнительные виды двигательной активности в рамках физкультурно-оздоровительных занятий. Такие занятия могут проходить в разных средовых условиях (на земле — под действием сил гравитации, в водной среде и воздушном потоке). В связи с этим актуальным становится изучение функционального состояния таких детей для оптимизации их физической активности. Нами было изучено функциональное состояние детей группы сравнения без применения дополнительных видов двигательной активности ($n = 27$), детей, занимающихся легкой атлетикой ($n = 10$), плаванием ($n = 15$) и полетами в воздушном потоке ($n = 8$). На момент обследования у испытуемых стоял диагноз «Детский церебральный паралич: спастическая диплегия (G80.1)». Исследование функционального состояния проводилось с помощью мануального тестирования (тонус и сила мышц, амплитуда движений в суставах), и вариабельности ритма сердца («Поли-Спектр», «Нейро-Софт», Иваново, Россия). Показатели исследования опорно-двигательного аппарата соответствовали 1-му и 2-му классу по GMFCS и не имели статистически значимых различий между группами. Исследование вариабельности сердечного ритма указывает на дифференцированное влияние различных видов двигательной активности на показатели вариабельности ритма сердца. Применение средств легкой атлетики положительно мобилизуют функцию симпатического отдела вегетативной нервной системы, что показано детям с выраженным вагальным влиянием на ритм сердца. Занятия в водной среде рекомендуются детям с вегетативным балансом, так как, согласно данным исследования, у пловцов наблюдаются схожие параметры вариабельности ритма сердца с детьми из группы сравнения. Проведение занятий в условиях воздушного потока активизирует функцию парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, что делает их подходящими для детей с симпатoadреналовой активностью.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, плавание, легкая атлетика, полеты в аэродинамической трубе, физкультурно-оздоровительные занятия, двигательное развитие, вариабельность сердечного ритма

Примечание: исследование функционального состояния детей, занимающихся в аэродинамической трубе, проводилось в рамках реализации проекта «Волшебный полет», поддержанный Фондом президентских грантов, № 24-2-009169.

Research article

UDC 376.2; 796/799; 57.02

DOI: 10.24412/2076-9091-2026-262-194-206

Elena Sergeevna Stotskaya

Siberian State University of Physical Education and Sports,
Omsk, Russia

FEATURES OF THE FUNCTIONAL STATE OF CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY ENGAGED IN ADDITIONAL TYPES OF MOTOR ACTIVITY IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Abstract. There is now a growing focus on including children with cerebral palsy in additional motor activities as part of exercise and health activities. Such classes can take place in different environmental conditions (on the ground under the influence of gravity, in a water environment and in an air stream). In this connection, it becomes relevant to study the functional state of children with cerebral palsy to optimize their physical activity. The study involved children who did not attend fitness classes (comparison group ($n = 27$)), engaged in athletics ($n = 10$), swimming ($n = 15$) and flights in the air flow under the conditions of a wind tunnel ($n = 8$). All children were diagnosed with cerebral palsy: spastic diplegia (G80.1). The study of the functional state was carried out using manual testing (muscle tone and strength, amplitude of movements in the joints), and heart rhythm variability (Poly-Spectrum, Neuro-Soft LLC, Ivanovo, Russia). The musculoskeletal study scores were GMFCS Class 1 and 2 and had no statistically significant differences between the groups. A study of heart rate variability indicates a differentiated effect of different types of motor activity on autonomic regulation of heart rate. The use of athletics positively mobilizes the function of the sympathetic division of the autonomic nervous system, which is indicated for children with a pronounced vagal effect on heart rate. Activities in a water environment are recommended for children with autonomic balance, as according to the study, swimmers have similar parameters of heart rate variability compared to children in the comparison group. Activities in an air flow activate the function of the parasympathetic division of the autonomic nervous system, making them suitable for children with sympathoadrenal activity.

Keywords: cerebral palsy, swimming, athletics, wind tunnel flights, fitness classes, motor development, heart rate variability

Acknowledgments: the study of the functional state of children engaged in a wind tunnel was carried out as part of the “Magic Flight” project, supported by the Presidential Grants Fund No. 24-2-009169.

Введение

Одним из частых причин детской инвалидности является церебральный паралич. Несмотря на то что данная патология полиэтиологична и полисиндромна, основным ее проявлением является нарушение функции опорно-двигательного аппарата из-за поражения центральной нервной системы. Ограничение двигательной активности, безусловно, ухудшает качество жизни как самих детей, так и семей, в которых они воспитываются, приводя к социальной изоляции и дезадаптации [6; 20; 23]. Для коррекции двигательных нарушений, снижения влияния отклонений, вызванных вынужденной гиподинамией, социализации и интеграции детей в общество их вовлекают в дополнительные виды двигательной активности в рамках внеурочных физкультурно-оздоровительных занятий.

В связи с тем, что основой физического здоровья детей является движение [15], все больше детей с церебральным параличом начинают заниматься дополнительными видами двигательной активности, при этом занятия могут проводиться в различных средовых условиях. Наиболее популярным и массовым видом в настоящее время является плавание, где большая часть занятия реализуется в водной среде, которая оказывает разностороннее влияние на организм ребенка [4; 19; 21; 22]. Особый интерес вызывают инновационные виды двигательной активности, такие как полеты в аэродинамической трубе, где отличительной особенностью является влияние воздушного потока на когнитивные, психические и моторные сферы развития ребенка с церебральным параличом [5; 7; 14]. Использование легкоатлетических упражнений в качестве дополнительных видов двигательной активности у детей с церебральным параличом оказывает благотворное влияние на их моторные навыки, поскольку основой таких упражнений являются естественные локомоции человека [2; 3]. В то же время исследование вопросов, касающихся критериев оптимального выбора двигательной активности у данной категории детей, до сих пор остается крайне актуальным.

Разные стороны функционального состояния детей с церебральным параличом рассматриваются специалистами достаточно долгое время. Большинство работ посвящены оценке двигательных, когнитивных, психологических аспектов [5; 6; 20; 23]. Тем не менее особенности функционального состояния детей, занимающихся в разных средовых условиях, остаются практически неизученными. Особый интерес вызывает исследование вариабельности сердечного ритма как средства оценки вегетативной регуляции сердечного ритма и адаптации к окружающей среде и физической нагрузке в различных средовых условиях [8; 9; 17; 24]: при гравитации, в воде и в воздушном потоке. В то же время проведенные исследования на здоровых людях, в том числе на детях, свидетельствуют о выраженном влиянии различных видов двигательной активности на структуру сердечного ритма, вызывая изменения, свидетельствующие

о формировании адаптивных механизмов [1; 10; 12; 13]. Авторы подчеркивают, что в основе адаптации организма лежат качественные и количественные изменения в нейрогуморальной регуляции физиологических функций, которые специфичны для конкретного вида двигательной активности, а сердечно-сосудистая система играет ключевую роль в адаптации к внешним факторам внешней среды, оказывая лимитирующее воздействие на физическую работоспособность [17–19].

Цель исследования: изучить особенности функционального состояния детей с церебральным параличом, занимающихся физкультурно-оздоровительными занятиями в водной среде (плавание), в воздушном потоке (занятия в аэродинамической трубе) и под воздействием сил гравитации земли (легкая атлетика).

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на кафедре теории и методики адаптивной физической культуры Сибирского государственного университета физической культуры и спорта с 2017 по 2024 г. Нами были обследованы 4 группы детей. 1-ю группу составили дети, не посещающие дополнительные внеурочные физкультурно-оздоровительные занятия, они были отнесены к группе сравнения ($n = 27$). Во 2-ю группу вошли дети, занимающиеся легкой атлетикой ($n = 10$), в 3-ю — плаванием ($n = 15$), в 4-ю — полетами в воздушном потоке в условиях аэродинамической трубы ($n = 8$). Все дети имели диагноз «Детский церебральный паралич: спастическая диплегия (G80.1)». Средний возраст испытуемых — 9 (7–12) лет. Дети 2-й и 3-й групп посещали дополнительные внеурочные занятия 2 раза в неделю по 60 минут во второй половине дня, дети 2-й группы — занятия по легкой атлетике, где занимались преимущественно общей физической подготовкой и беговыми упражнениями, дети 3-й группы — занятия по плаванию в бассейне, дети 4-й группы посещали занятия 1 раз в неделю по 60 минут. Методики проведения занятий описаны в работах ранее [2; 11; 16].

Функциональное состояние опорно-двигательного аппарата детей оценивалось с помощью шкалы спастичности Эшворта (оценка мышечного тонуса), шестибалльных шкал оценки силы мышц и амплитуды движений. Вегетативная регуляция сердечного ритма изучалась с помощью вариабельности ритма сердца и использованием программно-аппаратного комплекса «Поли-Спектр» («Нейро-Софт», Иваново, Россия), проводилась запись второго отведения. Исследование проходило согласно протоколу короткой 5-минутной записи в стандартизированных условиях в состоянии физического покоя. Оценивались показатели временного и математического анализа. Спектральный анализ кардиоритмограмм был исключен из представленных материалов ввиду отсутствия специфичности показателей в изучаемых группах.

Статистическая обработка данных проводилась при помощи программы «Статистика-12». Методами описательной статистики являлись медиана, 25 и 75 перцентили (Me (Q25; Q75)). Оценка различий в изучаемых группах проводилась методами непараметрической статистики (U -критерий Манна – Уитни) при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследования

Распределение детей, участвующих в исследовании, согласно системе классификации больших моторных функций функциональной классификации ДЦП – GMFCS (Gross Motor Function Classification System), представлено на рисунке.

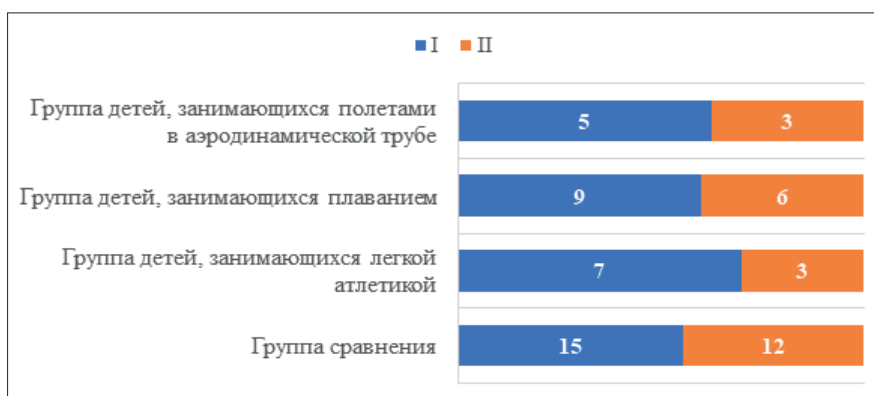


Рис. 1. Распределение детей согласно системе классификации больших моторных функций функциональной классификации ДЦП – GMFCS

Обследуемые имели 1-й и 2-й функциональные классы и могли передвигаться самостоятельно. При этом статистически значимых различий между показателями опорно-двигательного аппарата в ходе исследования выявлено не было. В верхних конечностях определялось незначительное повышение мышечного тонуса и снижение мышечной силы у отдельных детей в диапазоне 0–1 балл и 4–5 баллов соответственно, без ограничений движений в суставах верхних конечностей. В нижних конечностях наблюдались наибольшие нарушения функции опорно-двигательного аппарата. Так, мышечный тонус составлял в среднем 1 (0; 1) балл по группам, мышечная сила была снижена во всех сегментах, при этом в дистальных больше, чем в проксимальных (3 (3; 4) балла и 4 (3; 5) балла соответственно. Обнаружены ограничения в тазобедренном (3 (3; 5) балла), коленном (4 (4; 5) балла и голеностопном (2 (1; 3) балла). Полученные результаты указывали на однородность исследуемых групп по функциональному состоянию опорно-двигательного аппарата, которое соответствовало клиническим проявлениям их основного диагноза.

Представленные данные variability сердечного ритма у детей с церебральным параличом, не вовлеченных в дополнительные виды двигательной активности, демонстрировали небольшое преобладающее влияние симпатoadреналовой системы в регуляции сердечного ритма и свидетельствуют о сниженной адаптивной способности сердечно-сосудистой системы, что согласуется с проведенными ранее исследованиями.

Полученные данные показывают, что различные виды двигательной активности дифференцированно влияют на параметры variability сердечного ритма у детей с церебральным параличом. В частности, выявлено, что занятия легкой атлетикой ассоциированы с более низкими значениями максимального интервала R-R (R-R max), среднего значения всех нормальных интервалов R-R (RRNN), процента интервалов R-R, отличающихся от предыдущего более чем на 50 мс (pNN50), и высокими индексами напряжения (ИН) и вегетативного равновесия (ИВР), показателя адекватности процесса регуляции (ПАПР), вегетативного показателя ритма (ВПР) по сравнению с детьми из группы, не занимающимися дополнительными видами двигательной активности, и детьми, занимающимися полетами в аэродинамической трубе. Из этого можно сделать вывод о более выраженном влиянии легкой атлетики на стимуляцию симпатической активности, возможно вследствие более сильной активизации моторных центров под влиянием гравитации и развития основных локомоторных функций (табл.).

Таблица

Показатели variability сердечного ритма детей с церебральным параличом, занимающихся различными видами двигательной активности

Показатель	Группа сравнения (1) (n = 27)	Дети, занимающиеся			MU, P
		легкой атлетикой (2) (n = 10)	плаванием (3) (n = 15)	полетами в аэродинамической трубе (4) (n = 8)	
R-R min (мс)	545,0 (489,0; 613,0)	517,0 (503,0; 562,0)	522,0 (486,0; 588,0)	592,0 (546,5; 598,5)	
R-R max (мс)	946,0 (850,0; 1073,0)	848,00 (761,5; 1016,5)	942,0 (804,0; 1063,0)	1 029,0 (985,5; 1199,0)	MU1:4-45, p = 0,02 MU1:2-77, p = 0,01
RRNN (мс)	722,0 (637,0; 806,0)	674,50 (615,0; 823,5)	720,0 (638,0; 771,0)	751,5 (688,5; 790,0)	MU1:2-84, p = 0,03
SDNN (мс)	58,0 (45,0; 87,0)	45,5 (36,5; 70,0)	60,0 (49,0; 98,0)	89,0 (53,5; 97,5)	MU1:4-51, p = 0,03
RMSSD (мс)	57,0 (38,0; 74,0)	29,00 (23,5; 54,0)	48,0 (31,0; 119,0)	87,5 (49,5; 98,0)	
pNN50 (%)	27,4 (8,3; 43,1)	7,70 (3,7; 33,0)	25,4 (10,5; 49,0)	49,9 (20,1; 58,7)	MU1:4-51, p = 0,03 MU1:2-84, p = 0,02
CV (%)	8,83 (6,4; 10,5)	7,01 (5,7; 8,9)	9,0 (7,2; 12,7)	10,0 (7,9; 12,2)	

Показатель	Группа сравнения (1) (<i>n</i> = 27)	Дети, занимающиеся			MU, <i>p</i>
		легкой атлетикой (2) (<i>n</i> = 10)	плаванием (3) (<i>n</i> = 15)	полетами в аэродинами- ческой трубе (4) (<i>n</i> = 8)	
ВР (с)	0,39 (0,29; 0,49)	0,3 (0,24; 0,43)	0,45 (0,30; 0,55)	0,4 (0,4; 0,6)	
ИН (у. е.)	70,3 (41,7; 118,2)	113,4 (54,6; 178,3)	58,3 (28,0; 133,9)	34,9 (28,2; 70,3)	MU1:4–52, <i>p</i> = 0,01 MU1:2–77, <i>p</i> = 0,01 MU3:4–30, <i>p</i> = 0,02
ПАПР (у. е.)	56,8 (36,1; 68,8)	66,9 (47,5; 77,1)	49,8 (30,9; 63,2)	42,8 (24,2; 58,7)	MU1:2–78, <i>p</i> = 0,01 MU3:4–20, <i>p</i> = 0,01
ИВР (у. е.)	93,6 (56,3; 148,2)	145,3 (91,8; 225,1)	89,50 (40,7; 133,3)	50,6 (42,2; 96,9)	MU1:4–45, <i>p</i> = 0,02 MU1:2–76, <i>p</i> = 0,01 MU2:4–10, <i>p</i> = 0,02
ВПР (у.е.)	3,7 (2,7; 5,3)	5,2 (2,9; 6,8)	3,14 (2,71; 5,76)	3,1 (2,3; 3,5)	MU1:4–46, <i>p</i> = 0,01 MU1:2–83, <i>p</i> = 0,02 MU3:4–32, <i>p</i> = 0,03
Мо (с)	0,70 (0,61; 0,79)	1,45 (0,75; 2,50)	0,69 (0,62; 0,79)	0,7 (0,6; 0,8)	
АМо (%)	36,5 (24,9; 43,31)	23,5 (19,2; 32,0)	33,2 (23,3; 40,0)	28,7 (20,9; 40,1)	MU1:2–83, <i>p</i> = 0,02 MU3:4–32, <i>p</i> = 0,03

Примечание: MU1:2 — статистически значимые различия между показателями детей группы сравнения и детей, занимающихся легкой атлетикой, по критерию Манна – Уитни (МУкрит = 86); MU1:4 — статистически значимые различия между показателями детей группы сравнения и детей, занимающихся полетами в аэродинамической трубе, по критерию Манна – Уитни (МУкрит = 44); MU2:4 — статистически значимые различия между показателями детей, занимающихся легкой атлетикой, и детей, занимающихся полетами в аэродинамической трубе, по критерию Манна – Уитни (МУкрит = 20); MU3:4 — статистически значимые различия между показателями детей, занимающихся плаванием, и детей, занимающихся полетами в аэродинамической трубе, по критерию Манна – Уитни (МУкрит = 44); *p* — уровень статистически значимых различий.

Изучение показателей вариабельности сердечного ритма у детей, занимающихся плаванием, указывает на достаточно большую схожесть с показателями детей из группы сравнения. Тем не менее следует заметить, что у детей из 3-й группы показатели индекса напряжения (ИН) и вегетативного показателя

ритма (ВПР) были выше на статистически значимом уровне по сравнению с детьми, занимающимися полетами в аэродинамической трубе.

Наибольшая активность автономного контура регуляции сердечного ритма была обнаружена у детей, занимающихся полетами в аэродинамической трубе. Так, были выявлены высокие показатели максимального интервала R-R (R-R max) стандартного отклонения всех нормальных интервалов (SDNN) процента интервалов R-R, отличающихся от предыдущего более чем на 50 мс (pNN50), и низкие индексы напряжения (ИН) и вегетативного равновесия (ИВР), показателя адекватности процесса регуляции (ПАПР), вегетативного показателя ритма (ВПР) и амплитуды моды (АМо) по сравнению с показателями детей других групп. Примечательно, что проведение занятий в аэродинамической трубе оказывает наиболее выраженное влияние на увеличение суммарной вариабельности ритма сердца и повышение вагальной активности, что достигается посредством совместного действия физической активности и сенсорной стимуляции воздушным потоком всего тела. Исходя из полученных данных, водная среда оказывает менее выраженное сенсорное воздействие на организм ребенка с церебральным параличом по сравнению с воздушным потоком.

Анализ результатов вариабельности сердечного ритма указывает на достаточно большой интерквартильный размах показателей внутри каждой группы. Следовательно, представляется возможным сделать заключение о существовании некоторой гетерогенности данных показателей у детей, посещающих один вид физкультурно-оздоровительных занятий. В одной группе имеются дети как с симпатoadреналовой активностью, так и с вагальным влиянием на ритм сердца, что, вероятно, обусловлено индивидуальным профилем развития ребенка. Соответственно, исходя из полученных результатов и статистически значимых различий между показателями вариабельности сердечного ритма, можно дать рекомендации по подбору вида двигательной активности для коррекции нарушений вегетативного гомеостаза:

- детям с преобладанием симпатического отдела вегетативной нервной системы следует посещать занятия плаванием или полетами в аэродинамической трубе;
- детям с балансом отделов вегетативной нервной системы подойдут занятия плаванием;
- детям с доминирующим автономным контуром регуляции на сердечный ритм следует рекомендовать занятия по легкой атлетике.

При желании ребенка, имеющего нарушения вегетативного баланса, заниматься определенным видом двигательной активности следует осуществлять постоянный контроль его функционального состояния, а также применять дополнительные элементы нейрореабилитации для нивелирования негативных явлений. Так, например, у ребенка с выраженной симпатической активностью на занятиях по легкой атлетике необходимо дополнительно использовать

упражнения на расслабление, дыхательные упражнения с акцентом на выдох. Данные упражнения активизируют автономный контур регуляции сердечного ритма. Детям с высокой автономной регуляцией сердечного ритма, практикующим полеты в аэродинамической трубе, необходимо уменьшать время полетов, а между занятиями выполнять простые элементы нейрогимнастики, упражнения на координацию, активизирующие центральные регуляторные механизмы регуляции сердечного ритма. Безусловно, как изучение влияния дополнительных видов двигательной активности, реализуемых в различных средовых условиях, так и коррекция нарушений функционального состояния в процессе физкультурно-оздоровительных занятий у детей с церебральным параличом требует проведения дальнейших более глубоких исследований.

Заключение

Исследование variability сердечного ритма у детей с церебральным параличом указывает на дифференцированное влияние различных видов двигательной активности на вегетативную регуляцию сердечного ритма. Полученные данные подтверждают, что выбор физической активности должен основываться на индивидуальных особенностях функционального состояния ребенка. Применение средств легкой атлетики положительно мобилизует функцию симпатического отдела вегетативной нервной системы, что показано детям с выраженным вагальным влиянием на ритм сердца. Занятия в водной среде рекомендуются детям с вегетативным балансом, так как, согласно данным исследования, у пловцов наблюдаются схожие параметры variability ритма сердца с детьми из группы сравнения. Проведение занятий в условиях воздушного потока активизирует функцию парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, что делает их подходящими для детей с симпатoadrenalной активностью.

Однако важно учитывать желание ребенка заниматься и доступность определенного вида двигательной активности, что подчеркивает необходимость индивидуального подхода при организации и проведении внеурочных физкультурно-оздоровительных занятий. Постоянный мониторинг функционального состояния и интеграция дополнительных средств нейрореабилитации в процесс адаптивного физического воспитания позволит максимально эффективно использовать потенциал физической активности для улучшения качества жизни детей с церебральным параличом.

Список источников

1. Антипов А. П., Шабает В. С., Власенко Р. Я. Анализ критериев ВСР в зависимости от вида спортивной деятельности испытуемых и их личностной готовности к риску // Молодежный инновационный вестник. 2016. Т. 5. № 1. С. 338–340. EDN: WPFRROR.

2. Бикмухаметова Р. С., Стоцкая Е. С. Коррекция функциональных нарушений периферической гемодинамики и опорно-двигательного аппарата юных легкоатлетов с церебральным параличом // *Адаптивная физическая культура*. 2022. Т. 92. № 4. С. 46–50. EDN: CIOBZE.
3. Брель Ю. И. Половозрастные особенности показателей функционального состояния спортсменов-легкоатлетов // *Новости медико-биологических наук*. 2017. Т. 16. № 1. С. 18–19. EDN: TTNVGC.
4. Брынцева Е. В. Прогноз успешности пловцов-юниоров на основе оценки вариабельности сердечного ритма / Е. В. Брынцева, Е. А. Гаврилова, Г. М. Загородный и др. // *Прикладная спортивная наука*. 2020. № 2 (12). С. 61–69. EDN: YVJJEG.
5. Голикова Е. М. Применение «аэрореабилитации» в коррекции двигательных нарушений детей со сложными нарушениями в развитии // *Физическая культура: воспитание, образование, тренировка*. 2022. № 3. С. 68–69. EDN: XIMMKZ.
6. Гросс Н. А., Шарова Т. Л., Молоканов А. В. Функциональные и двигательные возможности детей с диагнозом детский церебральный паралич // *Теория и практика физической культуры*. 2022. № 2. С. 54–55. EDN: MENGWC.
7. Иноземцева Е. М., Исанова В. А., Воробьева Е. С., Корнев А. В. Аэрогимнастика как средство физической реабилитации и социальной адаптации детей с детским церебральным параличом // *Теория и практика физической культуры*. 2021. № 9. С. 38–39. EDN: TCIRRV.
8. Киамова Н. И., Чернышева Ф. А. Использование вариабельности ритма сердца для оценки адаптивных возможностей детей с ДЦП // *Наука и спорт: современные тенденции*. 2019. Т. 7. № 2. С. 63–67. EDN: OWGVFC.
9. Клендар В. А., Гросс Н. А. Исследование функционального состояния вегетативной нервной регуляции у детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата методом анализа вариабельности сердечного ритма // *Вестник спортивной науки*. 2015. № 5. С. 40–46. EDN: WLBONN.
10. Лучицкая Е. С., Русанов В. Б. Функциональные особенности гемодинамики подростков в условиях различной двигательной активности // *Физиология человека*. 2009. Т. 35. № 4. С. 43–50. EDN: KUESMF.
11. Налобина А. Н., Стоцкая Е. С. Педагогический анализ тренировочных занятий у пловцов с детским церебральным параличом, находящихся на разных этапах спортивной подготовки // *Адаптивная физическая культура*. 2017. № 2 (70). С. 48–50. EDN: YRDZWD.
12. Похачевский А. Л., Груздев А. А., Ушаков Г. А., Комиссаров Е. Л. Определение функциональной готовности организма по его адаптационной реактивности при стрессе // *Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена*. 2007. Т. 8. № 38. С. 135–144. EDN: NRTPZP.
13. Русанов В. Б. Типологические особенности вегетативной регуляции ритма сердца подростков в условиях различной двигательной активности // *Вестник Челябинского государственного педагогического университета*. 2011. № 6. С. 313–324. EDN: NYAVID.
14. Саблева А. С., Руднев А. А., Лемешенок М. А. Комплексная коррекция нарушений в когнитивной и двигательной сферах развития детей с применением занятий в аэродинамической трубе // *Специальное образование*. 2021. № 3 (63). С. 65–76. https://doi.org/10.26170/1999-6993_2021_03_05. EDN: FBCLXG.

15. Соболев А. М., Поляков С. Д., Кузнецова М. Н., Подгорная О. В. Движения есть основа физического здоровья детей // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2018. Т. 95. № 2-2. С. 121–122. EDN: UQPOQR.
16. Стоцкая Е. С., Самсонова Ю. В., Самсонов Д. А. Методические рекомендации по организации и проведению занятий в аэродинамической трубе у детей и подростков с церебральным параличом // Вестник Сибирского государственного университета физической культуры и спорта. 2024. № 4 (13). С. 39–45. EDN: IWGQZK.
17. Abad C. C. Cardiac autonomic control in high level brazilian power and endurance track-and-field athletes / C. C. C. Abad, S. Gil, R. Kobal et al. // International Journal of Sports Medicine. 2014. Vol. 35. № 9. P. 772–778. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363268>. EDN: YEVDMZ.
18. Berkoff D. J., Cairns C. B., Sanchez L. D., Moorman C. T. 3rd. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes. Journal of Strength and Conditioning Research. 2007. Vol. 21. № 1. P. 227–231. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00041>
19. Bulte K. R. Use of Heart-Rate Variability to Examine Readiness to Perform in Response to Overload and Taper in Swimmers / K. R. Bulte, L. Bruce, K., Hammond et al. // International Journal of Sports Physiology and Performance. 2025. Vol. 20. № 7. P. 918–924. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2024-0362>. EDN: HTFKVP.
20. Gaebler-Spira D., Green M. Cerebral Palsy // Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine. 2020. Vol. 13. № 2. P. 105–106. <https://doi.org/10.3233/prm-200022>. EDN: RSVOXE.
21. Koenig J. Heart Rate Variability and Swimming / J. Koenig, J. F. Thayer, M. N. Jarczok et al. // Sports Medicine. 2014. Vol. 44. № 10. P. 1377–1391. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0211-9>. EDN: URZBZL.
22. Solana-Tramunt M. Heart-rate variability in elite synchronized swimmers / Solana-Tramunt M., Morales J., Buscà B. et al. // International Journal of Sports Physiology and Performance. 2019. Vol. 14. № 4. P. 464–471. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0538>
23. Vitrikas K., Dalton H., Breish D. Cerebral Palsy: an Overview // American Family Physician. 2020. Vol. 101. № 4. P. 213–220. PMID: 32053326.
24. Yang T. F. Power spectrum analysis of heart rate variability for cerebral palsy patients / T. F. Yang, R. C. Chan, C. L. Kao et al. // American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2002. Vol. 81. № 5. P. 350–354. <https://doi.org/10.1097/00002060-200205000-00005>

References

1. Antipov A. P., Shabaev V. S., Vlasenko R. Ya. Analysis of HRV criteria depending on the type of sports activity of subjects and their personal readiness for risk. Youth Innovative Bulletin. 2016;5(1):338–340. EDN: WPFRROR. (In Russ.).
2. Bikmukhametova R. S., Stotskaya E. S. Correction of functional disorders of peripheral hemodynamics and musculoskeletal system in young athletes with cerebral palsy. Adaptive Physical Culture. 2022;92(4):46–50. EDN: CIOBZE. (In Russ.).
3. Brel Yu. I. Age and gender characteristics of functional state indicators of track and field athletes. News of Biomedical Sciences. 2017;16(1):18–19. EDN: TTNVGC. (In Russ.).
4. Bryntseva E. V., Gavrilova E. A., Zagorodny G. M. et al. Prediction of junior swimmers' success based on heart rate variability assessment. Applied Sports Science. 2020;(2(12)):61–69. EDN: YVJJEG. (In Russ.).

5. Golikova E. M. Application of “aero-rehabilitation” in correction of motor disorders in children with complex developmental disabilities. *Physical Culture: Upbringing, Education, Training*. 2022;(3):68–69. EDN: XIMMKZ. (In Russ.).
6. Gross N. A., Sharova T. L., Molokanov A. V. Functional and motor capabilities of children diagnosed with cerebral palsy. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2022;(2):54–55. EDN: MENGWC. (In Russ.).
7. Inozemtseva E. M., Isanova V. A., Vorobyeva E. S., Kornev A. V. Aerogymnastics as a means of physical rehabilitation and social adaptation of children with cerebral palsy. *Theory and Practice of Physical Culture*. 2021;(9):38–39. EDN: TCIRRV. (In Russ.).
8. Kiamova N. I., Chernysheva F. A. Use of heart rate variability to assess adaptive capabilities of children with cerebral palsy. *Science and Sport: Current Trends*. 2019;7(2):63–67. EDN: OWGVFC. (In Russ.).
9. Klendar V. A., Gross N. A. Study of the functional state of autonomic nervous regulation in children with musculoskeletal disorders by heart rate variability analysis. *Bulletin of Sports Science*. 2015;(5):40–46. EDN: WLBNON. (In Russ.).
10. Luchitskaya E. S., Rusanov V. B. Functional features of hemodynamics in adolescents under conditions of different motor activity. *Human Physiology*. 2009;35(4):43–50. EDN: KUESMF. (In Russ.).
11. Nalobina A. N., Stotskaya E. S. Pedagogical analysis of training sessions in swimmers with cerebral palsy at different stages of sports training. *Adaptive Physical Culture*. 2017;(2(70)):48–50. EDN: YRDZWD. (In Russ.).
12. Pokhachevsky A. L., Gruzdev A. A., Ushakov G. A., Komissarov E. L. Determination of body’s functional readiness by its adaptive reactivity under stress. *Izvestia: Herzen University Journal of Humanities & Sciences*. 2007;8(38):135–144. EDN: NRTPZP. (In Russ.).
13. Rusanov V. B. Typological features of autonomic heart rate regulation in adolescents under conditions of different motor activity. *Bulletin of Chelyabinsk State Pedagogical University*. 2011;(6):313–324. EDN: NYAVID. (In Russ.).
14. Sableva A. S., Rudnev A. A., Lemeshenok M. A. Comprehensive correction of disorders in cognitive and motor spheres of child development using classes in a wind tunnel. *Special Education*. 2021;(3(63)):65–76. https://doi.org/10.26170/1999-6993_2021_03_05. EDN: FBCLXG. (In Russ.).
15. Sobolev A. M., Polyakov S. D., Kuznetsova M. N., Podgornaya O. V. Movement is the basis of children’s physical health. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2018;95(2-2):121–122. EDN: UQPOQR. (In Russ.).
16. Stotskaya E. S., Samsonova Yu. V., Samsonov D. A. Methodological recommendations for organizing and conducting classes in a wind tunnel for children and adolescents with cerebral palsy. *Bulletin of Siberian State University of Physical Culture and Sports*. 2024;(4(13)):39–45. EDN: IWGQZK. (In Russ.).
17. Abad C. C. C., Gil S., Kobal R. et al. Cardiac autonomic control in high level Brazilian power and endurance track-and-field athletes. *International Journal of Sports Medicine*. 2014;35(9):772–778. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1363268>. EDN: YEVDMMZ.
18. Berkoff D. J., Cairns C. B., Sanchez L. D., Moorman C. T. 3rd. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007;21(1):227–231. <https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00041>
19. Bulte K. R., Bruce L., Hammond K. et al. Use of heart-rate variability to examine readiness to perform in response to overload and taper in swimmers. *International*

Journal of Sports Physiology and Performance. 2025;20(7):918–924. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2024-0362>. EDN: HTFKVP.

20. Gaebler-Spira D., Green M. Cerebral palsy. Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine. 2020;13(2):105–106. <https://doi.org/10.3233/prm-200022>. EDN: RSVOXE.

21. Koenig J., Thayer J. F., Jarczok M. N. et al. Heart rate variability and swimming. Sports Medicine. 2014;44(10):1377–1391. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0211-9>. EDN: URZBZL.

22. Solana-Tramunt M., Morales J., Buscà B., Carbonell M., Rodríguez-Zamora L. Heart-rate variability in elite synchronized swimmers. International Journal of Sports Physiology and Performance. 2019;14(4):464–471. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0538>

23. Vitrikas K., Dalton H., Breish D. Cerebral palsy: an overview. American Family Physician. 2020;101(4):213–220. PMID: 32053326.

24. Yang T. F., Chan R. C., Kao C. L., Chiu J. W., Liu T. J., Kao N. T., Kuo T. B. Power spectrum analysis of heart rate variability for cerebral palsy patients. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 2002;81(5):350–354. <https://doi.org/10.1097/00002060-200205000-00005>

Информация об авторе / Information about the author:

Стоцкая Елена Сергеевна — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры теории и методики адаптивной физической культуры Сибирского государственного университета физической культуры и спорта, Омск, Россия.

Stotskaya Elena Sergeevna — Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Theory and Methodology of Adaptive Physical Culture, Siberian State University of Physical Education and Sports, Omsk, Russia.

elst1985@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3375-4581>

Статья поступила в редакцию: 24.01.2026;
одобрена после доработки: 12.02.2026;
принята к публикации: 12.02.2026.

The article was submitted: 24.01.2026;
approved after reviewing: 12.02.2026;
accepted for publication: 12.02.2026.