

УДК 616.831-009.11; 612.172.2; 796.012

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА ДЛЯ ОЦЕНКИ АДАПТИВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДЕТЕЙ С ДЦП

Н.И. Киимова<sup>1</sup>, Ф.А. Чернышева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева (КНИТУ-КАИ) Набережночелнинский филиал, Набережные Челны, Россия

<sup>2</sup> Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова, Казань, Россия

Для связи с авторами: E-mail: nadira.kiamova@yandex.ru

### Аннотация

Состояние вегетативной нервной системы (ВНС) отражает процессы патогенеза и адаптации организма при наличии соматических заболеваний, в том числе детского церебрального паралича (ДЦП).

**Методы и организация исследования.** Изучены особенности функционирования ВНС у детей с ДЦП (50 человек в возрасте от 10 до 15 лет разного пола) по показателям variability сердечного ритма. Данные вариационной кардиоинтервалографии обследованных были проанализированы в сравнении с показателями здорового контингента детей таких же возрастно-половых групп. Регистрация кардиоинтервалограмм проведена в состоянии покоя, в положении сидя и в первые 15 секунд после выполнения дозированной физической нагрузки (20 приседаний за 30 сек.).

**Результаты исследования и их обсуждение.** У детей с ДЦП во всех исследованных группах отмечены более низкие значения вариационного размаха ( $\Delta X$ ), повышение значений амплитуды моды (АМо), индекса вегетативного равновесия (ИВР) (в большей степени у 10-11-летних девочек и 14-15-летних мальчиков). В состоянии покоя значения индекса напряжения (ИН) регуляторных систем у детей с ДЦП превышали показатели здоровых детей на 30-96%. У девочек с ДЦП в 10-11 лет и мальчиков в 14-15 лет достоверно ниже показатели  $\Delta X$ , более высокие величины АМо, ИН, ИВР, показателя адекватности процессов регуляции в сравнении с таковыми остальных возрастных групп. В ответ на пробу с дозированной физической нагрузкой у детей с ДЦП выявлено повышение величины  $\Delta X$ , снижение значений моды, АМо и ИН (за исключением девочек 12-13 лет), ИВР.

**Заключение.** В работе отмечается необходимость учета индивидуальных особенностей детей с ДЦП для оптимального раскрытия адаптационных возможностей их организма.

**Ключевые слова:** дети 10-15 лет, церебральный паралич, регуляция сердечного ритма, дозированная физическая нагрузка.

### USING THE HEART RATE VARIABILITY FOR ASSESSMENT OF THE ADAPTIVE POSSIBILITIES OF CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

N.I. Kiamova<sup>1</sup>, F.A. Chernysheva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev – (KNITU-KAI), Branch in Naberezhnye Chelny, Naberezhnye Chelny, Russia

<sup>2</sup> Kazan Innovative University named after V.G.Timiryasov, Kazan, Russia

#### Abstract

The state of the autonomic nervous system (ANS) reflects the processes of pathogenesis and adaptation of the body in the presence of somatic diseases, including infantile cerebral palsy (ICP).

**Methods and organization of research.** We have studied the functional features of ANS of children with ICP (50 people aged 10 to 15 both males and females) according to the indicators of variability of cardiac rhythm. Data of variation cardiointervalography of surveyed people was analyzed in comparison with indicators of healthy pool of children of the same age and gender groups. Registration of cardiointervalograms was carried out at rest, in a sitting position at the first 15 seconds after a dozed physical exercise (20 squats in 30 sec.).

**Research results and discussion.** Children with ICP in all surveyed groups had lower values of variation span ( $\Delta X$ ), increased values of mode amplitude (АМо), index of the autonomic nervous balance (ANB) (to a greater degree for girls aged 10-11 and boys aged 14-15). At rest, the values of the stress index (SI) of the regulatory systems of children with ICP were higher than those of healthy children by 30-96%. Girls with ICP aged 10-11 and boys aged 14-15 had significantly lower  $\Delta X$  indicators, higher АМо, SI, ANB, parameters of adequacy of

regulatory processes compared to the same indicators in other age groups. Children with ICP responded to dozed physical exercise by increasing  $\Delta X$  indicators and decreasing mode, AMo, SI (except girls aged 12-13), ANB parameters.

**Conclusion.** The paper reveals the necessity of considering individual peculiarities of children with ICP for optimal releasing of adaptive potential of their bodies.

**Keywords:** children aged 10 to 15, cerebral palsy, regulation of heart rate, dozed physical exercise.

## ВВЕДЕНИЕ

Подход к оценке здоровья с позиций теории адаптации позволяет значительно углубить информацию как о функциональном статусе ребенка, степени его дееспособности, так и о процессах формирования отклонений в процессе индивидуального развития и в случаях «срочной» мобилизации функционального резерва детского организма. Стандарты физического развития, принятые для здоровых детей и приуроченные к конкретным локальным территориям, применяются для оценки биологического статуса детей, страдающих той или иной патологией развития, поскольку диапазон возрастных адаптаций определяется специфическим соотношением социальных, экологических и демографических условий в регионах России. В то же время для них принципиально важно, что на фоне популяционного стандарта достигнутый уровень морфофункционального развития таких детей, в частности страдающих церебральным параличом (ДЦП), характеризуется сужением диапазона возрастных адаптаций, вследствие того что изучаемые характеристики находятся либо на крайней нижней границе нормы для изучаемого возрастного периода, либо на неадекватно высокой [1].

Процессы адаптации и патогенеза большинства соматических заболеваний, в том числе ДЦП, происходят при активном участии вегетативной нервной системы (ВНС), по этой причине оценка ее состояния играет важную роль при комплексном подходе к указанным проблемам. Сердечно-сосудистая система рассматривается как индикатор адаптационно-приспособительной деятельности всего организма. Изменение ритма сердца – универсальная реакция ВНС в ответ на любые возмущающие факторы внешней среды и изменение гомеостаза. В детском возрасте влияния симпатической и парасим-

патической систем еще недостаточно сбалансированы, причем симпатическая имеет повышенную активность. В процессе развития ребенка совершенствуется приспособительный регулирующий характер воздействия ВНС на деятельность организма в целом [2]. В современных исследованиях анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) используется в качестве информативного неинвазивного метода исследования вегетативной регуляции системы кровообращения, оценки вегетативного баланса в процессе адаптации к различным климато-географическим факторам, прогнозирования уровня здоровья, физической и психической активности, в клинической практике. Характерной особенностью метода является его неспецифичность по отношению к нозологическим формам патологии и высокая чувствительность к самым разнообразным факторам [3, 4, 5].

В обеспечении оптимальной адаптации к любым новым условиям среды физические упражнения играют важную роль. Следует отметить малочисленность работ, посвященных значению физической культуры в гармонизации взаимоотношений индивидуума с окружающей средой, а также ее позитивному влиянию на состояние человека с созданием положительного эмоционального фона в его жизни.

Возникновение любого эмоционального состояния, вызванного даже незначительной физической нагрузкой, может изменить, к примеру, функции ВНС, переключить на саморегуляцию и самовосстановление человека. Для детей с ДЦП свойственно длительно сохраняющееся состояние повышенной эмоциональности, что отрицательно влияет на пластичность их поведения. Систематическая мышечная деятельность – фактор, способствующий не только разрядке, но и предупреждению высших степеней состояния

напряжения. Функциональные возможности организма и функциональное состояние нервно-мышечной системы наряду с сократительными показателями мышц характеризуют такое важное качество, как миорелаксация в частности, скорость расслабления мышц, которая улучшается специальными упражнениями, что благотворно влияет на деятельность всего организма [6, 7].

Дифференцированный подход к ортопедической коррекции двигательных нарушений детей с ДЦП позволяет повысить эффективность восстановительного лечения с учетом возможностей адаптации детского организма к новым двигательным стереотипам [8, 9]. В то же время знания о состоянии регуляторных систем, адаптивных возможностях ВНС детей с ДЦП необходимо учитывать при разработке адаптированных образовательных программ для лиц с ОВЗ в системе общего и профессионального образования, что позволит эффективно решать коррекционно-педагогические задачи в ходе учебного процесса и обеспечит индивидуальный подход к каждому ребенку.

Целью настоящего исследования явилось изучение особенностей функционирования вегетативной нервной системы у детей, страдающих церебральным параличом, по показателям варибельности сердечного ритма.

## МЕТОДЫ

### И ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в школе-интернате «Омет» для детей-инвалидов с детства с заболеванием церебральный паралич г. Набережные Челны. В исследовании приняли участие 50 детей с ДЦП в возрасте от 10 до 15 лет, имеющих легкую степень проявления заболевания, способных передвигаться самостоятельно или при минимальной поддержке, самостоятельно себя обслуживающих, с сохраненным интеллектом. Для сравнительной оценки были обследованы 60 сверстников общеобразовательной школы, относящихся к основной медицинской группе, обучающихся по традиционной методике организации учебных занятий. Все исследуемые были разделены на три возрастно-половые группы: 10-11, 12-13, 14-15 лет.

Оценку степени напряжения регуляторных систем и адаптационных возможностей ВНС проводили путем математического анализа сердечного ритма по данным вариационной кардиоинтервалографии[10].

Исследование ритма сердца только в покое недостаточно для полной оценки состояния регуляторных систем организма. Для получения объективных данных необходимо изучение показателей вегетативной регуляции сердца при функциональных пробах. Физическая нагрузка представляет собой наиболее типичные, хотя и сопряженные с определенными затратами, состояния, к которым приходится адаптироваться сердечно-сосудистой системе. Поэтому регистрацию кардиоинтервалограмм проводили в состоянии покоя, в положении сидя и в первые 15 секунд после выполнения дозированной физической нагрузки. В силу особенностей нейро-ортопедического статуса детей с ДЦП в качестве дозированной физической нагрузки нами была выбрана проба Мартини (20 приседаний за 30 сек.) как наиболее адекватная физическим возможностям изучаемого контингента.

Оценивали такие показатели, как мода ( $M_0$ ), амплитуда моды ( $AM_0$ ), вариационный размах ( $\Delta X$ ), индекс напряжения (ИН) регуляторных систем, индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель ритма (ВПР), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР). Результаты изучения сердечного ритма обследованных детей проанализированы методами вариационной статистики с использованием t-критерия Стьюдента при уровне значимости  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные статистические показатели сердечного ритма в состоянии покоя позволяют отметить снижение парасимпатических и усиление симпатических регуляторных влияний у детей с ДЦП, о чем свидетельствуют более низкие значения  $\Delta X$  у детей с ДЦП во всех исследованных группах. Снижение вариационного размаха по сравнению с величиной этого показателя у здоровых детей более выражено

у мальчиков – на 18-32%, причем в этой половой группе достоверные различия установлены у 10-11-летних детей. У девочек с ДЦП при сравнении со здоровыми сверстницами величина  $\Delta X$  меньше на 11-22%. В то же время наблюдается повышение значения АМО и у мальчиков (на 20-50%), и у девочек (на 20-35%) в отличие от показателей здоровых детей. Преобладание симпатического типа влияния на регуляцию сердечного ритма является показателем снижения адаптационных возможностей организма, что является следствием длительной гипокинезии детей-инвалидов.

На избыточное напряжение адренергических механизмов регуляции сердечной деятельности указывают также значительно и достоверно более высокие значения ИВР во всех исследованных возрастно-половых группах детей с ДЦП по сравнению со значениями контингента здоровых обследованных. При этом наибольшие величины ИВР установлены у 10-11-летних девочек и 14-15-летних мальчиков с ДЦП (248,8 и 286,8 усл. ед. соответственно).

У обследованных нами детей с ДЦП в состоянии покоя установлен повышенный уровень централизации управления хронотропной функцией сердца и значительное напряжение адаптационных процессов. Значения индекса напряжения, как в группе мальчиков, так и в группе девочек, превышали показатели здоровых детей на 30-96% и выходили за пределы условной нормы, находясь в зоне адаптации. В группах 10-11-летних девочек и 14-15-летних мальчиков величины ИН указывали на перенапряжение регуляторных систем (217,2 и 235,1 усл. ед. соответственно). У девочек с ДЦП в 10-11 лет достоверно ниже показатели  $\Delta X$ , более высокие величины АМО, ИН, ИВР, ПАГР, чем в других возрастных группах. У мальчиков схожее поведение статистических характеристик синусового ритма сердца наблюдается в 14-15-летнем возрасте. Однако указанные сдвиги показателей могут быть проявлением нейрогуморальных перестроек организма в связи с половым развитием этих детей.

При оценке показателей ВРС в ответ на пробу с дозированной физической нагрузкой во всех

исследованных возрастно-половых группах детей с ДЦП было выявлено повышение величины вариационного размаха  $\Delta X$  на 35-64%, снижение значений Мо на 17-31%, АМО – на 18-36% (кроме девочек 12-13 лет, у которых данный показатель не изменился), ИН – на 23-52% (в группе девочек 12-13 лет ИН увеличился на 17%), ИВР – на 11-62%. Эти изменения можно рассматривать как тенденцию к повышению активности парасимпатического отдела ВНС на фоне ослабления симпатических и гуморально-метаболических влияний на работу сердца, что может свидетельствовать о менее эффективном использовании функциональных резервов сердечно-сосудистой системы и более низких адаптационных возможностях организма.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, анализ показателей ВРС у детей с ДЦП установил выраженное влияние симпатического звена регуляции на хронотропную функцию сердца, значительное участие центрального контура регуляции ритма сердца в состоянии покоя и некоторую активацию парасимпатического отдела ВНС при выполнении дозированной физической нагрузки. Напряжение и перенапряжение аппарата центральной регуляции определяет недостаточность защитно-приспособительных механизмов, неспособных адекватно реагировать на воздействие различных факторов на организм. Полученные результаты, учитывая информативность критериев ВРС, могут быть использованы для исходной оценки ведущего типа вегетативной регуляции, дальнейшего рационального выбора мероприятий для коррекции двигательных нарушений у обследуемого.

На основании рассмотренного выше можно заключить, что оптимальная реабилитация детей с ДЦП возможна при учете индивидуальных особенностей нарушения здоровья, а также изменчивости биологического статуса ребенка в ответ на действие комплекса местных экологических, социальных и экономических условий, что позволит достичь оптимальности раскрытия адаптационных возможностей их организма.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Алейникова, Т.В. Варибельность сердечного ритма (обзор литературы). Проблемы здоровья и экологии / Т.В. Алейникова // Проблемы здоровья и экологии. – 2012. – № 1 (31). – С. 17-23.
2. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1984. – 220 с.
3. Гросс, Н.А. Вертикальная устойчивость у детей-инвалидов с нарушением функций опорно-двигательного аппарата при выполнении физических упражнений с использованием тренажерных устройств / Н.А. Гросс, Т.Л. Шарова, И.Ю. Беркутова, Г.В. Буканова // Теория и практика физической культуры. – 2017. – № 2. – С. 43-45.
4. Денисенко, Ю.П. Релаксационная тренировка в повышении эффективности специальной физической работоспособности / Ю. П. Денисенко, Л. Г. Яценко // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. – 2016. – № 1. – С. 157-161.
5. Клендар, В.А. Сравнение возрастных характеристик вегетативной нервной системы детей с врожденными нарушениями опорно-двигательного

**REFERENCES**

1. Aleinikova T.V. Variability of heart rhythm (literature review). Issues of health and ecology. Issues of health and ecology [Problemy zdorovia i ekologii], 2012, no. 1 (31), pp. 17-23. (in Russ.)
2. Baevskii R.M., Kirillov O.I., Kletskin S.Z. Mathematical analysis of heart rate alterations during stress. Moscow, Science Publ., 1984, 220 p. (in Russ.)
3. Gross N.A., Sharova T.L., Berkutova I.Iu., Bukanova G.V. Vertical stability of disabled children with impairments of musculoskeletal system performing physical exercises with the use of simulating devices. Theory and practice of physical culture [Teoriia i praktika fizicheskoi kultury], 2017, no. 2, pp. 43-45. (in Russ.)
4. Denisenko Iu. P., Iatsenko L.G. Relaxing training in promotion of effectiveness of special physical workability. Izvestia Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaja ku'tura. Sport [Bulletin of Tula State University, Physical culture. Sport]. 2016, no. 1, pp. 157-161. (in Russ.)
5. Klendar V.A., Gross N.A., Morozov V.N., Synkova E.V. Comparison of age characteristics of autonomic nervous system. Uchenye zapiski universiteta im. P.F. Lesgafta [Academic notes of P.F. Lesgaft university], 2017, no. 4 (146), pp. 81-86. (in Russ.)
6. Finkelstein J., Jeong I.C. Using heart rate variability for automated identification of exercise exertion levels. Studies in health technology and informatics, 2015, no. 208, pp. 137-141.
7. Gañán-Calvo A.M., Fajardo-López J. Universal structures of normal and pathological heart rate variability. Scientific Reports, 2016, no. 6, p. 21749. DOI: 10.1038/srep21749
8. Pavão S.L., Rocha N.A.C.F. Sensory processing disorders in children with cerebral palsy. Infant Behavior and Development, 2017, no. 46, pp. 1-6.
9. Rave G., Fortrat J.O., Dawson B., Carre F., Dupont G., Saeidi A., Boullousa D., Zouhal H. Heart rate recovery and heart rate variability: use and relevance in European professional soccer. International Journal of Performance Analysis in Sport, 2018, no. 18(1), pp. 168-183.
10. Tang L., Li F., Cao S., Zhang X., Chen X., Wu D. Muscle synergy analysis in children with cerebral palsy. Journal of Neural Engineering, 2015, no. 12(4), pp. 046017.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

Киимова Надира Илгизаровна (Kiamova Nadira Ilgizarovna) – кандидат биологических наук, доцент; Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева (КНИТУ-КАИ) Набережночелнинский филиал; 423814, г. Набережные Челны, ул. Ак. Королева, д.1; e-mail: nadira.kiamova@yandex.ru; ORCID:0000-0002-4663-8320.

Чернышева Фанзиля Абузаровна (Chernysheva Fanzilia Abuzarovna) – кандидат биологических наук, доцент; НЧФ Казанский инновационный университет им. В.Г. Тимирязова; 423815, г. Набережные Челны, проспект Вахитова, д.4; e-mail: h-chfa@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3568-4719.

**ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ**

Киимова, Н.И. Использование варибельности ритма сердца для оценки адаптивных возможностей детей с ДЦП / Н.И. Киимова, Ф.А. Чернышева // Наука и спорт: современные тенденции. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 63-67

**FOR CITATION**

Kiamova N.I., Chernysheva F.A. Using the heart rate variability for assessment of the adaptive possibilities of children with cerebral palsy. Science and sport: current trends, 2019, vol. 7, no. 2, pp. 63-67 (in Russ.)