

doi: 10.25005/2074-0581-2021-23-2-201-207

## ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРГАНИЗМА ДЕТЕЙ СО СПАСТИЧЕСКИМИ ФОРМАМИ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ПАРАЛИЧА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

А.А. БРУЙКОВ

Кафедра медицинской биологии с курсом инфекционных болезней, Медицинский институт, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Тамбов, Российская Федерация

**Цель:** оценка показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) детей со спастическими формами детского церебрального паралича (ДЦП) под воздействием физической нагрузки.

**Материал и методы:** было обследовано 24 ребёнка в возрасте 12-14 лет со спастическими формами ДЦП. В I группу (n=12) вошли дети со спастической диплегией (средний возраст – 13,3±1,2 лет), во II группу (n=12) – со спастической двойной гемиплегией (средний возраст – 13,8±0,9 лет). Состояние ССС оценивалось по частоте сердечных сокращений, АД, пульсовому давлению, систолическому объёму крови, показателю качества реакции на физическую нагрузку и типу реакции ССС на физическую нагрузку по Летуну. В качестве нагрузочного теста применяли видоизменённую пробу Мартинэ-Кушелевского.

**Результаты:** у детей выявлен гипертонический тип реакции ССС. Исследования показали, что для обеих групп параметры частоты сердечных сокращений, АД, пульсового давления и систолического объёма крови не имели статистически значимых различий как до нагрузки, так и после неё. Однако показатель качества реакции на физическую нагрузку был статистически значимо ниже во II группе 0,125±0,008 мм Hg/уд/мин, чем в I группе 0,135±0,009 мм Hg/уд/мин (p<0,05).

**Заключение:** у детей с ДЦП как в форме спастической диплегии, так и спастической двойной гемиплегии выявлен гипертонический тип реакции ССС на пробу Мартинэ-Кушелевского. Проведённое исследование показало важность определения реактивности ССС на физическую нагрузку для построения индивидуальной программы реабилитации детей с ДЦП.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, сердечно-сосудистая система, показатель качества реакции на физическую нагрузку, проба Мартинэ-Кушелевского.

**Для цитирования:** Бруйков АА. Изменения физиологических показателей организма детей со спастическими формами церебрального паралича под воздействием физической нагрузки. *Вестник Авиценны*. 2021;23(2):201-7. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-2-201-207>

## EXERCISE-RELATED CHANGES OF THE PHYSIOLOGICAL INDICATORS IN CHILDREN WITH DIFFERENT FORMS OF SPASTIC CEREBRAL PALSY

А.А. BRUYKOV

Department of Medical Biology with the course of Infectious Diseases, Medical Institute, Derzhavin Tambov State University, Tambov, Russian Federation

**Objective:** To assess the indicators of the cardiovascular system (CVS) affected by exercise in children with various forms of cerebral palsy (CP).

**Methods:** Total of 24 children aged 12-14 years with spastic type of CP were enrolled in the study. They were divided into two groups. Group I included children with spastic diplegia (mean age 13.3±1.2 years), group II – with spastic double hemiplegia (mean age 13.8±0.9 years). For evaluation of the CVS functional condition, the heart rate (HR), blood pressure (BP), pulse pressure (PP), stroke volume (SV), quality and type of CVS response to physical activity (Letunov's test) were assessed. A modified Martine-Kushelevsky test was used as an exercise test.

**Results:** All children revealed hypertensive type of CVS response to the Martine-Kushelevsky test. Our investigation showed that for both groups of children HR, BP, PP, and SV did not significantly change after the exercise, while the indicator of the type of CVS response to physical activity (Letunov's test) was significantly reduced in group II (0.125±0.008 mm Hg/bpm), compared to the group I (0.135±0.009 mm Hg/bpm) (p<0.05).

**Conclusion:** Children with both spastic double hemiplegia and spastic diplegia showed hypertensive type of CVS response to the Martine-Kushelevsky test. The study showed the importance of evaluation of the CVS reactivity to the exercise for the development of individual rehabilitation programs for children with CP.

**Keywords:** Cerebral palsy, cardiovascular system, type of CVS response to physical activity, Martine-Kushelevsky test.

**For citation:** Bruykov AA. Izmeneniya fiziologicheskikh pokazateley organizma detey so spasticheskimi formami tserebral'nogo paralicha pod vozdeystviem fizicheskoy nagruzki [Exercise-related changes of the physiological indicators in children with different forms of spastic cerebral palsy]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2021;23(2):201-7. Available from: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2021-23-2-201-207>

### ВВЕДЕНИЕ

Детский церебральный паралич (ДЦП) рассматривается как актуальная и социально значимая проблема в силу высокой распространённости данного заболевания [1-5]. При ДЦП отмечаются изменения двигательных, психических и речевых функций, которые могут сопровождаться расстройствами зрения, слуха,

### INTRODUCTION

High prevalence of the CP makes it a crucial socially significant challenge [1-5]. In patients with CP motor activity, cognitive functions and speech are affected, which may be accompanied by vision, hearing, and tactile impairment [13-16]. The level of motor dysfunction depends on the daily physical activity of children [6-9].

осязания. Нарушения двигательной активности зависят от уровня ежедневной физической нагрузки у детей [6-9].

Как известно, физическая нагрузка – необходимое условие для формирования и развития двигательной активности [1, 5]. Систематические реабилитационные мероприятия приводят к тому, что у детей формируются функциональные резервы сердечно-сосудистой системы (ССС) [1, 6, 7].

Однако, из-за имеющихся нарушений в вегетативной нервной системе у детей с ДЦП, физическая нагрузка и/или упражнения, а также лечебный массаж чреват развитием дисбаланса симпато-вагальной координации сердечной деятельности [8, 9].

Вместе с тем, применение биохимических методов для выявления различных изменений функционального состояния ССС детей с ДЦП под воздействием физической реабилитации лимитировано в силу тяжести заболевания и особенностей их психоэмоционального реагирования на проводимые манипуляции [10, 11]. В связи с этим, изучение диапазона изменений ССС у детей с ДЦП под воздействием различного объёма и степени физической нагрузки остаётся актуальным.

## ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка показателей сердечно-сосудистой системы (ССС) детей со спастическими формами детского церебрального паралича (ДЦП) под воздействием физической нагрузки.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе Тамбовской областной детской клинической больницы. Для достижения цели были обследованы 24 ребёнка в возрасте 12-14 лет со спастическими формами ДЦП. В I группу были включены 12 детей, страдающих ДЦП в форме спастической диплегии (средний возраст составил 13,3±1,2 лет), а во II группу – тоже 12 детей с ДЦП, но в форме спастической двойной гемиплегии (средний возраст составил 13,8±0,9 лет).

В качестве нагрузочного теста применяли видеоизменённую пробу Мартинэ-Кушелевского. Перед проведением пробы у детей измеряли артериальное давление (АД) и частоту сердечных сокращений (ЧСС). Далее дети выполняли 20 приседаний за одну минуту, при этом держались руками за шведскую стенку.

Исследовали следующие показатели ССС:

- ЧСС (уд/мин) – определяли пальпаторно до и после нагрузки
- АД (мм Hg) – измеряли механическим тонометром по методу Короткова
- пульсовое давление (ПД) – разница между систолическим артериальным давлением (САД) и диастолическим артериальным давлением (ДАД)
- систолический объём крови (СОК) по Starr
- показатель качества реакции на физическую нагрузку: 
$$\text{ПКР} = \frac{(\text{ПД}_{\text{после нагрузки}} - \text{ПД}_{\text{до нагрузки}})}{(\text{ЧСС}_{\text{после нагрузки}} - \text{ЧСС}_{\text{до нагрузки}})}$$
- тип реакции ССС на физическую нагрузку по Летуну.

Статистическая обработка данных осуществлена с помощью пакета «Statistica 10» (StatSoft Inc., USA). Вычислялись средние значения и их стандартная ошибка. Сравнение значений проведено непараметрическими методами: для нескольких зависимых выборок – при помощи критерия Фридмана, для пары зависимых выборок – по T-критерию Вилкоксона, а для пары независимых выборок – по U-критерию Манна-Уитни. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

Exercise is a necessary condition for the maintenance of motor function [1, 5]. Regular rehabilitation measures lead to formation of children's CVS functional reserves [1, 6, 7].

However due to the impairment of the autonomous nervous system in children with CP, exercise and massotherapy may result in development of disbalance in the sympatho-vagal coordination of the cardiac activity [8, 9].

Application of various biochemical tests to assess the functional changes in the body of children with CP under the influence of physical rehabilitation is challenging due to the severity of the disease and the peculiarities of their psycho-emotional response to manipulations [10, 11]. In this connection a study of the range of changes in the CVS of children with SP remains highly relevant.

## OBJECTIVE

Assessment of the CVS indicators in children with various forms of spastic CP influenced by exercise.

## METHODS

The study was conducted in the Tambov Regional Children's Clinical Hospital. To achieve the goal, 24 children aged 12-14 years with spastic type of CP were enrolled in the study. They were divided into the two comparable groups. Group I included boys and girls diagnosed with spastic diplegia form of CP (mean age 13.3±1.2 years), while group II included children with spastic double hemiplegia (mean age was 13.8±0,9 years).

A modified Martine-Kushelevsky test was used as an exercise test. Before the test, children's BP and HR were measured. Then the children performed 20 squats in one minute, while holding the wall bars with their hands.

The following parameters of CVS were evaluated:

- HR (beats/min), determined by palpation before and after the exercise;
- BP (mm Hg), measured with a mechanical tonometer by Korotkov method;
- pulse pressure (PP) – the difference between systolic blood pressure (SP) and diastolic blood pressure (DP);
- stroke volume (SV), Starr formula;
- indicator of quality response to exercise (QR), calculated as 
$$\frac{(\text{PP}_{\text{after exercise}} - \text{PP}_{\text{before exercise}})}{(\text{HR}_{\text{after exercise}} - \text{HR}_{\text{before exercise}})}$$
- type of CVS response to exercise (Letunov's test).

Statistical data processing was done using the Statistica 10 package (StatSoft Inc., USA). The mean values and their standard error were calculated. The comparison of values was carried out by nonparametric methods: Friedman test for several dependent variables; Wilcoxon T-test – for paired dependent samples, Mann-Whitney U-test – for paired independent samples. Differences were considered statistically significant at  $p < 0.05$ .

## RESULTS AND DISCUSSION

The study showed that the duration of BP recovery after the exercise in children with spastic diplegia was shorter than in children with spastic double hemiplegia (Table 1).

As follows from the Table 1, after the exercise the HR was statistically significantly increased in children of both groups. Its

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

Как показало исследование, период восстановления АД после физической нагрузки у детей со спастической диплегией наступал быстрее, чем у детей со спастической двойной гемиплегией (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что ЧСС после физической нагрузки статистически значимо возрастала у детей обеих групп. Её полное восстановление после нагрузочного теста происходило после пятой минуты. Полное восстановление СД и ДД после нагрузки у детей I группы достигалось к пятой минуте. Во II группе восстановление этих показателей отмечено после пятой минуты. У детей обеих групп имел место гипертонический тип реакции ССС. Отмечено значительное учащение ЧСС с повышением САД и ДАД после физической нагрузки, характеризующееся медленной нормализацией этих показателей в восстановительном периоде. Однако статистически значимой разницы между группами по таким параметрам, как ЧСС и АД, не выявлено.

В табл. 2 приведены данные по изменениям ПД и СОК у группам до и после нагрузки.

Как видно из табл. 2, в обеих группах выявлены значимые различия по изменениям СОК до и после нагрузки, с уменьшением последнего после физических упражнений. Однако эти показатели не имели значимого различия у детей обеих групп (p>0,05).

Сравнительный анализ показателя качества реакции на физическую нагрузку по группам представлен в табл. 3.

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что в отношении ПКР получены статистически значимые различия между группами.

Резюмируя полученные данные, можно сказать, что для обеих групп параметры ЧСС, СОК, артериального давления и ПД

recovery after the exercise test was reached after the 5<sup>th</sup> minute in both groups. Full recovery of SP and DP after the exercise in children of group I was achieved by the 5<sup>th</sup> minute, while in group II it was noted after the 5<sup>th</sup> minute. There was a significant increase in HR with an increase in SP and DP after exercise, followed by a slow return of these parameters to initial values during the recovery period. However there was no significant difference between the groups for such indicators as HR and BP.

Table 2 presents data on the PP and SV before the exercise and their changes after exercise.

As follows from the Table 2, SV was significantly reduced after the exercise in both groups, though there was no significant difference for this parameter between the groups.

Comparative analysis of such parameter as QR in the two groups of children with CP is presented in Table 3.

Table 3 values indicate that between the two groups the QR was significantly different (p<0.05).

Thus, the studies have shown that the HR, SV, BP, and PP did not have significant difference between the groups either before or after the exercise. However, QR was significantly lower (p<0.05), in group II compared to the group I.

CP continues to occupy a leading position among the causes of disability in children [1, 11]. According to the recent data of Ying K et al (2021), out of 9.3 million children in Malaysia, 5840 suffer CP, while 2766 of them have special needs and require particular care [7]. In the United States, according to the National Center on Birth Defects and Developmental Disabilities, the prevalence of CP was 2.1-3.2 per 1000 live births [11].

**Таблица 1** Показатели АД и ЧСС до и после физической нагрузки у детей с различными формами ДЦП

Время восстановления	СД, мм Hg			ДД, мм Hg			ЧСС, уд/мин		
	I группа	II группа	p	I группа	II группа	p	I группа	II группа	p
До нагрузки	117,5±8,2	121,1±5,3	>0,05	81,3±3,6	83,7±4,6	>0,05	75,4±7,4	82,8±7,2	>0,05
1 мин	139,1±5,7	145,1±7,8	>0,05	99,4±4,4	103,6±5,4	>0,05	101,3±8,2	115,5±9,8	>0,05
p <sub>1</sub>	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	
2 мин	135,2±8,3	140,7±6,7	>0,05	94,9±3,5	98,9±5,3	>0,05	98,1±6,8	106,4±8,6	>0,05
3 мин	130,9±7,4	135,3±7,4	>0,05	90,9±3,9	93,8±4,3	>0,05	90,4±6,4	98,8±8,2	>0,05
4 мин	124,8±6,8	129,5±5,7	>0,05	85,8±4,1	89,3±	>0,05	85,2±7,2	90,1±7,8	>0,05
5 мин	117,6±4,5	123,2±7,4	>0,05	81,5±3,7	84,3±	>0,05	76,2±4,6	85,6±6,4	>0,05
p*	<0,05	<0,05		<0,05	<0,05		<0,05	<0,05	

Примечания: p – статистическая значимость различий показателей между группами (по U-критерию Манна-Уитни); p\* – статистическая значимость динамики показателей на протяжении 5 минут наблюдения (по критерию Фридмана); p<sub>1</sub> – статистическая значимость различий показателей до и после нагрузки (1 минута) (по T-критерию Вилкоксона)

**Table 1** BP and HR values before and after the exercise in children with various forms of CP

Recovery time	SP, mm Hg			DP, mm Hg			HR, bpm		
	I group	II group	p	I group	II group	p	I group	II group	p
Before exercise	117.5±8.2	121.1±5.3	>0.05	81.3±3.6	83.7±4.6	>0.05	75.4±7.4	82.8±7.2	>0.05
1 min	139.1±5.7	145.1±7.8	>0.05	99.4±4.4	103.6±5.4	>0.05	101.3±8.2	115.5±9.8	>0.05
p <sub>1</sub>	<0.05	<0.05		<0.05	<0.05		<0.05	<0.05	
2 min	135.2±8.3	140.7±6.7	>0.05	94.9±3.5	98.9±5.3	>0.05	98.1±6.8	106.4±8.6	>0.05
3 min	130.9±7.4	135.3±7.4	>0.05	90.9±3.9	93.8±4.3	>0.05	90.4±6.4	98.8±8.2	>0.05
4 min	124.8±6.8	129.5±5.7	>0.05	85.8±4.1	89.3±5.1	>0.05	85.2±7.2	90.1±7.8	>0.05
5 min	117.6±4.5	123.2±7.4	>0.05	81.5±3.7	84.3±4.7	>0.05	76.2±4.6	85.6±6.4	>0.05
p*	<0.05	<0.05		<0.05	<0.05		<0.05	<0.05	

Notes: p – statistical significance of differences between the groups (Mann-Whitney U-test); p\* – statistical significance of the dynamics of indicators during 5 minutes of observation (Friedman test); p<sub>1</sub> – statistical significance of differences in indicators before and 1 minute after the exercise (Wilcoxon T-test)

**Таблица 2** Показатели ПД и СОК у детей с различными формами ДЦП

Исследуемые параметры	I группа			II группа		
	До нагрузки	После	p	До нагрузки	После	p
ПД, mm Hg	36,2±3,7	39,7±4,5	>0,05	37,4±4,9	41,5±5,1	>0,05
	$p_1 > 0,05$					
СОК, мл	51,9±4,2	42,8±4,1	<0,05	52,6±4,2	42,7±4,4	<0,05
	$p_1 > 0,05$					

**Примечания:** p – статистическая значимость различий показателей до и после нагрузки (по Т-критерию Вилкоксона);  $p_1$  – статистическая значимость различий показателей между группами (по U-критерию Манна-Уитни)

**Table 2** PP and SV values in children with various forms of CP

Parameters	I group			II group		
	Before exercise	After exercise	p	Before exercise	After exercise	p
PP, mm Hg	36.2±3.7	39.7±4.5	>0.05	37.4±4.9	41.5±5.1	>0.05
	$p_1 > 0.05$					
SV, ml	51.9±4.2	42.8±4.1	<0.05	52.6±4.2	42.7±4.4	<0.05
	$p_1 > 0.05$					

**Notes:** p – statistical significance of differences in indicators before and after the exercise (Wilcoxon T-test);  $p_1$  – statistical significance of differences in indicators between the groups (Mann-Whitney U-test)

**Таблица 3** ПКР у детей с различными формами ДЦП

Исследуемый параметр	I группа	II группа	p
ПКР, mm Hg/уд/мин	0,135±0,09	0,125±0,012	<0,05

**Примечание:** p – статистическая значимость различий показателей между группами (по U-критерию Манна-Уитни)

**Table 3** QR values in children with various forms of CP

Parameters	I group	II group	p
QR, mm Hg/bpm	0.135±0.09	0.125±0.012	<0.05

**Note:** p – statistical significance of the differences of the parameters between the groups (Mann-Whitney U-test)

не имели статистически значимых различий как до нагрузки, так и после неё. Однако ПКР была статистически значимо ниже во II группе ( $p < 0,05$ ).

Детский церебральный паралич продолжает занимать лидирующую позицию в структуре причин инвалидности среди детей [1, 11]. Так, согласно данным недавно опубликованной работы Ying K et al (2021), в Малайзии среди 9,3 млн детей у 5840 выявлен ДЦП, при этом 2766 из них нуждаются в особых потребностях и уходе [7]. В США, по данным Национального центра врождённых дефектов и пороков развития, распространённость ДЦП составила 2,1-3,2 на 1000 живорождённых [11].

Австралийские исследователи отмечают, что в 98% семей, где живут дети с ДЦП, наблюдаются высокое перенапряжение и депрессивная атмосфера [12]. Постоянство инвалидности и потребность в постоянном уходе за детьми с особыми потребностями отрицательно влияет не только на психическое состояние лиц, осуществляющих первичный уход, но и формирует негативную семейную атмосферу [7].

У детей с ДЦП, в силу особенностей нервно-мышечного аппарата, функциональное состояние ССС отличается большей реактивностью на нагрузочные тесты. Мы предполагаем, что ограничение двигательной активности является приоритетным фактором неудовлетворительного уровня физического развития детей с ДЦП, который с возрастом лишь усиливается.

In Australia 98% of families having children with CP are exposed to the atmosphere of tension and depression [12]. Permanent disability and need for constant care of children with special needs not only negatively affect mental health of primary caregivers, but also create an oppressive family atmosphere [7].

In children with CP, due to the peculiarities of the neuromuscular apparatus, the functional condition of the CVS shows enhanced reactivity to the exercise tests. We assume that limited physical activity is the main reason of unsatisfactory level of physical development of children with CP, which continues to deteriorate with age.

The analysis of the results obtained allowed us to come to the conclusion that in children with CP, which have increased CVS reactivity to standard physical activity, the rehabilitation programs should include components with minimal emotional and intellectual distress. This recommendation is also given by Park IK et al (2021), which noticed that riding a horse by 26 children with SP for 40 minutes twice a week during 16 weeks resulted in considerable improvement of the autonomic regulation of the HR without significant reduction of the level of oxygen consumption [13].

Ferreira MC et al (2011) emphasize that children with CP show dysregulation of the cardiac activity due to the impairment of the sympatho-vagal balance. These autonomic dysfunctions

Анализ полученных результатов позволил нам прийти к заключению, что у детей с ДЦП с повышенной реактивностью ССС на стандартную физическую нагрузку реабилитационный процесс необходимо составлять с учётом тех средств, которые требуют минимального эмоционального и интеллектуального напряжения. Такую рекомендацию также предлагают Park IK et al (2021), которые отметили, что катание 26 детей с ДЦП на лошадях в течение 40 минут два раза в неделю продолжительностью в 16 недель, привело к значимому улучшению вегетативной регуляции ЧСС без значимого изменения уровня потребления кислорода [13].

Ferreira MC et al (2011) подчёркивают, что у детей с ДЦП наблюдается дисрегуляция сердечной деятельности на почве симпатико-вагального баланса. Эти вегетативные дисфункции способствовали значимым изменениям ЧСС и интервала QT, и по сравнению с таковыми данными у здоровых детей были напрямую связаны с ДЦП [9].

Аналогичные данные также приведены в опубликованном мета-анализе Amichai T, Katz-Leurer M (2014), где авторы отмечают о значимом снижении вариабельности сердечного ритма (ВСР) при ДЦП, и при выполнении упражнений с поднятой головой, наклоном или вертикальным стоянием отмечается значительное снижение ВСР. Авторы рекомендуют использование ВСР в качестве прогностического фактора ДЦП у детей, рождённых с травмами [10].

В исследовании Kholod H et al (2013) было показано, что у детей с ДЦП отмечались более высокие средние значения ЧСС в покое ( $98,4 \pm 13,9$  уд/мин) и более низкие показатели ВСР ( $52,0 \pm 19,1$  мс) по сравнению с таковыми данными здоровых сверстников –  $83,0 \pm 11,5$  уд/мин и  $87,0 \pm 39,8$  мс, соответственно ( $p < 0,05$ ). Авторы отмечают, что ЧСС увеличивалась, а интервал R-R уменьшался, когда дети меняли уровень активности с покоя на ходьбу, однако не отмечалось связи между ВСР и двигательной активностью детей с ДЦП [14].

Вместе с тем, по данным недавно опубликованной работы Keller-Ross ML et al (2021), где было изучено влияние комбинированной транскраниальной стимуляции постоянным током на моторную кору (M1) и бимануальной тренировки на сердечно-сосудистую функцию у детей с ДЦП, было показано, что эти вмешательства значимо не влияли на деятельность ССС [15].

В систематическом обзоре, проведённом Gaşior JS et al (2020), подтверждена более высокая ЧСС и сниженная ВСР в состоянии покоя при ДЦП, что следует иметь в виду при планировании объёма и длительности реабилитационных мероприятий [8]. Такого же мнения придерживаются Zhao X et al (2015), которые у 40 детей с ДЦП в возрасте 1-4 лет на фоне проведения раннего лечения отметили увеличение степени восприятия боли и перенапряжение нервной системы, и в этой связи рекомендуют проведение минимальных лечебных и реабилитационных программ [16].

Таким образом, полученные нами данные, а также результаты некоторых других исследований являются основанием считать, что средства физической реабилитации с высоким напряжением, будут способствовать повышению нагрузки на ССС, что необходимо иметь в виду при составлении индивидуальных программ реабилитации.

С другой стороны, детям с ДЦП крайне необходимо расширять уровень двигательной активности для развития сенсорной и моторной функции конечностей и улучшения социальной адаптации. Всё выше перечисленное требует особого подхода к составлению индивидуальной программы реабилитации для детей со спастическими формами ДЦП.

promote considerable changes of the HR and QT interval compared to the healthy children and are directly related to the CP [9].

Similar data are presented in the meta-analysis of Amichai T, Katz-Leurer M (2014), where the authors note a significant decrease in HR variability in CP, and when doing exercises with the head raised, tilted or standing upright, there is a significant decrease in the HR variability. The authors recommend the use of HR variability indicator as a predictor of CP in children born with trauma [10].

In a study by Kholod H et al (2013), it was shown that children with CP had higher mean resting HR ( $98.4 \pm 13.9$  bpm) and lower HR variability ( $52.0 \pm 19.1$  ms) compared with those of healthy peers ( $83.0 \pm 11.5$  bpm and  $87.0 \pm 39.8$  ms respectively) ( $p < 0.05$ ). The authors note that the HR increased and the R-R interval decreased when children changed the level of activity from rest to walking, but there was no connection between HR variability and motor activity in children with CP [14].

At the same time, according to the recently published work by Keller-Ross ML et al (2021), who studied the effect of combined transcranial direct current stimulation of the motor cortex (M1) and bimanual training on cardiovascular function in children with CP, these interventions did not significantly affect the activity of the CVS [15].

A systematic review conducted by Gaşior JS et al (2020) confirmed a higher HR and decreased resting HR variability in CP, which should be borne in mind when planning the volume and duration of rehabilitation measures [8]. Similar opinion is shared by Zhao X et al (2015), who noticed in 40 children at the age of 1-4 years with CP on the background of early treatment an increase in the level of pain perception and nervous overstrain, and in this regard, they recommend to conduct light treatment and rehabilitation programs [16].

Thus, our data and the results of investigations of other researches give us reason to believe that high tension tools of physical rehabilitation would increase the load on the CVS, which needs to be taken into consideration during tailoring of the individual rehabilitation programs.

On the other hand, it is necessary for children with CP to expand physical activity in order to improve sensory and motor functions of the limbs and increase the level of social adaptation. All of the above requires a special approach to tailoring of individual rehabilitation programs for children with spastic forms of CP.

## CONCLUSION

Children with CP, both of spastic diplegia and spastic double hemiplegia forms, show a hypertensive type of CVS response to the Martine-Kushelevsky test. The study demonstrated the importance of evaluation of the CVS response to the exercise, which should be considered during development of individual rehabilitation programs for children with CP.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У детей с ДЦП как в форме спастической диплегии, так и спастической двойной гемиплегии выявлен гипертонический тип реакции ССС на пробу Мартинэ-Кушелевского. Проведённое исследование показало важность определения реактивности ССС на физическую нагрузку для построения индивидуальной программы реабилитации детей с ДЦП.

## ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Рахмонов РА, Исокова МД, Ганиева МТ, Холматова ГК. Особенности реабилитации детей, страдающих детским церебральным параличом с эпилептическими приступами. *Вестник последипломного образования в сфере здравоохранения*. 2018;2:91-4.
2. Бруйков АА, Гулин АВ, Апокин ВВ. Изменение показателей функционального состояния дыхательной системы организма детей с различными формами церебрального паралича в процессе реабилитации. *Теория и практика физической культуры и спорта*. 2016;7:83-5.
3. Баймуродов РС, Амонов МК. Иппотерапия как метод лечебной физической культуры (обзор литературы). *Биология и интегративная медицина*. 2017;3:217-42.
4. Губин АВ, Овчинников ЕН, Гончарук ЭВ, Васильева НИ, Попков ДА. Экономические аспекты многоуровневых ортопедических операций у пациентов с детским церебральным параличом. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2020;28(S):716-22. Available from: <https://doi.org/10.32687/0869-866X-2020-28-s1-716-722>
5. Волокитин АС, Бруйков АА, Гулин АВ. Воздействие иппотерапии на нервно-мышечный аппарат организма детей со спастической диплегией. *Вестник Авиценны*. 2015;1:116-20.
6. Батышева ТТ, Быкова ОВ, Виноградов АВ. Детский церебральный паралич – современные представления о проблеме. *Русский медицинский журнал*. 2012;20(8):401-5.
7. Ying K, Rostenberghe HV, Kuan G, Mohd Yusoff MHA, Ali SH, Yaacob NS. Health-related quality of life and family functioning of primary caregivers of children with cerebral palsy in malaysia. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):2351. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052351>
8. Gaşior JS, Zamunér AR, Silva LEV, Williams CA, Baranowski R, Sacha J, et al. Heart rate variability in children and adolescents with cerebral palsy – a systematic literature review. *J Clin Med*. 2020;9(4):1141. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm90411418>
9. Ferreira MC, Pastore C, Imada R, Guaré R, Leite M, Poyares D, et al. Autonomic nervous system in individuals with cerebral palsy: A controlled study. *J Oral Pathol Med*. 2011;40(7):576-81. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0714.2011.01008.x>
10. Amichai T, Katz-Leurer M. Heart rate variability in children with cerebral palsy: Review of the literature and meta-analysis. *NeuroRehabilitation*. 2014;35(1):113-22. Available from: <https://doi.org/10.3233/NRE-141097>
11. Maenner MJ, Blumberg SJ, Kogan MD, Christensen D, Yeargin-Allsopp M, Schieve LA. Prevalence of cerebral palsy and intellectual disability among children identified in two U.S. National Surveys, 2011-2013. *Ann Epidemiol*. 2016;26(3):222-6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2016.01.001>
12. Whittingham K, Wee D, Sanders MR, Boyd R. Sorrow, coping and resiliency: Parents of children with cerebral palsy share their experiences. *Disabil Rehabil*. 2013;35(17):1447-52. Available from: <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.737081>
13. Park IK, Lee JY, Suk MH, Yoo S, Seo YG, Oh JK, et al. Effect of equine-assisted activities on cardiac autonomic function in children with cerebral palsy: A pilot randomized-controlled trial. *J Altern Complement Med*. 2021;27(1):96-102. Available from: <https://doi.org/10.1089/acm.2020.0346>
14. Kholod H, Jamil A, Katz-Leurer M. The associations between motor ability, walking activity and heart rate and heart rate variability parameters among
1. Rakhmonov RA, Isokova MD, Ganieva MT, Kholmatova GK. Osobennosti reabilitatsii detey, stradayushchikh detskim tserebral'nyim paralichom s epilepticheskimi pristupami [Peculiarities of rehabilitation of children with ICP with epileptic personalities]. *Vestnik poslediplomnogo obrazovaniya v sfere zdravookhraneniya*. 2018;2:91-4.
2. Bruykov AA, Gulín AV, Apokin VV. Izmenenie pokazateley funktsional'nogo sostoyaniya dykhatel'noy sistemy organizma detey s razlichnymi formami tserebral'nogo paralicha v protsesse reabilitatsii [Changes in the indicators of the functional state of the respiratory system of children with various forms of cerebral palsy in the process of rehabilitation]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury i sporta*. 2016;7:83-5.
3. Baymurodov RS, Amonov MK. Ippoterapiya kak metod lechebnoy fizicheskoy kul'tury (obzor literatury) [Hippotherapy as method of medical physical culture (literature review)]. *Biologiya i integrativnaya meditsina*. 2017;3:217-42.
4. Gubin AV, Ovchinnikov EN, Goncharuk EV, Vasylieva NI, Popkov DA. Ekonomicheskie aspekty mnogourovnevnykh ortopedicheskikh operatsiy u patsientov s detskim tserebral'nyim paralichom [Economic aspects in single-event multilevel orthopedic surgery in patients with cerebral palsy]. *Problemy sotsial'noy gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*. 2020;28(S):716-22. Available from: <https://doi.org/10.32687/0869-866X-2020-28-s1-716-722>
5. Volokitin AS, Bruykov AA, Gulín AV. Vozdeystvie ippoterapii na nervno-myshchinyy apparat organizma detey so spasticheskoy diplegiyey [The effect of hippotherapy on the neuromuscular apparatus of the body of children with spastic diplegia]. *Vestnik Avitsenny [Avicenna Bulletin]*. 2015;1:116-20.
6. Batysheva TT, Bykova OV, Vinogradov AV. Detskiy tserebral'nyy paralich – sovremennyye predstavleniya o probleme [Infantile cerebral palsy – modern ideas about the problem]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. 2012;20(8):401-5.
7. Ying K, Rostenberghe HV, Kuan G, Mohd Yusoff MHA, Ali SH, Yaacob NS. Health-related quality of life and family functioning of primary caregivers of children with cerebral palsy in malaysia. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):2351. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph18052351>
8. Gaşior JS, Zamunér AR, Silva LEV, Williams CA, Baranowski R, Sacha J, et al. Heart rate variability in children and adolescents with cerebral palsy – a systematic literature review. *J Clin Med*. 2020;9(4):1141. Available from: <https://doi.org/10.3390/jcm90411418>
9. Ferreira MC, Pastore C, Imada R, Guaré R, Leite M, Poyares D, et al. Autonomic nervous system in individuals with cerebral palsy: A controlled study. *J Oral Pathol Med*. 2011;40(7):576-81. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0714.2011.01008.x>
10. Amichai T, Katz-Leurer M. Heart rate variability in children with cerebral palsy: Review of the literature and meta-analysis. *NeuroRehabilitation*. 2014;35(1):113-22. Available from: <https://doi.org/10.3233/NRE-141097>
11. Maenner MJ, Blumberg SJ, Kogan MD, Christensen D, Yeargin-Allsopp M, Schieve LA. Prevalence of cerebral palsy and intellectual disability among children identified in two U.S. National Surveys, 2011-2013. *Ann Epidemiol*. 2016;26(3):222-6. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2016.01.001>
12. Whittingham K, Wee D, Sanders MR, Boyd R. Sorrow, coping and resiliency: Parents of children with cerebral palsy share their experiences. *Disabil Rehabil*. 2013;35(17):1447-52. Available from: <https://doi.org/10.3109/09638288.2012.737081>
13. Park IK, Lee JY, Suk MH, Yoo S, Seo YG, Oh JK, et al. Effect of equine-assisted activities on cardiac autonomic function in children with cerebral palsy: A pilot randomized-controlled trial. *J Altern Complement Med*. 2021;27(1):96-102. Available from: <https://doi.org/10.1089/acm.2020.0346>
14. Kholod H, Jamil A, Katz-Leurer M. The associations between motor ability, walking activity and heart rate and heart rate variability parameters among

- children with cerebral palsy and typically developed controls. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(1):113-9. Available from: <https://doi.org/10.3233/NRE-130934>
15. Keller-Ross ML, Chantigian DP, Nemanich S, Gillick BT. Cardiovascular effects of transcranial direct current stimulation and bimanual training in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2021;33(1):11-6. Available from: <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000762>
16. Zhao X, Chen M, Du S, Li H, Li X. Evaluation of stress and pain in young children with cerebral palsy during early developmental intervention programs: a descriptive study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2015;94(3):169-75. Available from: <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000252>
- children with cerebral palsy and typically developed controls. *NeuroRehabilitation*. 2013;33(1):113-9. Available from: <https://doi.org/10.3233/NRE-130934>
15. Keller-Ross ML, Chantigian DP, Nemanich S, Gillick BT. Cardiovascular effects of transcranial direct current stimulation and bimanual training in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2021;33(1):11-6. Available from: <https://doi.org/10.1097/PEP.0000000000000762>
16. Zhao X, Chen M, Du S, Li H, Li X. Evaluation of stress and pain in young children with cerebral palsy during early developmental intervention programs: a descriptive study. *Am J Phys Med Rehabil*. 2015;94(3):169-75. Available from: <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000252>

## И СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Бруйков Алексей Александрович**, кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской биологии с курсом инфекционных болезней, Медицинский институт, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина  
ORCID ID: 0000-0001-9887-7879  
SPIN-код: 5876-0648  
E-mail: ba73-87@mail.ru

## Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Работа выполнялась в рамках гранта № 33-МУ-20 (01) «Изучение динамики физиологических показателей организма детей младшего школьного возраста с детским церебральным параличом к различным средствам реабилитации» (2020), представленного Управлением образования и науки Тамбовской области, Российская Федерация. Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования автор не получал

**Конфликт интересов:** отсутствует

## АДРЕС ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

**Бруйков Алексей Александрович**  
кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской биологии с курсом инфекционных болезней, Медицинский институт, Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина

392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33  
Тел.: +7 (903) 6990099  
E-mail: ba73-87@mail.ru

## ВКЛАД АВТОРОВ

Разработка концепции и дизайна исследования: БАА  
Сбор материала: БАА  
Статистическая обработка данных: БАА  
Анализ полученных данных: БАА  
Подготовка текста: БАА  
Редактирование: БАА  
Общая ответственность: БАА

Поступила 27.04.21  
Принята в печать 25.06.21

## AUTHOR INFORMATION

**Bruykov Aleksey Aleksandrovich**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Biology with the course of Infectious Diseases, Medical Institute, Derzhavin Tambov State University  
ORCID ID: 0000-0001-9887-7879  
SPIN: 5876-0648  
E-mail: ba73-87@mail.ru

## Information about support in the form of grants, equipment, medications

The study was sponsored by the grant N33-MU-20 (01) "Study of the dynamics of physiological parameters in primary school children with cerebral palsy to various programs of rehabilitation" (2020) by the Department of Education and Science of the Tambov Region, Russian Federation. The author did not receive financial support from companies manufacturing medications and medical equipment

**Conflicts of interest:** The author has no conflicts of interest

## ADDRESS FOR CORRESPONDENCE:

**Bruykov Aleksey Aleksandrovich**  
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Medical Biology with the course of Infectious Diseases, Medical Institute, Derzhavin Tambov State University

392000, Russian Federation, Tambov, 33 Internatsionalnaya str.  
Tel.: +7 (903) 6990099  
E-mail: ba73-87@mail.ru

## AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conception and design: BAA  
Data collection: BAA  
Statistical analysis: BAA  
Analysis and interpretation: BAA  
Writing the article: BAA  
Critical revision of the article: BAA  
Overall responsibility: BAA

Submitted 27.04.21  
Accepted 25.06.21