

2020;181(5):1036-1045.e9. doi:10.1016/j.cell.2020.04.026

4. Fischer F, Raiber L, Boscher C, Winter MH. COVID-19 and the Elderly: Who Cares?. *Front Public Health*. 2020;8:151. Published 2020 Apr 21. doi:10.3389/fpubh.2020.00151

5. Fuentes E, Gibbins JM, Holbrook LM, Palomo I. NADPH oxidase 2 (NOX2): A key target of oxidative stress-mediated platelet activation and thrombosis. *Trends Cardiovasc Med*. 2018 Oct;28(7):429-434. doi: 10.1016/j.tcm.2018.03.001. Epub 2018 Mar 26. PMID: 29661712.

6. Hayes JD, Strange RC. Potential contribution of the glutathione S-transferase supergene family to resistance to oxidative stress. *Free Radic Res*. 1995;22(3):193-207. doi:10.3109/10715769509147539

7. Henry BM, Vikse J, Benoit S, Favalaro EJ, Lippi G. Hyperinflammation and derangement of renin-angiotensin-aldosterone system in COVID-19: A novel hypothesis for clinically suspected hypercoagulopathy and microvascular immunothrombosis. *Clin Chim Acta*. 2020;507:167-173. doi:10.1016/j.cca.2020.04.027

8. Jackson SP, Darbousset R, Schoenwaelder SM. Thromboinflammation: challenges of therapeutically targeting coagulation and other host defense mechanisms. *Blood*. 2019;133(9):906-918. doi:10.1182/blood-2018-11-882993

9. Jain SK, Parsanathan R, Levine SN, Vochini JA, Holick MF, Vanchiere JA. The poten-

tial link between inherited G6PD deficiency, oxidative stress, and vitamin D deficiency and the racial inequities in mortality associated with COVID-19. *Free Radic Biol Med*. 2020;161:84-91. doi:10.1016/j.freeradbiomed.2020.10.002

10. Khomich OA, Kochetkov SN, Bartosch B, Ivanov AV. Redox Biology of Respiratory Viral Infections. *Viruses*. 2018;10(8):392. Published 2018 Jul 26. doi:10.3390/v10080392

11. Laforge M, Elbim C, Frère C, et al. Tissue damage from neutrophil-induced oxidative stress in COVID-19 [published correction appears in *Nat Rev Immunol*. 2020;20(9):515-516. doi:10.1038/s41577-020-0407-1

12. McCarthy CG, Wilczynski S, Wenceslau CF, Webb RC. A new storm on the horizon in COVID-19: Bradykinin-induced vascular complications. *Vascul Pharmacol*. 2021;137:106826. doi:10.1016/j.vph.2020.106826

13. Ntyonga-Pono MP. COVID-19 infection and oxidative stress: an under-explored approach for prevention and treatment? *Pan Afr Med J*. 2020 Apr 29;35(Suppl 2):12. doi: 10.11604/pamj.2020.35.2.22877. PMID: 32528623; PMCID: PMC7266475.

14. Rodríguez-Santiago B, Brunet A, Sobriño B, et al. Association of common copy number variants at the glutathione S-transferase genes and rare novel genomic changes with schizophrenia. *Mol Psychiatry*. 2010;15(10):1023-1033. doi:10.1038/mp.2009.53

15. Saadat M. An evidence for correlation between the glutathione S-transferase T1 (GSTT1) polymorphism and outcome of COVID-19. *Clin Chim Acta*. 2020;508:213-216. doi:10.1016/j.cca.2020.05.041

16. Salihefendic N, Zildzic M, Ahmetagic S. Acute Respiratory Distress Syndrome (ARDS) from Endemic Influenza A/H1N1: Prehospital Management. *Med Arch*. 2015;69(1):62-63. doi:10.5455/medarh.2015.69.62-63

17. Shen ZJ, Lu N, Gao LL, Lv J, Luo HF, Jiang JF, Xu C, Li SY, Mao JJ, Li K, Xu XP, Lin B. Initial chest CT findings in COVID-19: correlation with clinical features. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2020 Aug.;21(8):668-672. doi: 10.1631/jzus.B2000133. PMID: 32748582; PMCID: PMC7237343.

18. Strange RC, Spiteri MA, Ramachandran S, Fryer AA. Glutathione-S-transferase family of enzymes. *Mutat Res*. 2001;482(1-2):21-26. doi:10.1016/s0027-5107(01)00206-8

19. Zehra A, Zehra S, Ismail M, Azhar A. Glutathione S-Transferase M1 and T1 Gene Deletions and Susceptibility to Acute Lymphoblastic Leukemia (ALL) in adults. *Pak J Med Sci*. 2018;34(3):666-670. doi:10.12669/pjms.343.14911

20. Zivkovic M, Bubic M, Kolakovic A, et al. The association of glutathione S-transferase T1 and M1 deletions with myocardial infarction. *Free Radic Res*. 2021;55(3):267-274. doi:10.1080/10715762.2021.1931166

Е.А. Ткачук, Г.В. Куренкова, И.А. Черевикова, Н.Э. Глобенко, А.Р. Васильева, Ю.А. Масленникова, В.А. Ласкина

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ У ДЕТЕЙ, ПЕРЕНЕСШИХ COVID-2019

DOI 10.25789/YMJ.2023.81.19

УДК 159.963.2; 591.481.3

Исследовано функциональное состояние сердечно-сосудистой системы детей в возрасте 8-12 лет, перенесших COVID-19.

Показано, что одним из механизмов функциональных нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы в период от 3 до 6 мес. после перенесенного COVID-19 является синдром вегетативной дисфункции. Проявлением вегетативной дисфункции детей являются гипертоническая направленность изменений сердечно-сосудистой системы на фоне отсутствия выраженных клинических проявлений, наличие функционального напряжения регуляторных систем, неудовлетворительное функциональное состояние, сниженные показатели возрастания мощности сердечного ритма в ответ на нагрузку, низкие значения механизмов симпатической регуляции и централизации контура регуляции сердечно-сосудистой системы, большая доля влияния периферического контура регуляции.

**Ключевые слова:** дети, COVID-19, сердечно-сосудистая система, функциональные показатели, синдром вегетативной дисфункции.

The functional state of the cardiovascular system of children aged 8-12 years who underwent COVID-19 was studied.

It has been shown that one of the mechanisms of functional disorders in the cardiovascular system in the period from 3 to 6 months after suffering COVID-19 is considered a syndrome of autonomic dysfunction. The manifestations of autonomic dysfunction in children are hypertensive changes in the cardiovascular system in the absence of pronounced clinical manifestations, the presence of functional tension of regulatory systems, unsatisfactory functional status, decreased rates of increase in heart rate power in response to load, low values of sympathetic regulation mechanisms and centralization of the cardiovascular system regulation circuit, a large proportion of the influence of the peripheral regulation circuit.

Conclusion. One of the pathogenetic mechanisms for reducing the functional parameters of the cardiovascular system in children who have had a coronavirus infection is endothelial dysfunction syndrome.

**Keywords:** children, COVID-19, cardiovascular system, functional parameters, autonomic dysfunction syndrome.

**ТКАЧУК Елена Анатольевна** – д.м.н., с.н.с. ФГБНУ «Научный центр проблем здоровья семьи и репродукции человека», проф. ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» Минздрава России, в.н.с. ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», ORCID: 0000-0001-7525-2657, zdoorowie38@gmail.ru. Иркутский ГМУ МЗ России:

**КУРЕНКОВА Галина Владимировна** – д.м.н., зав. кафедрой, ORCID: 0000-0001-8604-3965, **ВАСИЛЬЕВА Анастасия Романовна** – студентка, ORCID: 0000-0002-8406-4233, **МАСЛЕННИКОВА Юлия Андреевна** – студентка, ORCID: 0000-0001-5330-0443, **ЛАСКИНА Варвара Алексеевна** – студентка; **ЧЕРЕВИКОВА Ирина Александровна** – м.н.с. НЦ проблем здоровья семьи и репродукции человека, ORCID: 0000-0002-5328-852; **ГЛОБЕНКО Наталья Эдуардовна** – аспирант ВСИ медико-экологических исследований, ORCID: 0000-0002-8579-1977.

Вирус SARS-COV-2 (COVID-19), вызвавший пандемию коронавирусной инфекции, имеет ряд особенностей, которые приводят к развитию мульти-системного воспалительного синдрома [1]. По данным разных авторов, это состояние не обходит стороной и детское население [6]. Согласно зарубежным исследованиям, при коронавирусе у детей с болями в животе, признаками нарушений со стороны желудочно-кишечного тракта, респираторными или неврологическими симптомами неясной этиологии необходимо исключать синдром вегетативной дисфункции [19].

По данным некоторых авторов [18, 19, 20, 21], у переболевших COVID-19 имеется полиорганное поражение, миокардиальная дисфункция, коагулопатии, повышение маркеров воспаления [4]. Часто серьезные нарушения здоровья у детей происходят бессимптомно и не бывают вовремя диагностированы [6]. В связи с этим изучение влияния коронавирусной инфекции на здоровье и функциональные показатели детей является весьма актуальным.

**Цель исследования** - выявить функциональные изменения со стороны сердечно-сосудистой системы у детей, перенесших коронавирусную инфекцию.

**Материал и методы исследования.** Были исследованы дети в возрасте 8-12 лет, перенесшие коронавирусную инфекцию в течение последних 3 мес. до обследования, и дети контрольной группы. Дети исследуемой группы перенесли коронавирусную инфекцию в легкой и средней степени тяжести. Заболевание было диагностировано врачом поликлиники в соответствии с диагностическими критериями COVID-19 (основные клинические проявления: заложенность носа, чихание, головная боль, слабость, повышение температуры) и подтверждено лабораторно с помощью теста ПЦР рото- и носоглотки. Дети с тяжелыми формами заболевания, с клиническими проявлениями мультивоспалительного синдрома, с поражением миокарда, носители инфекции в исследуемую группу не вошли. В контрольную группу дети были подобраны методом копи-пар, не имевшие в течение последних 3 мес. до обследования документально подтвержденных контактов с больными COVID-19. Носительство у детей контрольной группы было исключено по результатам экспресс-тестов, которые проводили в школе всем обучающимся группы наблюдения (8-12 лет) за период с начала пандемии

до окончания исследования. Кровь на антитела в группе наблюдения у детей не забиралась. Копи-пары подбирались в соответствии с возрастом и полом. Была исследована возрастная группа 8-12 лет с учетом сгруппированности функциональных показателей методик, которые были использованы, т.е. возрастные нормы этих показателей у детей 8-12 лет попадали в один диапазон возрастной нормы. Все дети, посещали центр образования г. Иркутска № 47. Все дети контрольной и исследуемой групп не имели соматической (и другой) патологии, в том числе вегетативной дисфункции, и входили в 1-ю группу здоровья. Всего исследовано 64 ребенка, из них 32 перенесших коронавирусную инфекцию в ближайшие 3-6 мес., и 32 ребенка контрольной группы, которые не болели сами и в семье не зафиксировано случаев коронавирусной инфекции у родственников с начала пандемии. Дети, заболевшие COVID-19, сразу после появления первых признаков заболевания не допускались к занятиям. Каждая группа состояла из 16 девочек и 16 мальчиков, распределенных по копи-парам.

Для изучения функциональных показателей сердечно-сосудистой системы использовали электрокардиографию (ЭКГ) [11] и функциональную пробу Мартине-Кушелевского [9].

Электрокардиограмму получали с помощью 12-канального электрокардиографа ПОЛИ-СПЕКТР-8/ЕХ (ООО «Нейрософт»), доукомплектованного модулями для анализа variability сердечного ритма (VPC), стресс-ЭКГ, скорости распространения пульсовой волны (СРПВ), дисперсии Q-T, выявления поздних потенциалов желудочков (ППЖ) [5, 6]. Оценка ЭКГ проводилась с помощью метода анализа VPC по Р.М. Баевскому [11], используя программное обеспечение, включенное в модуль. Система входит в стандарт оснащения отделений функциональной диагностики согласно приказам Министерства здравоохранения Российской Федерации от 7 марта 2018 г. №92н «Об утверждении Положения об организации оказания первичной медико-санитарной помощи детям» и от 26 декабря 2016 г. №997н «Об утверждении Правил проведения функциональных исследований». Регистровали 6 стандартных отведений (по W. Einthoven и E. Goldberger) [5, 7, 12] вначале в состоянии покоя, а затем в ортоположении.

Проба Мартине-Кушелевского проводилась стандартно с дозированной нагрузкой в 20 приседаний за 30 с, с

последующим измерением показателей в процессе восстановления.

Функциональные показатели были изучены в соответствии с возрастными группами [5, 7, 12]. Изучали следующие показатели: методом Короткова определяли систолическое и диастолическое артериальное давление (САД и ДАД), пульсовое давление (ПД); с помощью анализа ЭКГ методом пульсометрии по Р.М. Баевскому оценивали насосную функцию сердца (с помощью оценки ударного объема (УО) и минутного объема крови (МОК)), индекс функциональных изменений (ИФИ), индекс напряжения (ИН), общую мощность спектра (ТР), адаптационный потенциал (АП), показатель качества реакции (ПКР), вегетативный индекс Кердо (ИК), коэффициент вариации (CV) [5, 12]. Все изученные показатели валидизированы в России [5,7,12].

Ударный объем высчитывали по формуле (расшифровку некоторых аббревиатур в формулах см. выше в тексте):

$$УО = 80 + 0,5 \times ПД - 0,6 \times (ДАД - В),$$

где ПД, мм рт.ст., ДАД, мм рт.ст., В – возраст, лет.

Минутный объем крови - по формуле:

$$МОК = УО \times ЧСС [5, 6],$$

где ЧСС - частота сердечных сокращений, уд/мин.

Индекс функциональных изменений - по формуле:

$$ИФИ = 0,011ЧСС + 0,014САД + +0,008ДАД + 0,014В + 0,009МТ - -0,009Р - 0,27 [7, 12],$$

где САД, мм рт.ст., В - возраст, лет, МТ - масса тела, кг, Р - рост, см, 0,27- независимый коэффициент.

Индекс напряжения регуляторных систем, который отражает степень централизации управления сердечным ритмом, определяли по формуле:

$$ИН = АМо / (2ВР \times Мо) [7, 12].$$

Адаптационный потенциал определяли по формуле:

$$АП = 0,011ЧП + 0,014САД + +0,008ДАД + 0,014В + 0,009МТ - - (0,009Р + 0,27) [7, 12],$$

где ЧП – частота пульса за 1 мин.

Показатель качества реакции - в пробе Мартине-Кушелевского:

$$ПКР = (РД2 - РД1) / (Р2 - Р1) [7,9,12],$$

где Р1 – пульс в покое, РД1 – пульсовое давление в покое, Р2 – пульс после нагрузки, РД2 – пульсовое давление после нагрузки.

Хорошее функциональное состояние сердечно-сосудистой системы принимали при величине ПКР= от 0,5 до 1,0.

Индекс Кердо рассчитывается по формуле:

$$ИК = (1 - ДАД / Пульс) \times 100 [7, 5, 12].$$

Основную направленность тонуса вегетативной нервной системы (ВНС) распределяли по 5 типам в соответствии со значениями ИК [5, 11]:

1) ИК > -31: преобладание парасимпатического тонуса – выраженная парасимпатикотония.

2) ИК в пределах -16...-30: промежуточное состояние между нормой и парасимпатическим тонусом – парасимпатикотония.

3) ИК в пределах нормы -15...+15: уравновешенность симпатических и парасимпатических влияний – нормотония.

4) ИК в пределах +16...+30: промежуточное состояние между нормой и симпатическим тонусом – симпатикотония.

5) ИК > +31: преобладание симпатического тонуса – выраженная симпатикотония.

Наряду с этим применяли метод клинического педиатрического осмотра с определением границ сердца и аускультацией.

Статистическую обработку результатов выполняли с помощью программы Statistica Base 10 for Windows. В ходе статистической обработки вычисляли среднюю арифметическую величину (M), среднее квадратичное отклонение (s), ошибку средней арифметической (m). До статистического анализа оценивали характер распределения признаков на нормальность с помощью теста Харке-Бера. Статистическую значимость различий количественных признаков, имеющих нормальное распределение, анализировали с помощью t-критерия Стьюдента в доверительном интервале > 95%. В случае ненормального распределения вариационного ряда статистическую значимость различий анализировали с использованием критерия Манна-Уитни. Анализ статистической значимости различий качественных признаков осуществляли по критерию  $\chi^2$ . Зависимость между двумя переменными оценивали с помощью коэффициента корреляции Спирмена. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали за 0,05.

**Результаты исследования.** Было выявлено, что основные показатели артериального давления, такие как САД и ДАД, ПД, а также ЧСС имели тенденцию к увеличению в группе детей, переболевших COVID-19, однако статистически значимых отличий вы-

явить не удалось (рис. 1-2). Это проявлялось при измерении показателей, как в покое, так и после нагрузки.

Выявлена тенденция к увеличению ударного и минутного объема крови у детей, переболевших COVID-19 (таблица).

Исследование степени адаптированности, функциональных резервов организма и прогнозирования негативных изменений здоровья вели путем изучения индекса функциональных изменений (ИФИ), который в исследуемой группе был выше 2,1 усл.ед. и составлял  $2,2 \pm 0,2$  усл.ед., что показывает наличие функционального напряжения регуляторных систем ( $p < 0,05$ ). Такие показатели ИФИ требуют устранения факторов риска и реабилитации детей. В контрольной группе этот показатель составил  $1,9 \pm 0,3$  усл.ед., что соответствует норме ( $p > 0,05$ ) [5].

Исследование мощности спектра сердечного ритма у детей, который характеризует суммарный абсолютный уровень регуляторных систем, показало, что в контрольной группе в покое показатель TP в 1,5 ниже, чем в исследуемой группе ( $p < 0,05$ ) (рис 3). Это свидетельствовало об отсутствии напряжения регуляторных систем у детей, не болевших COVID-2019, и незначительном напряжении в покое у детей исследуемой группы. При ортостатической пробе мощность спектра значительно возрастала в контрольной группе (в 16,5 раза) ( $p < 0,05$ ), что свидетельствовало об эффективной мобилизации регуляторных систем в ответ на нагрузку. В то время как в исследуемой группе TP повышался только в 3,3 раза ( $p < 0,05$ ), т.е. мобилизация регуляторных систем в сравнении с контрольной группой была ниже в 5 раз [5].

#### Показатели ударного (УО) и минутного (МОК) объема крови у детей

Показатель	Исследуемая группа n=32	Контрольная группа n=32	Значение p
УО, ударов в мин	$65,4 \pm 8,4$	$64,8 \pm 6,4$	$p > 0,05$
МОК, мл в мин	$5967,5 \pm 1020,8^*$	$5495,3 \pm 883,9$	$p < 0,05$

\*( $p < 0,05$ ).

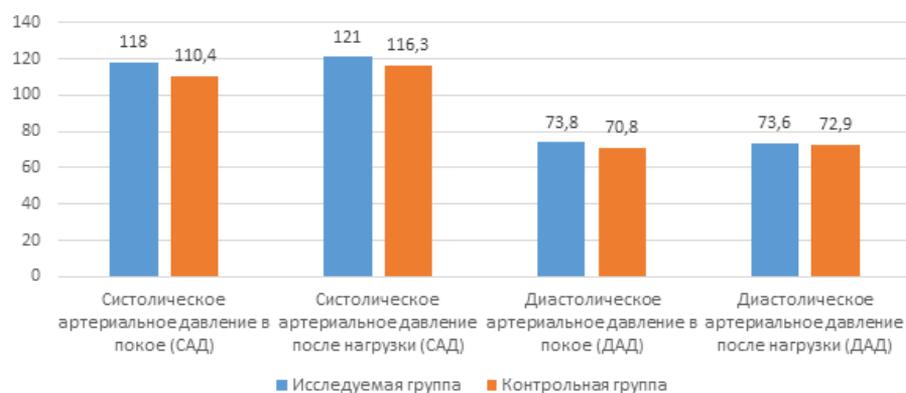


Рис. 1. Систолическое и диастолическое давление у обследуемых детей



Рис. 2. Пульсовое давление и пульс у детей

Индекс напряжения регуляторных систем, который характеризует активность механизмов симпатической регуляции, состояние центрального контура и вычисляется на основании анализа графика распределения кардиоинтервалов показал, что в исследуемой группе низкая активность центрального контура симпатической регуляции отмечалась у большинства детей. Уровень ИН возрастает с ростом выносливости организма, показатели уровня ИН характеризовали снижение выносливости и уменьшение роли регуляции центрального контура в группе детей, перенесших COVID-19 (рис. 4). В нашем исследовании в обеих группах высокие показатели ИН были сходными, однако низкие показатели преобладали в исследуемой группе, в то время как в исследуемой группе преобладали средние значения ИН ( $p < 0,05$ ) [5].

Показатель качества реакции в пробе Мартине-Кушелевского выявил неудовлетворительное функциональное состояние у детей в исследуемой группе и составил  $0,4 \pm 1,4$  усл. ед., в то время как в контрольной группе этот показатель соответствовал хорошему функциональному состоянию ( $0,5 \pm 1,4$  усл. ед.) [11].

Адаптационный потенциал является показателем жизнедеятельности, формирование его уровня зависит от комплекса изменений физиологических систем организма человека (состояние нервной, гормонов гипофиза и надпочечников, сердечно-сосудистой, дыхательной и других систем), а также под влиянием стрессовых факторов (физическая, умственная нагрузка, изменения атмосферного давления, температуры и т.д.) [11].

В нашем исследовании уровень адаптационного потенциала составил  $3,6 \pm 0,8$  в группе детей, перенесших COVID-19, и  $3,2 \pm 0,7$  в контрольной группе, что соответствует более выраженному напряжению механизмов адаптации ( $p < 0,05$ ).

После расчета индекса Кердо состояние вегетативной нервной системы (ВНС) было распределено по 5 типам тонуса [5]. На рис. 5 видно, что у детей исследуемой группы симпатикотонические реакции были менее выражены, чем у детей контрольной группы ( $p < 0,05$ ).

Коэффициент вариации (CV) по физиологическому смыслу является показателем, нормированным по ЧСС, и отражает менее зависимую от артефактов и эктопических сокраще-

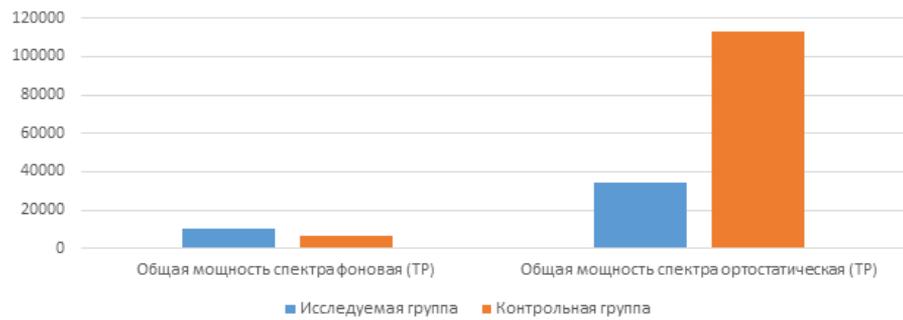


Рис. 3. Мощности спектра у детей ( $p < 0,05$ )



Рис. 4. Уровни индекса напряженности у детей

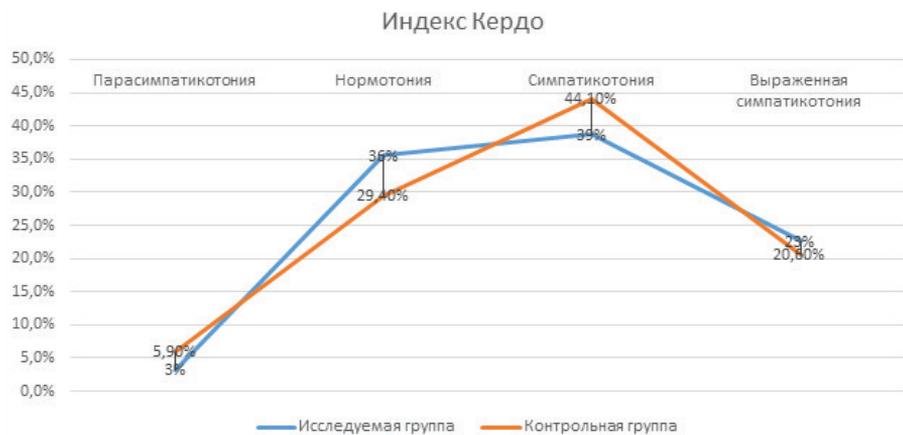


Рис. 5. Вегетативный индекс Кердо у детей

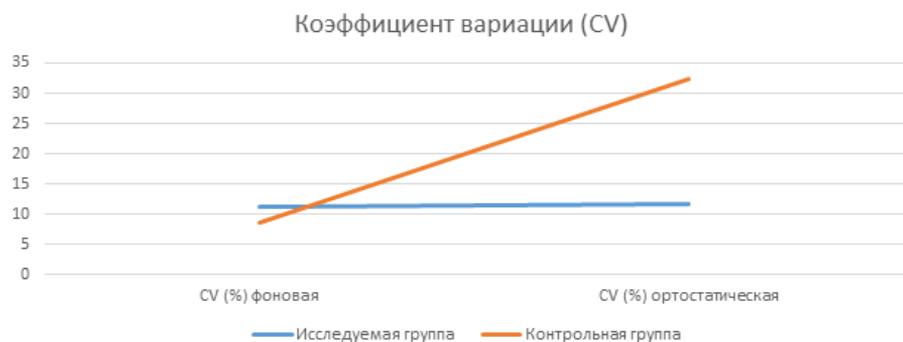


Рис. 6. Коэффициент вариации сердечного ритма (CV) у обследуемых детей

ний вариабельность сердечного ритма (рис. 6) [5].

Показано, что изменения вариации сердечного ритма в покое и при нагрузке практически отсутствуют у детей исследуемой группы. В контрольной группе вариации ритма хорошо выражены в зависимости от полученной нагрузки ( $p < 0,05$ ) [5].

Клинический педиатрический осмотр, аускультация и измерение границ абсолютной и относительной сердечной тупости сердца не показали каких-либо отклонений от нормы.

**Обсуждение результатов.** Исследования показали, что у детей, перенёвших COVID-19, имеет место повышение значений основных гемодинамических показателей (САД, ДАД, ПД, ЧСС, ОУ, МОК), которое свидетельствует о гипертонической направленности изменений со стороны сердечно-сосудистой системы. Однако это повышение не имеет статистически значимых различий между исследуемой и контрольной группой. Многими авторами также показана тенденция к гипертонии у переболевших COVID-19 [15,17].

Отсутствие клинических проявлений, изменений границ сердца и аускультативных нарушений со стороны сердечно-сосудистой системы показало, что изменения носят функциональный характер. Об этом свидетельствует и повышение ИФИ, который определяет наличие функционального напряжения регуляторных систем у детей, переболевших COVID-19, что согласуется с данными других авторов [14].

Показатель качества реакции в пробе Мартине-Кушелевского выявил неудовлетворительное функциональное состояние у детей в исследуемой группе в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,05$ ).

Изменения уровня адаптационного потенциала в группе детей, перенёвших COVID-19, также свидетельствовали о выраженном напряжении механизмов адаптации.

Функциональные изменения в исследуемой группе связаны с исходной повышенной суммарной мощностью спектра, которая в ответ на нагрузку возрастает в 5 раз меньше, чем у детей контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Такие показатели общей мощности спектра могут быть связаны с истощением механизмов (либо структур), отвечающих за адекватный ответ на нагрузку.

При этом индекс напряжения регуляторных систем, связанный с активностью механизмов симпатической

регуляции и состоянием центрального контура регуляции, в исследуемой группе показал более низкие значения по сравнению с контрольной группой, что может быть связано с внесением большей доли регуляторных механизмов периферическим контуром регуляции, а значит, связан с состоянием сосудистого русла [14].

На это же явление указывают и менее выраженные симпатикотонические реакции у детей исследуемой группы, где индекс Кердо показал более уплощенную кривую при распределении детей по группам в соответствии с типом вегетативного тонуса (рис. 5). Отсутствие изменения вариации сердечного ритма в покое и при нагрузке у детей исследуемой группы косвенно подтвердило истощение центральных механизмов регуляции и преобладание неблагоприятных периферических влияний [3].

В связи с этим можно предположить, что основные нарушения функциональных показателей со стороны сердечно-сосудистой системы у детей, перенёвших COVID-19, связаны с изменениями нервной системы (общее токсическое поражение, цереброваскулярные расстройства, гипоксия) [16], сердечной мышцы (аденозинпревращающий фермент-2 опосредованное поражение сердца, гипоксия, кардиоваскулярные расстройства, синдром системного воспалительного ответа) [14] и сосудистого русла (синдром эндотелиальной дисфункции, повышение свертываемости крови) [2, 3, 20, 21].

Если предположить, что основным механизмом функциональных нарушений сердечно-сосудистой системы в нашем исследовании является токсическое действие или гипоксия, то в этом случае наблюдались бы гипотонические реакции. Если основным механизмом в этом процессе выступал бы синдром системного воспалительного ответа, то можно было бы наблюдать косвенные признаки воспаления сердечной мышцы (изменение границ сердца, сердечные шумы). Однако в нашем исследовании этого не наблюдалось, в связи с тем, что оно проводилось в период от 3 до 6 мес. после перенесенного заболевания.

Наше исследование показало важность исследования функционального состояния, физического и нервно-психического развития детей, перенёвших коронавирусную инфекцию. Особое значение эта проблема приобретает в условиях интенсификации школьного образования [8,16].

**Заключение.** В нашем исследовании была выявлена функциональная дисфункция у детей, перенёвших COVID-19. На это указывает характер изменения функциональных показателей сердечно-сосудистой системы у детей в период от 3 до 6 мес. после перенесенного COVID-19. Полученные данные помогут предложить эффективные методы лечения функциональных нарушений у детей.

## Литература

1. Баклаушев В.П., Кулемзин С.В., Горчаков А.А. и соавт. COVID-19. Этиология, патогенез, диагностика и лечение // Клиническая практика. 2020. Т. 11, № 1. С. 7-20.
2. Baklaushv V.P., Kulemzin S.V., Gorchakov A.A. et al. COVID-19. Etiology, pathogenesis, diagnosis and treatment // Clinical practice. 2020. V. 11, No. 1. P. 7-20. doi.org/10.17816/clinpract26339
3. Болович С.Б., Болович С.С. Комплексный механизм развития COVID-19. Сеченовский вестник. 2020; 11(2): 50–61.
4. Bolevich S.B., Bolevich S.S. Comprehensive mechanism for the development of COVID-19. Sechenovskiy Bulletin. 2020; 11(2): 50–61. https://doi.org/10.47093/2218-7332.2020.11.2.50-61.
5. Бубнова М.Г., Аронов Д.М. COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания: от эпидемиологии до реабилитации. Пульмонология. 2020; 30 (5): 688–699.
6. Bubnova M.G., Aronov D.M. COVID-19 and cardiovascular disease: from epidemiology to rehabilitation. Pulmonology. 2020; 30(5): 688–699. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-688-699
7. Галстян Г.М. Коагулопатия при COVID-19. Пульмонология. 2020;30(5):645-657.
8. Galstyan G.M. Coagulopathy in COVID-19. Pulmonology. 2020;30(5):645-657. https://doi.org/10.18093/0869-0189-2020-30-5-645-657
9. Ефимова Н.В., Мильникова И.В. Региональные показатели физического развития, функционального состояния и адаптивных возможностей кардиореспираторной системы детей и подростков Иркутской области: методич. рекомендации. Ангарск: ВСЭИМИ, 2016. – 44.
10. Efimova N.V., Mylnikova I.V. Regional indicators of physical development, functional state and adaptive capabilities of the cardiorespiratory system of children and adolescents in the Irkutsk region / Guidelines. Angarsk VSEIMI., 2016. – 44.
11. Заплатников А.Л., Свиницкая В.И. COVID-19 и дети. ПМЖ. 2020;1(\*) :1–3.
12. Zaplatnikov A.L., Svintsitskaya V.I. COVID-19 and children. breast cancer. 2020;1(\*) :1–3.
13. Кардиоинтервалография в оценке реактивности и тяжести состояния больных детей: методические рекомендации / М.Б. Кубергер и др. – М., 1985. – 15 с.
14. Cardiointervalography in assessing the reactivity and severity of the condition of sick children: guidelines / M.B. Kuberger and others - M., 1985. - 15 p
15. Кучма В.Р., Ткачук Е.А. Оценка влияния на детей информатизации обучения и воспитания в современных условиях. Российский педиатрический журнал. 2015. Т. 18. № 6. С. 20-24.
16. Kuchma V.R., Tkachuk E.A. Assessment of the impact on children of informatization of education and upbringing in modern conditions. Russian pediatric journal. 2015. V. 18. No. 6. P. 20-24

9. Кучма, В. Р. Гигиена детей и подростков : учебник / Кучма В. Р. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2012. - 480 с. - ISBN 978-5-9704-2319-6. - Текст: электронный // URL: <https://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970423196.html>
- Kuchma, V. R. Hygiene of children and adolescents: textbook / Kuchma V. R. - Moscow: GEOTAR-Media, 2012. - 480 p.
10. Мелехина Е.В., Горелов А.В., Музыка А.Д. Клинические особенности течения COVID-19 у детей различных возрастных групп. Обзор литературы к началу апреля 2020 года Вопросы практической педиатрии, 2020, том 15, №2, с. 7–20
- Melekhina E.V., Gorelov A.V., Muzyka A.D. Clinical features of the course of COVID-19 in children of different age groups. Literature review by the beginning of April 2020 Issues of practical pediatrics, 2020. Vol.15. No. 2. P. 7–20
11. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. Изд. второе, перераб. и доп.: Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290.
- Mikhailov V.M. Heart rate variability: experience of practical application of the method. Ed. second, revised and additional: Ivanovo: Ivan. State Med. Academy, 2002. – 290.
12. Справочник по функциональной диагностике в педиатрии / под ред. Ю.Е. Вельтищева, Н.С. Кисляк. – М.: Медицина, 1979. – С.242-244.
- Handbook of functional diagnostics in pediatrics / ed. Yu.E. Veltishcheva, N.S. Kislyak. - M.: Medicine, 1979. - P.242-244.
13. Ткачук Е.А., Тармаева И.Ю. Нервно-психическое развитие детей дошкольного возраста в условиях информатизации. Гигиена и санитария. 2014. Т. 93. № 6. С. 23-26.
- Tkachuk E.A., Tarmaeva I.Yu. Neuropsychic development of preschool children in the context of informatization. Hygiene and sanitation. 2014. V. 93. No. 6. P. 23-26.
14. Фисун А.Я., Лобзин Ю.В., Черкашин Д.В., Тыренко В.В., Ткаченко К.Н., Качнов В.А., Кутелев Г.Г., Рудченко И.В., Соболев А.Д. Механизмы поражения сердечно-сосудистой системы при COVID-19. Вестник РАМН. 2021;76(3):287–297.
- Fisun A.Ya., Lobzin Yu.V., Cherkashin D.V., Tyrenko V.V., Tkachenko K.N., Kachnov V.A., Kutelev G.G., Rudchenko I.V., Sobolev A.D. Mechanisms of damage to the cardiovascular system in COVID-19. Bulletin of RAMS. 2021;76(3):287–297. doi.org/10.15690/vramn1474
15. Чазова И.Е., Блинова Н.В., Невзорова В.А. и др. Консенсус экспертов Российского медицинского общества по артериальной гипертензии: артериальная гипертензия и COVID-19. Системные гипертензии. 2020; 17(3): 35–41.
- Chazova I.E., Blinova N.V., Nevzorova V.A. Expert Consensus of the Russian Medical Society on Arterial Hypertension: Arterial Hypertension and COVID-19. Systemic hypertension. 2020; 17(3):35–41. DOI: 10.26442/2075082X.2020.3.200362
16. Шепелева И.И., Чернышева А.А., Кирьянова Е.М., Сальникова Л.И., Гурина О.И. COVID-19: Поражение нервной системы и психолого-психиатрические осложнения социальная и клиническая психиатрия 2020, т. 30 № 4 76-82.
- Shepeleva I.I., Chernysheva A.A., Kiryanova E.M., Salnikova L.I., Gurina O.I. COVID-19: Damage to the nervous system and psychological and psychiatric complications Social and Clinical Psychiatry 2020. Vol. 30. No. 4 76-82.
17. Chen Y., Guo Y., Pan Y., et al. Structure analysis of the recep\_tor binding of 2019-nCoV. Biochem Biophys Res Commun. 2020 Feb 17; 525(1): 135–40. DOI: 10.1016/j.bbrc.2020.02.071
18. Liu W., Zhang Q., Chen J. et al. Detection of COVID-19 in Children in Early January 2020 in Wuhan, China. N Engl J Med. 2020; Mar 12. DOI: 10.1056/NEJMc2003717
19. Ludvigsson J.F. Systematic review of COVID-19 in children show milder cases and a better prognosis than adults. Acta Paediatr. 2020 Mar 23. DOI: 10.1111/apa.15270.
20. Абдурахимов А. Х., Хегай Л. Н., Юсупова Ш. К. COVID-19 и его осложнения // Re-health journal. 2021. №4 (12)
- Abdurahimov A. Kh., Khegay L. N., Yusupova Sh. K. COVID-19 and its complications // Re-health journal. 2021. No. 4 (12).
21. Бубнова М.Г., Аронов Д.М. COVID-19 и сердечно-сосудистые заболевания: от эпидемиологии до реабилитации // Пульмонология. 2020; 30 (5): 688–699. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-688-699
- Bubnova M.G., Aronov D.M. COVID-19 and cardiovascular diseases: from epidemiology to rehabilitation // Pulmonology. 2020; 30(5): 688–699. DOI: 10.18093/0869-0189-2020-30-5-688-699