Дата публикации: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_5
УДК/UDC [612.172.2-578.834.1+612.2-578.834.1]-055.1(045)

Publication date: 01.12.2023
DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_5

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПОСЛЕ ПЕРЕНЕСЕННОЙ ИНФЕКЦИИ COVID-19

А.П. Борейко
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», г. Архангельск, Россия

Аннотация. Цель исследования – провести анализ показателей функционального состояния сердечно-сосудистой и дыхательной системы у лиц, перенесших инфекцию COVID-19. В исследовании принимали участие 46 студентов мужского пола. Сравнительный анализ функциональных показателей сердечно-сосудистой системы показал, что у лиц, переболевших COVID-19, отмечается увеличение частоты сердечных сокращений и преобладание влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма. Со стороны дыхательной системы у лиц, переболевших COVID-19, отмечаются изменения по рестриктивному типу.
Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, жизненная емкость легких, COVID-19, сердечно-сосудистая система, дыхательная система.

ASSESSMENT OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE CARDIORESPIRATORY SYSTEM AFTER COVID-19

A.P. Borejko
Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, Russia

Annotation. The purpose of the study was to analyze indices of the functional state of the cardiovascular and respiratory systems in people who have had COVID-19. 46 male students took part in the study. A comparative analysis of functional indices of the cardiovascular system demonstrated that in people who have recovered from COVID-19 there is an increase in heart rate and a predominance of the influence of the sympathetic division of the autonomic nervous system on heart rate regulation. Restrictive changes are observed in the respiratory system of people who have recovered from COVID-19.
Keywords: heart rate variability, vital capacity, COVID-19, cardiovascular system, respiratory system.

Введение. Объектом особого внимания системы здравоохранения и мирового сообщества с 2020 года и по настоящее время является охватившая практически все страны мира пандемия COVID-19. Наиболее распространенным клиническим проявлением новой коронавирусной инфекции является острое респираторное заболевание верхних дыхательных путей, причем у большинства пациентов с тяжелым течением COVID-19 развивается двусторонняя пневмония, а у 3-4% пациентов с пневмонией зарегистрировано развитие острого респираторного дистресс-синдрома [1]. Заболевания легочных сосудов, ассоциированные с COVID-19, представляют собой сложную совокупность взаимосвязанных патофизиологических процессов с эндотелиальной дисфункцией сосудистой стенки и сопровождающихся тромбозами различной локализации, вазомоторными нарушениями, тромбоэмболией легочной артерии с исходом в хроническую тромбоэмболическую легочную гипертензию и дыхательной недостаточностью [2-3]. Распространение SARS-CoV-2 в ствол головного мозга приводит к повреждению дыхательных центров, вызывая раннюю остановку дыхания [2]. Вирус SARS-CoV-2, помимо легких, поражает головной мозг, почки,

сердечно-сосудистую систему с развитием миокардита и возможным утяжелением течения имеющейся патологии [4-7].

Изучение отдаленных проявлений COVID-19 сохраняют свою актуальность и на сегодняшний день [8]. Всемирная организация здравоохранения сообщила, что время от начала заболевания до клинического выздоровления в легких случаях составляет приблизительно 2 недели, а выздоровление у пациентов с тяжелым или критическим течением заболевания занимает от 3 до 6 недель [9-10]. Не менее 10% людей, переболевших COVID-19, страдают постковидным синдромом. Около 40% из них жалуются на ощущение нехватки воздуха, одышку. У 17% сохраняется кашель [11-12].

Высокая умственная работоспособность студентов важна для успешного обучения в ВУЗе и в значительной степени зависит от нормальной работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем. В связи с этим исследования, направленные на изучения студентов, остаются весьма актуальными на сегодняшний день.

Цель работы – проанализировать показатели функционального состояния кардиореспираторной системы у лиц, перенесших инфекцию COVID-19.

Методы и организация исследования. В исследовании принимали участие 46 студентов мужского пола города Архангельска. Средний возраст составил 22,5±3,5 лет. Обследование проводилось с соблюдением норм и правил биомедицинской этики, утвержденных Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах проведения медицинских исследований (2013).

Исследование проводилось в три этапа:

1. Анкетирование для выявления постковидного синдрома.

2. Оценка функциональных показателей сердечно-сосудистой системы на основании анализа вариабельности сердечного ритма методом кардиоритмографии при помощи компьютерного комплекса для исследования вегетативной нервной системы «ВНС-Спектр».

3. Оценка функциональных показателей внешнего дыхания на основании регистрации показателей системы дыхания методом спирометрии с помощью спирометра «Валента» версии 1.4.

Статистический анализ результатов исследования проводился программными средствами MS Excel, NeuroStat и SPSS. Проверка на нормальность распределения осуществлялась на основании критерия Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk). Учитывая анормальность распределения исследуемых параметров, в качестве описательного анализа был выбран метод непараметрической обработки данных, основанный на определении медиан (Me). С целью сравнения независимых выборок использовался непараметрический Манна-Уитни (Mann-Whitney). В качестве меры сдвига в исследуемых группах был выбран критерий Вилкоксона (Wilcoxon). По результатам всех статистических методик различия считались достоверными при величине уровня значимости $p<0,05$, эти данные анализировались в работе.

Результаты исследования и их обсуждение. Впервые понятие постковидного синдрома было предложено T. Greenhalgh и соавторами [13]. Постковидный синдром описывается как заболевание, связанное с COVID-19 и продолжающееся более 3 недель после появления его симптомов. E.M. Amenta и соавторы, классифицируя проявления COVID-19, выделили остаточные симптомы, которые сохраняются после выздоровления от острой инфекции, органную дисфункцию, которая сохраняется после первоначального выздоровления, и новые симптомы или синдромы, которые развиваются после первоначальной бессимптомной или легкой инфекции [4]. В работе было проведено анкетирование участников обследования для выявления перенесенного заболевания и оценки постковидных симптомов. В исследовании были использованы анкеты, предложенные Nalbandian A. и соавторами [14]. Проведенное анкетирование на выявление перенесенного COVID-19 позволило нам

разделить обследуемых на группы. В первую группу вошли 23 юноши с подтвержденным диагнозом «COVID-19», во вторую группу (группу контроля) вошли 23 юноши, в анамнезе которых не было подтвержденного диагноза «COVID-19» и не испытывавших признаков респираторных заболеваний в течение последних 6 месяцев.

При сравнении временных и спектральных характеристик вариабельности сердечного ритма в состоянии покоя в двух обследуемых группах нами были получены следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

Временные и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма в состоянии покоя у лиц, болевших и не болевших COVID-19, Me [Q1; Q2]

Показатели	1 группа	2 группа	P<
RRNN, мс	802,00 [743,50-982,50]	822,00 [767,00-946,50]	0,098
SDNN, мс	54,00 [45,00-126,00]	57,00 [52,50-89,50]	0,100
RMSSD, мс	45,00 [33,00-137,50]	56,00 [43,00-97,50]	**0,050***
pNN50, %	22,22 [6,07-49,03]	34,04 [17,91-50,87]	**0,048***
TP, мс^2	3785,08 [2853,23-8007,74]	4059,75 [3073,86-6772,95]	0,256
VLF, мс^2	1411,19 [710,51-2758,06]	1121,22[600,26-1643,35]	0,342
LF, мс^2	667,24[544,73-1755,83]	1268,47 [862,30-2393,98]	0,561
HF, мс^2	2091,70 [514,99-2326,76]	2249,10 [979,07-3266,39]	**0,050***

Примечание (здесь и далее): RRNN – средняя продолжительность R-R интервалов; SDNN – среднеквадратичное отклонение нормальных интервалов; RMSSD – среднеквадратичная разница длительности соседних R-R интервалов; pNN50 – отношение интервалов, отличных более чем на 50 мс; TP – суммарная мощность спектра; VLF – очень низкочастотные колебания; LF – низкочастотные колебания; HF – высокочастотные колебания; показана достоверность различий – *p<0,05

На уровне тенденции (p=0,098) у лиц, перенесших COVID-19, отмечается снижение средней продолжительности R-R интервалов (802,00 мс) по сравнению с не болевшими юношами (822,00 мс), что свидетельствует об увеличении частоты сердечных сокращении у лиц, перенесших COVID-19. Также на уровне тенденции (p=0,100) отмечены отличия в среднеквадратичном отклонении нормальных интервалов (SDNN): у лиц, перенесших COVID-19, SDNN выше (57,00 мс) по сравнению с не болевшими (54,00 мс), что свидетельствует о большей активации симпатического отдела вегетативной нервной системы у лиц, болевших COVID-19.

Нами получены значимые различия (p<0,05) в показателе среднеквадратичной разницы длительности соседних R-R интервалов (параметр RMSSD) и отношении интервалов, отличных более чем на 50 мс (параметр pNN50). Так, у лиц, перенесших COVID-19, RMSSD ниже на 11,00 мс. Параметр pNN50 значимо меньше у лиц, перенесших COVID-19 (22,22%), чем у не болевших лиц (34,04%), что свидетельствует о снижении парасимпатической активности и увеличении симпатического влияния на сердечный ритм у юношей, переболевших COVID-19.

Анализ спектра ритма показал, что суммарная мощность спектра (параметр TP) у лиц, перенесших COVID-19 (3785,08 мс), значимо не отличается от аналогичного значения у юношей, не болевших COVID-19 (4059,75 мс). Также не отмечено статистически значимых различий в показателях низкочастотных колебаний (параметр LF) спектра и очень низкочастотных колебаний (параметр VLF). Полученные данные показали, что значения высокочастотных колебаний (параметр HF) статистически

значимо меньше у юношей, перенесших COVID-19 (2091,70 мс), по сравнению с не болевшими (2249,10 мс).

При сравнении временных и спектральных характеристик вариабельности сердечного ритма в ортостатическом состоянии в двух обследуемых группах нами не было получено достоверной разницы между обследуемыми группами (табл. 2).

Таблица 2

Временные и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма в ортостатическом состоянии у лиц, болевших и не болевших COVID-19, Me [Q1; Q2]

Показатели	1 группа	2 группа	P<
RRNN, мс	683,00 [637,00-817,00]	612,00 [565,00-803,00]	0,203
SDNN, мс	64,00 [52,00-75,00]	46,00 [28,00-69,00]	0,213
RMSSD, мс	31,00 [23,00-63,00]	22,00 [16,00-52,00]	0,193
pNN50, %	10,17 [4,11-15,85]	3,79 [1,03-10,6]	0,078
TP, мс^2	4260,79 [3841,58-8134,61]	3430,79 [1089,40-5786,14]	0,260
VLF, мс^2	1939,72 [1202,26-3491,33]	1027,72 [521,58-3314,25]	0,260
LF, мс^2	1630,59 [1069,96-3409,98]	1433,51 [520,90-2251,07]	0,402
HF, мс^2	672,46 [539,24-1242,79]	561,48 [233,59-1225,77]	0,260

Таблица 3

Временные и спектральные показатели вариабельности сердечного ритма в состоянии покоя и ортостате у лиц, болевших и не болевших COVID-19, Me [Q1; Q2]

Показатели	1 группа			2 группа		
	Состояние покоя	Ортостатическое состояние	P<	Состояние покоя	Ортостатическое состояние	P<
RRNN, мс	802,00 [743,50-982,50]	683,00 [637,00-817,00]	**0,019***	822,00 [767,00-946,50]	612,00 [565,00-803,00]	**0,001****
SDNN, мс	54,00 [45,00-126,00]	64,00 [52,00-75,00]	0,100	57,00 [52,50-89,50]	46,00 [28,00-69,00]	0,100
RMSSD, мс	45,00 [33,00-137,50]	31,00 [23,00-63,00]	**0,002****	56,00 [43,00-97,50]	22,00 [16,00-52,00]	**0,002****
pNN50, %	22,22 [6,07-49,03]	10,17 [4,11-15,85]	**0,005****	34,04 [17,91-50,87]	3,79 [1,03-10,6]	**0,006****
TP, мс^2	3785,08 [2853,23-8007,74]	4260,79 [3841,58-8134,61]	0,463	4059,75 [3073,86-6772,95]	3430,79 [1089,40-5786,14]	0,345
VLF, мс^2	1411,19 [710,51-2758,06]	1939,72 [1202,26-3491,33]	0,701	1121,22 [600,26-1643,35]	1027,72 [521,58-3314,25]	0,311
LF, мс^2	667,24 [544,73-1755,83]	1630,59 [1069,96-3409,98]	0,311	1268,47 [862,30-2393,98]	1433,51 [520,90-2251,07]	0,972
HF, мс^2	2091,70 [514,99-2326,76]	672,46 [539,24-1242,79]	**0,039***	2249,10 [979,07-3266,39]	561,48 [233,59-1225,77]	**0,05***

Примечание: показана достоверность различий – * p<0,05

Данные исследования показали, что при выполнении ортостатической пробы отмечаются изменения в следующих показателях вариабельности ритма сердца (табл. 3).

Средняя продолжительность R-R интервалов (RRNN) при выполнении ортостатической пробы статистически достоверно уменьшилась на 119 мс в группе переболевших и на 210,00 мс в группе контроля. Изменение данного показателя говорит об увеличении частоты сердечных сокращений вследствие изменения положения тела и увеличения нагрузки на сердечно-сосудистую систему, причем в группе болевших данный показатель изменился меньше, чем в группе контроля, что может быть связано с изначально высокой частотой сердечных сокращений у лиц, перенесших COVID-19. Среднеквадратичное отклонение нормальных интервалов (SDNN) в ортостатическом состоянии изменилось по сравнению с состоянием покоя в обеих группах исследования на уровне тенденции ($p<0,1$). Так, в группе лиц, перенесших COVID-19, данный показатель увеличился на 10 мс, что свидетельствует об усилении автономной регуляции. В группе контроля данный показатель уменьшился на 11 мс. Таким образом, отмечается уменьшение влияния симпатической нервной системы на синоатриальный узел. Среднеквадратичная разница длительности соседних R-R интервалов (параметр RMSSD) в группе переболевших значимо снизилась с 45,00 мс до 31,00 мс. В группе не болевших наблюдается такая же картина. В ортостатической пробе параметр RMSSD статистически значимо уменьшился с 56,00 мс до 22,00 мс, что говорит об активизации симпатического отдела вегетативной нервной системы. Отношение интервалов, отличных более чем на 50 мс (параметр pNN50), статистически значимо изменилось в сторону уменьшения в обеих группах при переходе из фонового состояния в ортостатическое, что говорит об уменьшении влияния парасимпатической нервной системы на регуляцию ритма сердца.

Спектральный анализ вариабельности сердечного ритма позволяет оценить абсолютную и относительную активность симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а также участие в процессах регуляции сердечного ритма гуморальных факторов. Наши данные показали статистически значимые изменения высокочастотных колебаний (параметр HF) в сторону уменьшения в обеих исследуемых группах. Остальные показатели спектра сердечного ритма не показали статистически значимых изменений. Анализируя изменения спектров сердечного ритма, можно сделать вывод об уменьшении влияния нервной регуляции парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на синоатриальный узел сердца.

При заболевании COVID-19 часто отмечаются нарушения функции со стороны дыхательной системы, которые можно выявить с помощью различных функциональных методов исследования. На сегодняшний день спирометрия является наиболее простым и распространенным методом функциональной диагностики, который можно рассматривать как начальный этап выявления вентиляционных нарушений. Спирометрия используется для оценки легочных объемов при различных дыхательных маневрах как в спокойном состоянии, так и при выполнении форсированных проб [15]. Нами не получено достоверных различий в уровне физического развития обследуемых юношей, что позволяет не учитывать данный показатель при оценке показателей внешнего дыхания.

Анализ показателей легочной вентиляции в двух обследуемых группах показал, что у лиц, перенесших COVID-19, дыхательный объем статистически достоверно меньше (1,03 л), чем у лиц, не болевших COVID-19 (1,36 л) ($p<0,05$). При оценке минутного объема дыхания (МОД) выявлено, что у лиц, перенесших COVID-19, показатель МОД меньше (13,05 л), чем у не болевших (13,12 л) на уровне

статистической тенденции (p=0,098). При анализе показателей статистических легочных объемов в двух обследуемых группах нами не отмечено достоверных различий в показателях резервного объема вдоха и резервного объема выдоха в группах болевших и не болевших COVID-19.

При сравнении обследуемых групп отмечено достоверно значимое снижение жизненной емкости легких (ЖЕЛ) у лиц, перенесших COVID-19 (2,67 л). В группе контроля ЖЕЛ (жизненная емкость легких) =4,11 л (p<0,05). Величина ЖЕЛ показывает низкие функциональные возможности системы внешнего дыхания у лиц, перенесших COVID-19, показывая низкую максимальную площадь дыхательной поверхности легких, которая обеспечивает газообмен и характеризует аэробные возможности системы внешнего дыхания по сравнению с лицами, не болевшими COVID-19. ЖЕЛ является показателем вместимости воздуха в легких, его изменения могут быть обусловлены как рестриктивными нарушениями вентиляции, так и обструктивными нарушениями.

Анализ проходимости дыхательных путей не показал статистически значимой разницы (p>0,05) пиковой объемной скорости (ПОС) у лиц, болевших (ПОС= 6,75 л/с) и не болевших COVID-19 (ПОС=7,00 л/с).

Наиболее важные параметры маневра форсированного выдоха – форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ), объем форсированного выдоха за одну секунду ($ОФВ_1$), максимальная объемная скорость выдоха на уровне 25%, 50% и 75% ФЖЕЛ ($МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$), форсированный средний экспираторный поток на среднем участке кривой ФЖЕЛ между 25 и 75% ($СОС_{25-75}$) [16]. При оценке показателя ФЖЕЛ среди лиц, болевших и не болевших COVID-19, нами получена достоверная разница данного показателя в обследуемых группах (p>0,05). Так, ФЖЕЛ у лиц, болевших COVID-19, значимо меньше (ФЖЕЛ=3,11 л), чем у не болевших (ФЖЕЛ=3,69 л). Нами отмечена разница в показателях ОВФ1 между обследуемыми группами на уровне статистической тенденции (p=0,085). При анализе индекса Тиффно отмечены достоверные отличия в обследуемых группах. В группе болевших COVID-19 индекс Тиффно (99,40%) выше, чем в группе контроля (75,07%), что может свидетельствовать о рестриктивном типе нарушения дыхания.

Для анализа состояния мелких бронхиол проанализированы величины максимальной объемной скорости на разных участках форсированной жизненной емкости легких ($МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$) и средней объемной скорости ($СОС_{25-75}$) на разных участках форсированной жизненной емкости легких. По всем четырем показателям нами не было получено достоверных различий в обследуемых группах (табл. 4).

Таблица 4

Показатели проходимости мелких бронхов в группах, болевших и не болевших COVID-19
Me [Q1; Q2]

Показатели	1 группа	2 группа	P<
$МОС_{25}$, л/с	5,42 [4,75-6,03]	5,84 [5,20-7,66]	0,285
$МОС_{50}$, л/с	4,10[3,34-4,92]	3,99 [3,42-5,50]	0,931
$МОС_{75}$, л/с	2,63 [2,16-3,00]	1,98 [1,75-2,62]	0,285
$СОС_{25-75}$, л/с	3,75 [3,30-4,42]	3,26 [3,15-4,87]	0,707

Примечание: $МОС_{25}$, $МОС_{50}$, $МОС_{75}$ – максимальная объемная скорость выдоха на уровне 25%, 50% и 75% ФЖЕЛ (форсированной жизненной емкости легких); $СОС_{25-75}$ – средняя объемная скорость воздушного потока при форсированном выдохе в диапазоне от 25 до 75% ФЖЕЛ

Таким образом, проведенный анализ показателей внешнего дыхания показал, что среди лиц, перенесших COVID-19, отмечаются признаки рестриктивного нарушения дыхания, связанные с гиповентиляцией легких.

Заключение. У лиц, переболевших COVID-19, отмечаются увеличение частоты сердечных сокращений и преобладание влияния симпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма. В ортостатическом состоянии происходит снижение временных характеристик вариабельности ритма сердца и повышение его ригидности. Изменение временных показателей может быть обусловлено увеличением частоты сердечных сокращений и централизацией ритма. У лиц, перенесших COVID-19, отмечаются признаки рестриктивного нарушения дыхания, то есть уменьшение вентиляционной способности легких.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chaikina, K. Impact of SARS COV-2 on the respiratory system / K. Chaikina, D. Nazarova, S. Abramov // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2022. – № 79. – P. 54-57.
2. Baig A. M. Computing the Effects of SARS-CoV-2 on Respiration Regulatory Mechanisms in COVID-19 / A. M. Baig // ACS Chemical Neuroscience. – 2020. – № 11(16). – P. 2416-2421. DOI: 10.1021/acschemneuro.0c00349.
3. Муминов, Д. К. Легочная гипертензия в постковидном периоде / Д. К. Муминов, Д. И Турсунов // International scientific journal. – 2022. – № 6. – С. 275-281.
4. Post-acute COVID19: An overview and approach to classification / Amenta E.M., Spallone A., Rodriguez-Barradas M. C. [et al] // Open Forum Infect Dis. – 2020. – Vol. 7(12). – P. 509. DOI: 10.1093/ofid/ofaa509.
5. Оценка напряженности специфического гуморального иммунного ответа при новой коронавирусной инфекции в динамике до 150 дня от дня манифестации болезни / Любавина Н. А., Милютина М. Ю., Макарова Е. В. [и др.] // Эпидемиологический надзор за актуальными инфекциями: новые угрозы и вызовы: сборник научных трудов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 100-летию акад. И. Н. Блохиной (26-27 апреля 2021 г., Нижний Новгород) / под ред. Н. Н. Зайцевой. – Н. Новгород: Медиаль, 2021. – С. 61–65.
6. Carfi, A. Persistent Symptoms in Patients After Acute COVID-19 / A. Carfì, R. Bernabei, F. Landi // Jama. – 2020. – Vol. 324(6). – P. 603-605.
7. Microvascular COVID-19 lung vessels obstructive thromboinflammatory syndrome (Micro CLOTS): an atypical acute respiratory distress syndrome working hypothesis / Ciceri F., Beretta L., Scandruglio A. M. [et al] // Critical Care and Resuscitation. – 2020. – Vol. 22(2). – P. 95-97.
8. Attributes and predictors of Long-COVID: analysis of COVID cases and their symptoms collected by the Covid Symptoms Study App / Sudre C. H., Murray D., Varsavsky T. [et al.] // Nature Medicine. – 2021. – Vol. 27 (6). – P. 626-631. DOI: 10.1038/s41591-021-01292-y.
9. Методические аспекты оценки заболеваемости, распространенности, летальности и смертности при COVID-19 / Драпкина О. М., Самородская И. В., Сивцева М. Г. [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2020. – № 3 (19). – С. 302-309.
10. Гендерные особенности течения новой коронавирусной инфекции COVID-19 у лиц зрелого возраста / Некаева Е. С., Большакова А. Е., Малышева Е. С. [и др.] // Современные технологии в медицине. – 2021. – № 4. – С. 16-26.
11. Association between HLA gene polymorphisms and mortality of COVID-19: An in silico analysis / Y. Tomita, T. Ikeda, R. Sato, T. Sakagami // Immunity, inflammation and disease. – 2020. – Vol. 4 (8). – P. 684-694. DOI: 10.1002/iid3.358.
12. Постковидный синдром. Патогенез и клинические проявления (часть 1) / Омарова Х. Г., Макашова В. В., Понежева Ж. Б. [и др.] // Эпидемиология и инфекционные болезни. Актуальные вопросы. – 2022. – Т. 12. – № 2. – С. 60-64. DOI: 10.18565/epidem.2022.12.2.60-4.
13. Management of post-acute COVID19 in primary care / Greenhalgh T., Knight M., A'Court C. [et al] // BMJ. – 2020. – № 370. – P. m3026. DOI: 10.1136/bmj.m3026.

14. Post-acute COVID-19 syndrome / Nalbandian A., Sehgal K., Gupta A. [et al] // Nat Med. – 2021. – Vol. 27(4) – P. 601-615. DOI: 10.1038/s41591-021-01283-z.
15. Пульмонология. Национальное руководство / под ред. А. Г. Чучалина. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. – 800 с.
16. Айсанов, З. Р. Спирометрия в диагностике и оценке эффективности лечения пациентов с болезнями легких / З. Р. Айсанов, Е. Н. Калманова // Доктор.Ру. – 2009. – № 5. – С. 73-79.

REFERENCES

1. Chaikina K. Nazarova D., Abramov S. Impact of SARS COV-2 on the respiratory system. *Norwegian Journal of development of the International Science*, 2022, no. 79, pp. 54-57.
2. Baig A.M. Computing the Effects of SARS-CoV-2 on Respiration Regulatory Mechanisms in COVID-19. *ACS Chemical Neuroscience*, 2020, no. 11(16), pp. 2416-2421. DOI: 10.1021/acschemneuro.0c00349.
3. Muminov D.K., Tursunov D.I. Зulmonary hypertension in the post-COVID period. *International scientific journal*, 2022, no. 6, pp. 275-281 (in Russ.)
4. Amenta E.M., Spallone A., Rodriguez-Barradas M.C., El Sahly H.M., Atmar R.L., Kulkarni P.A. Postacute COVID-19: An Overview and Approach to Classification. *Open Forum Infect Dis*, 2020, vol. 7(12), p. 509. DOI: 10.1093/ofid/ofaa509.
5. Lyubavina N.A., Milyutina M.Yu., Makarova E.V. et al. Assessment of the intensity of the specific humoral immune response in a new COVID infection in dynamics up to 150 days from the day of disease manifestation. Epidemiological Surveillance of Current Infections: New Threats and Challenges: collection of scientific papers of the All-Russian Conference with International Participation, dedicated to the 100th anniversary of I.N. Blokhina (April 26-27, 2021, Nizhny Novgorod). N.N. Zaitseva, ed. Nizhny Novgorod: Medial', 2021, pp. 61-65. (in Russ.)
6. Carfì A., Bernabei R., Landi F. Persistent Symptoms in Patients After Acute COVID-19. *Jama*, 2020, vol. 324(6), pp. 603-605.
7. Ciceri F., Beretta L., Scandruglio A.M., Landoni G., Ruggeri A., Peccatori J., D'Angelo A., De Cobelli F., Rovere-Querini P., Tresoldi M. et al. Microvascular COVID-19 lung vessels obstructive thromboinflammatory syndrome (MicroCLOTS): an atypical acute respiratory distress syndrome working hypothesis. *Critical Care and Resuscitation*, 2020, vol. 22(2), pp. 95-97.
8. Sudre C.H., Murray D., Varsavsky T., Graham M.S., Penfold R.S., Bowyer R.C., Pujol J.C., Klaser K., Antonelli M., Canas L.S. et al. Attributes and predictors of Long-COVID: analysis of COVID cases and their symptoms collected by the Covid Symptoms Study App. *Nature Medicine*, 2021, vol. 27 (6), pp. 626-631. DOI: 10.1038/s41591-021-01292-y.
9. Drapkina O.M., Samorodskaya I.V., Sivtseva M.G., Kakorina E.P., Briko N.I., Cherkasov S.N., Zinserling V.A., Malkov P.G. COVID-19: urgent questions for estimating morbidity, prevalence, case fatality rate and mortality rate. *Cardiovascular Therapy and Prevention*, 2020, no. 3, pp. 302-309 (in Russ.)
10. Nekaeva E.S., Bol'shakova A.E., Malysheva E.S., Galova E.A., E.V. Makarova, Nekrasova T.A., Bedretdinova Z.S., Fomin I.V. Gender characteristics of the novel coronavirus infection (COVID-19) in middle-aged adults. *Modern Technologies in Medicine*, 2021, no. 4, pp. 16-26 (in Russ.)
11. Tomita Y., Ikeda T., Sato R., Sakagami T. Association between HLA gene polymorphisms and mortality of COVID-19: An in silico analysis. *Immunity, inflammation and disease*, 2020, vol. 4 (8), pp. 684-694. DOI: 10.1002/iid3.358.
12. Omarova Kh.G., Makashova V.V., Ponezheva Zh.B., Agejkin A.V., Mitenkova D.M., Ploskireva A.A. Post-COVID syndrome. Pathogenesis and clinical signs (part 1). *Epidemiology and infectious diseases. Current issues*, 2022, vol. 12, no. 2, pp. 60-64. DOI: 10.18565/epidem.2022.12.2.60-4. (in Russ.)
13. Greenhalgh T., Knight M., A'Court C. Buxton M., Husain L. Management of post-acute COVID-19 in primary care. *BMJ*, 2020, no. 370, p. m3026. DOI: 10.1136/bmj.m3026.
14. Nalbandian A., Sehgal K., Gupta A., Madhavan M.V., McGroder C., Stevens J.S., Cook J.R., Nordvig A.S., Shalev D., Sehrawat T.S. Post-acute COVID-19 syndrome. *Nat Med*, 2021, vol. 27(4), pp. 601-615. DOI: 10.1038/s41591-021-01283-z.
15. Pulmonology. National guidelines. A.G. Chuchalina, ed. Moscow: GEOTAR-Media, 2016. 800 p. (in Russ.)
16. Aisanov Z.R., Kalmanova E.N. Pulmonary diseases: spirometry in diagnosis and assessment of treatment effects. *Doctor.Ru*, 2009, no. 5, pp. 73-79. (in Russ.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:
Анна Павловна Борейко – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии человека и биотехнических систем Высшей школы естественных наук и технологий, ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Архангельск, e-mail: a.repina@narfu.ru. ORCID: 0000-0002-1578-4333

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Anna Pavlovna Borejko – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Human Biology and Biotechnical Systems, Northern (Arctic) Federal University, Arkhangelsk, e-mail: a.repina@narfu.ru. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1578-4333

Для цитирования: Борейко, А. П. Оценка функционального состояния кардиореспираторной системы после перенесенной инфекции COVID-19 / А. П. Борейко // Современные вопросы биомедицины. – 2023. – Т. 7. – № 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_5

For citation: Borejko A.P. Assessment of the functional state of the cardiorespiratory system after COVID-19 infection. *Modern Issues of Biomedicine*, 2023, vol. 7, no. 4. DOI: 10.24412/2588-0500-2023_07_04_5