

С.В. КУПРИЯНОВ<sup>1</sup>, Л.М. СЕМЁНОВА<sup>1</sup>, С.В. БОЧКАРЁВ<sup>1</sup>, Е.Л. НИКОЛАЕВ<sup>1</sup>, Н.В. ЖУРАВЛЁВА<sup>1</sup>, Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА<sup>2</sup>

**ИЗМЕНЕНИЕ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПОСТКОВИДНЫМИ СОСТОЯНИЯМИ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова»,  
Чебоксары, Российская Федерация

<sup>2</sup>Бухарский государственный медицинский институт им. Абу Али ибн Сино, Бухара,  
Республика Узбекистан

**Цель:** продемонстрировать использование разработанного нами ранее кардиореспираторного показателя как объективного критерия оценки эффективности реабилитации после перенесенного заболевания COVID-19.

**Материал и методы:** проведено 219 наблюдений на пациентах, поступивших на реабилитацию с постковид-ассоциированными состояниями различного генеза. На моменты поступления и выписки фиксировались силовые и частотные характеристики работы кардиореспираторной функциональной системы. Сравнивались изменения кардиореспираторного показателя с изменениями дискретных параметров, его составляющих, а также с коэффициентом Хильдебранта.

**Результаты:** в заданных условиях реабилитационного процесса кардиореспираторный показатель менял значение с  $0,21 \pm 0,07$  (при поступлении) до  $0,39 \pm 0,07$  (при выписке; что приближалось к его нормальному значению в 0,39-0,5). Реагирование общеклинических параметров работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем при их традиционной дискретной оценке преимущественно были статистически недостоверны. Индекс Хильдебранта также практически не изменялся (с  $5,29 \pm 1,97$  на  $5,34 \pm 1,41$ ).

**Заключение:** исследования подтверждают, что предложенный нами кардиореспираторный показатель валидно отражает положительную динамику эффективности восстановительных процедур у пациентов, перенёсших COVID-19. Логично предположить, что данный показатель (коэффициент) будет проявлять заинтересованность не только при постковидассоциированных состояниях, но и при других нозологиях.

**Ключевые слова:** кардиореспираторная система, COVID-19, кардиореспираторный показатель, коэффициент Хильдебранда.

**Для цитирования:** С.В. Куприянов, Л.М. Семёнова, С.В. Бочкарёв, Е.Л. Николаев, Н.В. Журавлёва, Г.Ж. Жарылкасынова. Изменение кардиореспираторного показателя при реабилитации пациентов с постковидными состояниями. Наука и образование. 2025;2(1): 103-133. <https://doi.org/10.25005/3078-5022-2025-2-1-103-133>

**ХУЛОСА**

С.В. КУПРИЯНОВ, Л.М. СЕМЕНОВА, С.В. БОЧКАРЕВ,

Е.Л. НИКОЛАЕВ, Н.В. ЖУРАВЛЕВА, Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА

ТАГИЙРЁБИИ НИШОНДИҲАНДАҲОИ КАРДИОРЕСПИРАТОРӢ ҲАНГОМИ  
БАРҚАРОСОЗИИ БЕМОРОНИ ГИРИФТОРИ ШАРОИТИ ПАС АЗ КОВИД

1Муассисай таълимии федералии давлатии буҷетии таҳсилоти олий “Донишгоҳи давлатии Чуваш ба номи И.Н. Ульянов”, Чебоксары, Федератсияи Россия

2Институти давлатии тиббии Бухоро ба номи Абуалий ибни Сино, Бухоро, Республикаи Узбекистон

**Мақсад:** нишон додани истифодаи индикатори кардиореспираторӣ, ки қаблан мо ҳамчун як меъёри объективии арзёбии самаранокии барқарорсозӣ пас аз COVID-19 таҳия карда будем.

**Мавод ва усулҳо:** 219 муҳоҳида оид ба бемороне, ки барои барқарорсозӣ бо шароитҳои пас аз COVID-ро, ки пайдоишашон гуногун доранд, гузаронида шуд. Ҳангоми қабул ва хориҷшавӣ, ҳусусиятҳои қувва ва басомади системаи функционалии кардиореспираторӣ сабт карда шуданд. Тағйироти нишондиҳандай кардиореспираторӣ бо тағирёбии параметрҳои дискретие, ки онро ташкил медиҳанд, инчунин бо коэффициенти Ҳилдебрандт муқоиса карда шуданд.

**Натиҷаҳо:** дар шароити додашудаи раванди барқарорсозӣ индекси кардиореспираторӣ арзиши худро аз  $0,21 \pm 0,07$  (ҳангоми қабул) ба  $0,39 \pm 0,07$  (ҳангоми баромадан; ки ба арзиши муқаррарии  $0,39-0,5$  наздик буд) тағйир дод. Ҷавоб ба параметрҳои умумии клиникии системаҳои дилу раг ва нафаскашӣ бо арзёбии анъанавии дискретии онҳо асосан аз ҷиҳати оморӣ ночиз буд. Индекси Ҳилдебрандт низ амалан бетағиҳир монд (аз  $5,29 \pm 1,97$  то  $5,34 \pm 1,41$ ).

**Хулоса:** тадқиқотҳо тасдиқ мекунанд, ки индекси кардиореспираторӣ, ки мо пешниҳод кардем, динамикаи мусбати самаранокии расмиёти барқарорсозӣ дар беморони гирифтори COVID-19-ро инъикос мекунад. Фарз кардан мантиқ аст, ки ин нишондод (коэффициент) на танҳо дар шароити пас аз COVID, балки дар дигар нозологияҳо низ ҷолиб ҳоҳад буд. **Калимаҳои қалидӣ:** системаи дилу нафас, COVID-19, индекси кардиореспираторӣ, коэффициенти Ҳилдебрандт.

## ABSTRACT

S.V. KUPIRIYANOV<sup>1</sup>, L.M. SEMENOVA<sup>2</sup>, S.V. BOCHKAREV<sup>3</sup>, E.L. NIKOLAEV<sup>4</sup>, N.V.

ZHURAVLEVA<sup>5</sup>, G.J. JARILKASINOVA<sup>2</sup>

## CHANGES IN CARDIORESPIRATORY INDICES

## DURING REHABILITATION OF PATIENTS WITH POST-COVID STATES

<sup>1</sup>I.N. Ulianov Chuvash State University, Cheboksary, Russian Federation

<sup>2</sup>Bukhara State Medical Institute named after Abu Ali ibn Sino, Bukhara, Republic of Uzbekistan

**Objective:** The main purpose of the research was to prove the expediency of a cardiorespiratory index, developed by us earlier, as an objective criterion for evaluating the effectiveness of post-COVID statuses curation.

**Methods:** It was conducted on 219 patients admitted to medical rehabilitation with post-COVID-associated conditions of various origins. The strength and frequency parameters of activity of the cardiorespiratory functional system were recorded at the time of patients' admission to the hospital and their discharge. Changes in the cardiorespiratory index were compared with changes in the discrete parameters of its components, as well as with the Hildebrandt coefficient shift.

**Results:** Under the given conditions of the rehabilitation process, the cardiorespiratory index changed from  $0.21 \pm 0.07$  (upon admission) to  $0.39 \pm 0.07$  (upon discharge; which approached its normal value of  $0.39-0.5$ ). The shifts of general clinical parameters of the cardiovascular and respiratory systems which were fixed in their traditional discrete assessment was mostly statistically unreliable. The Hildebrandt index also remained virtually unaltered (from  $5.29 \pm 1.97$  to  $5.34 \pm 1.41$ ).

**Conclusions:** Our research confirms that the cardiorespiratory index proposed by us reliably reflects the positive dynamics of rehabilitation procedures' effectiveness in patients who have recovered from COVID-19. It is logical to assume that this indicator (coefficient) will be of interest not only in post-COVID-associated status, but also in other nosologic areas.

**Key words:** cardiorespiratory system, COVID-19, cardiorespiratory index, Hildebrandt coefficient.

**Введение.** Применяемые в ходе лечения или реабилитационных мероприятий общепризнанные способы оценки дискретных параметров работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем не всегда корректно отражают направленность изменений состояния организма. Более объективную информацию о результатах лечения можно получить, применяя системно-функциональный подход. При этом в клинике практически отсутствуют методы диагностики, обоснованные с позиции теории функциональных систем П.К. Анохина (1980), которые бы сочетали простоту, экспрессивность и надежность. Представляется значимым разработка подобных методик для оценки эффективности курации, в частности, острых респираторных инфекционных нозологий, например, COVID-19, а также постковидных состояний.

Кардиореспираторная функциональная система, тонко регулирующая гомеостаз, изменяет свою активность не только при заболеваниях сердечно-сосудистой и дыхательной систем, но и оказывается заинтересованной при действии самых разнообразных, в том числе минимальных по выраженности, физиологических и патологических факторов. Ранее было показано, что разработанный нами кардиореспираторный показатель оказывается удобным и чувствительным критерием оценки изменения общего состояния организма при относительном здоровье [1].

Изучение принципов реализации кардиореспираторного взаимодействия традиционно привлекает внимание медиков, что объясняется исключительной значимостью дыхательной и сердечно-сосудистой систем в поддержании динамического гомеостаза организма как в норме, так и при патологии. Так, по данным eLibrary.Ru, за последние неполных пять лет только в англоязычной научной литературе приводится около 10000 работ подобной направленности и около 800 – в русскоязычной. Однако, несмотря на такой чрезвычайно большой объем исследований, многие вопросы интегративной деятельности этих важнейших систем организма остаются малоизученными

[2-5 и др.]. Данная проблематика становится еще более актуальной на фоне появления новых инфекционных заболеваний, таких как COVID-19 [6, 7 и др.].

Согласно теории П.К. Анохина функциональные системы (ФС) рассматриваются как совокупные реакции различных анатомических систем организма при чрезмерном отклонении его гомеостатических констант. Такие системы являются самоорганизующимися и функционируют с целью достижения общего конечного полезного результата – возврата сдвинутых параметров к гомеостатическому уровню. Следовательно, с клинических позиций при симптоматическом анализе активности анатомических систем, объединённых в функциональную, нужно фиксировать не их разрозненные количественные показатели, а совместную совпадающую во времени деятельность.

Объединяющим фактором формирования любой ФС является мотивация, а её материальным субстратом – отклонение какой-либо гомеостатической константы от физиологического значения. Одними из значимых системообразующих факторов являются чрезмерные сдвиги артериального давления и/или аэрации крови и тканей, pH их среды. Величина этих параметров во многом задается активностью сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Исключительная значимость для организма совместной активности этих двух анатомических систем обосновывает целесообразность изучения их деятельности как самостоятельной кардиореспираторной функциональной системы.

Кардиореспираторная система (КРС) – это постоянно существующая, частная функциональная система [8], деятельность которой направлена, прежде всего, на регуляцию аэрации тканей и их кислотности, удаление продуктов обмена. В процессе эволюции с целью обеспечения экстренного и точного регулирования вышеуказанных исключительно важных для организма параметров основой деятельности данной ФС стал рефлекс, имеющий, как понятно, короткий латентный период. КРС изменяет свою актив-

ность даже при малейших нагрузках на организм, поэтому состояние кардиореспираторного взаимодействия возможно оценить, определяя сдвиги основных параметров деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем только интегративно, к тому же регистрируя их одновременно. В клинике же величины артериального давления, частоты дыхания, силовых характеристик гемодинамики и дыхательных движений, чаще всего определяются в различные моменты времени, а анализируются они дискретно, вне зависимости друг от друга.

По данным литературы попытки математической оценки динамических изменений кардиореспираторного взаимодействия интенсивно предпринимались в основном в начале двухтысячных годов и несколько позже [9], а предложенные в них показатели не получили широкого распространения. Единственным общепризнанным остаётся коэффициент Хильдебранта, который при симптоматическом анализе состояний пациентов в клинике не используется. О причинах этого мы указывали в предыдущих публикациях [10, 11].

Другое значимое упущение многих современных исследований КРС – отсутствие регистрации такого важного параметра, как дыхательный объём [12-16 и мн. др.]. Подавляющее большинство авторов ограничивается методически легко фиксируемой величиной частоты дыхательных движений. Тогда как известно, объём внешнего дыхания является более лабильной величиной, чем его частота [17-19 и др.]. Более того, нашими предыдущими исследованиями показано, что при минимальных физиологических нагрузках увеличение минутного объёма дыхания достигается на фоне снижения частоты дыхательных движений. То есть этот параметр не обязательно коррелирует с адаптационной направленностью респираторных реакций [1, 18].

Кроме того, нам не удалось обнаружить значимых работ с указанием величины дыхательного объёма при постковидных состояниях. Тогда как при данном заболевании дыхательная система, а значит и кардиореспираторные адаптационные возможно-

сти организма, значимо страдают [20-22].

На основании силовых и частотных характеристик кардиореспираторного взаимодействия – систолический (или ударный) объём (СО), частота сердечных сокращений (ЧСС), дыхательный объём (ДО) и частота дыхания (ЧД), ранее нами был предложен коэффициент оценки состояния КРС, вычисляемый как отношение минутного объёма кровотока (МОК) к минутному объёму дыхания (МОД). Т.е.

$$\text{МОК / МОД} = (\text{ЧСС Ч СО}) / (\text{ЧД Ч ДО}).$$

Коэффициент был назван – кардиореспираторный показатель (КРП).

Нашиими предыдущими исследованиями на здоровых людях продемонстрирована выраженная изменчивость КРП при физиологических даже минимальных нагрузках и при их последующей повышающейся мощности, а также его значительно большая информативность, чем общепризнанного коэффициента Хильдебранта [10, 11]. Возникает вопрос: возможно ли использование КРП в клинике, с целью оценки адаптационного напряжения КРС при различных нозологиях, в частности, при инфекционных поражениях сердечно-сосудистой и/или дыхательной систем? Известно, что в физиологических условиях КРС значимо и тонко приспосабливает организм к малейшим нагрузкам. Логично предположить, что такое её особое значение сохраняется и при патологии. Следовательно, возможность определить степень активности самой КРС может оказаться дополнительным важным инструментом в симптоматической объективной оценке состояния организма и эффективности его лечения. При этом на настоящий момент подобных общепризнанных методик интегративного анализа параметров кардиореспираторной интеграции не существует.

**Цель исследования** – продемонстрировать возможность использования КРП как объективного критерия оценки эффективности курации постковид-ассоциированных состояний.

Были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить величину ДО в состоянии покоя у пациентов, поступающих на реаби-

литацию после перенесенной инфекции COVID-19.

2. Рассчитать значение КРП у данных пациентов. Выявить изменения значений данного показателя у тех же людей при их выписке. Сравнить эти величины с таковыми у практически здоровых людей.

3. Сопоставить в заданных условиях выраженности изменений КРП и общепризнанного индекса Хильдебранда.

4. Сравнить информативность КРП (при интегральном анализе параметров активности КРС) как показателя эффективности реабилитации постковидных состояний с достоверностью изменений общеклинических параметров его составляющих (при традиционной дискретной оценке характеристик работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем).

**Материал и методы исследования.** Работа проведена на базе санатория «Чувашия-курорт» (Чебоксары). В исследовании участвовали пациенты курсовой реабилитации, ранее прошедшие в различных клиниках стационарное лечение инфекционного заболевания COVID-19 и имевшие различного проявления постковид-ассоциированные состояния. Средний возраст обследуемых обоего пола и с различным типом конституций составил 60 лет. Состояние всех на момент поступления – хорошее.

В состоянии покоя проводились спирография (СМП-21/01, Россия), аппаратные тоно- (Microlife BP AG1-30, Швейцария) и пульсометрия (MD300C318 CHOICEMMED, Китай). Определялись величины ДО, ЧД, ЧСС, систолическое и диастолическое давление ( $\text{АД}_{\text{сист}}$ ,  $\text{АД}_{\text{диаст}}$ ). Регистрация указанных парамет-

ров испытуемого осуществлялась одновременно! Рассчитывались МОД (ЧД Ч ДО) и МОК (ЧСС Ч СО). Методом Старра вычислялся систолический объём:

$$\text{СО} = 90,97 + 0,54 \text{ Ч ДР} - 0,57 \text{ Ч Pd} - 0,61 \text{ Ч В, где}$$

ДР – пульсовое давление ( $\text{АД}_{\text{сист.}} - \text{АД}_{\text{ди-}}_{\text{аст.}}$ );

В – возраст.

Производился расчёт коэффициента Хильдебранта, а также предложенного нами КРП.

Общее количество наблюдений – 219. Было сформировано две группы:

I – 156 наблюдений за состоянием на момент поступления.

II – 63 наблюдения у тех же пациентов при завершении ими курса реабилитации.

При исследовании соблюдались этические нормы проведения медицинских исследований Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (2013). Реабилитационные мероприятия с обследуемыми осуществлялись в соответствии со стандартами и клиническими рекомендациями Министерства здравоохранения РФ.

Обработка полученных данных производилась в среде электронных таблиц MS® Excel® 2024™ с использованием пакета Statistica® 13 (StatSoft Inc., USA). Оценку достоверности отличий выборок вычисляли по *t*-критерию Стьюдента, принимая за статистически значимые при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Полученные результаты приводятся в таблицах 1 и 2, в которых указываются средние арифметические величины и их разброс ( $M \pm m$ ).

Таблица 1

**Общеклинические показатели при реабилитации пациентов с постковид-ассоциированными состояниями**

	Дыхательный объём, л	Частота дыхания дв./мин.	Систолическое давление, мм рт. ст.	Диастолическое давление, мм рт. ст.	Частота сердечных сокращений, уд./мин.	Систолический объём, л
На момент поступления	$0,93 \pm 0,41$	$14,56 \pm 4,64$	$127,49 \pm 13,53$	$75,9 \pm 8,3$	$69,31 \pm 9,04$	$38,54 \pm 9,8$
При выписке	$0,65 \pm 0,11^*$	$14,57 \pm 3,46$	$131,33 \pm 12,22$	$75,24 \pm 9,71$	$73,62 \pm 8,69$	$38,67 \pm 6,2$

Примечание. \* –  $p < 0,01$ .

Остальные параметры в 2-х группах значимо не изменились.

Таблица 2

**Изменение кардиореспираторного показателя в результате восстановительных мероприятий после заболевания COVID-19**

	Минутный объём дыхания, л	Минутный объём кровотока, л	Кардиореспираторный показатель	Индекс Хильдебранта
При поступлении	14,26±6,5	2,65±0,67	0,21±0,07	5,29±1,97
После реабилитации	8,23±0,82**	2,82±0,45*	0,39±0,07***	5,34±1,41*

**Примечание.** \* –  $p>0,05$ ; \*\* –  $p<0,01$ ; \*\*\* –  $p$  значительно меньше 0,001.

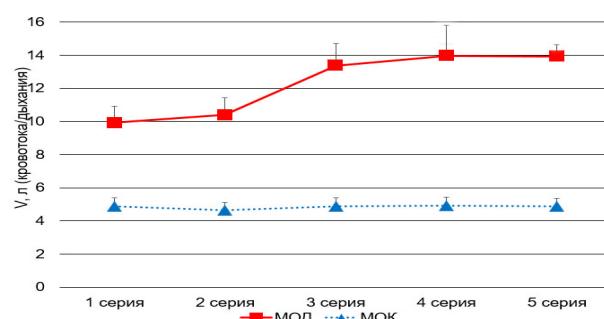
Согласно приведенным данным в ряду основных параметров внешнего проявления кардиореспираторного адаптационного взаимодействия (ДО, ЧД, СО, ЧСС) наиболее лабильным оказывается ДО. Именно он изменялся в большей степени, как у только что поступивших на санаторное лечение пациентов (в сравнении с нормой), так и при их выписке (в результате реабилитационных мероприятий). Остальные общеклинические параметры практически не изменялись или изменялись статистически недостоверно, на что указывает коэффициент  $p$ , превышающий 0,05.

Полученные в настоящей работе результаты соотносятся с описанными нами ранее данными экспериментов на животных по выявлению закономерностей взаимодействия дыхательной и сердечно-сосудистой систем [23]. Кроме того, предыдущими исследованиями на человеке [1, 18] было определено, что КРП в норме у практически здоровых людей составляет 0,39-0,5, имея тенденцию к снижению с увели-

чением возраста. Также при велоэргометрии малой и средней мощностей наиболее изменчивой кардиореспираторной величиной по сравнению с МОК оказывается МОД (рис. 1). В свою очередь, внешнее дыхание увеличивается прежде всего за счет ДО, а не ЧД.

Таким образом реакции КРС как в норме, так и при исследуемой патологии, носят однонаправленный характер реализации адаптации организма преимущественно по дыхательному (а не по сердечно-сосудистому) типу с наиболее выраженной лабильностью именно ДО.

При поступлении ДО по отношению к норме был увеличен почти в 2 раза. По-нашему мнению, это связано с частым для COVID-19 поражением паренхимы лёгкого и, как следствие, развитием в той или иной степени дыхательной недостаточности. Компенсаторно повышается МОД (табл. 2) преимущественно за счет увеличения ДО, как наиболее изменчивой кардиореспираторной величины. Данное утверждение соответствует результатам работ некоторых других авторов. Известно, что COVID-19 – заболевание, имеющее мультисистемный патогенез. Тем не менее дыхательная система и, конкретно, лёгкие являются основной мишенью рассматриваемого вирусного заболевания [24-26 и мн. др.], часто сопровождаемого развитием острого респираторного синдрома. В частности, у перенесших COVID-19 выявляется наличие одышки с рестриктивным или обструктивным типами вентиляционных нарушений [27]. Такое состояние может проявляться выраженно, встречаясь практически у всех пациентов (95% случаев) с лёгочными поражениями [28]. По данным Института биомолекулярной химии, национального исследовательского совета Поццуоли (Италия) наблюдается



**Рис. 1.** Выраженная изменчивость минутного объёма дыхания (верхняя кривая) и малая реактивности минутного объёма кровотока (внизу) при нарастающих велоэргометрических нагрузках.

аномальное увеличение значения диффузационной способности лёгких на 47,2%, что является результатом повышении МОД у больных COVID-19 [29, 30]. Однако, убедительных данных, за счёт какой – силовой или частотной характеристики внешнего дыхания увеличивается МОД, в доступной литературе нам обнаружить не удалось. Несмотря на широкое распространение вирусных простудных заболеваний и COVID-19, в частности, сопровождающихся поражением именно дыхательной системы, количество исследований с компонентным, раздельным изучением особенностей нарушения внешнего дыхания крайне мало. Большинство исследователей ограничиваются указанием на изменение только ЧД. По-нашему мнению, в заданных условиях более значимо обращать внимание не на частоту, а на амплитуду экскурсии лёгкого. В доступной литературе в отношении исследуемой патологии нам удалось обнаружить только одну работу с указанием на увеличение МОД (на 164%; до 27,7 л/мин против 10,5 л/мин в норме) за счёт преимущественного повышения ДО (9,7 мл/кг при норме 5,1 мл/кг; на 90%) [31]. В настоящем исследовании ДО при поступлении составляло  $0,93 \pm 0,41$  л при норме 0,5 л (увеличение приблизительно на 86%); МОД в том же случае составлял  $14,26 \pm 6,5$  л, превышая норму более чем на 120%. Так же, по данным S. Chaudhuri и A. Nileswar [32], заболевание коронавирусной инфекцией сопровождается увеличением ДО без значимых изменений ЧД, что также относится с полученными нами данными. Однако, наличие столь малого количества подобных работы, конечно же, следует признать критически недостаточным.

В наших исследованиях возврат организма к состоянию относительного здоровья сопровождался, прежде всего, снижением величины амплитудной характеристики дыхательных движений. Тогда как остальные три параметра активности КРС изменились незначительно и статистически недостоверно. Следует обратить внимание на большой разброс средних величин ДО и МОД, что, как известно, является нормой для нежест-

ких гомеостатических констант организма. С другой стороны, это указывает на невозможность статистически достоверного определения эффективности реабилитационных мероприятий у отдельно взятого, конкретного пациента, на основании динамики значений ДО и МОД, а также существование значительного затруднения сравнения их с уровнем нормы, которая у различных людей значимо варьирует. При этом использование предложенного нами КРП, где ДО является одним из четырёх интегративных компонентов, показывает высокую степень валидности. Так КРП при выписке увеличивался почти в 2 раза, приближаясь к норме у практически здоровых людей, и имел небольшой разброс средней.

Индекс Хильдебранта, учитывающий только частотные параметры сердечно-сосудистой и дыхательной систем, не может быть использован для характеристики тонких адаптационных изменений кардиореспираторной интеграции. Общеизвестно, что индекс Хильдебранта показывает вегетативный статус организма, баланс между симпатической и парасимпатической системами, являющийся достаточно стабильным гомеостатическим критерием. По этой причине его определение не входит в клинические стандарты и не используется в практической медицине. Вышесказанное подтверждается настоящим исследованием, где малое изменение индекса Хильдебранта (5,29 – при поступлении и 5,34 – как результат реабилитации) носило статистически недостоверный характер.

Отдельного замечания требует обоснование использования в исследуемом методе формулы Старра. Рядом преимущественно русскоязычных авторов указывается на её выраженную неточность. По-нашему мнению, именно при расчете КРП данная формула оказывается не только адекватной, но и незаменимой. Во-первых, несмотря на критическое отношение расчет СО методом Старра остается общепризнанным, большинством исследователей признается справедливым и продолжает использоваться в соответствующих отечественных и зару-

бежных работах, в том числе, по изучению течения коронавирусной инфекции [33-35]. Во-вторых, одним из важных условий для вычисления КРП является фиксирование всех силовых и частотных характеристик КРС активности *одновременно*. В организме ежесекундно происходят постоянные изменения нагрузок на многие системы, учесть которые в полной их совокупности невозможно. С другой стороны, даже малые подобные нагрузки неизбежно отражаются на изменении характеристик кардиореспираторного взаимодействия. Очевидно, что определять ударный объём сердца клинически точными способами, например, посредством эхокардиографии, реографии, одновременно с проведением спирографии оказывается невозможным. В-третьих, в предлагаемом нами методе СО выступает в качестве лишь одной из переменных множителя (при той или иной степени неизвестного), который не имеет абсолютного выражения. Высокая степень достоверности результатов определения КРП, полученных в настоящем исследовании, подтверждает обоснованность использования формулы Старра для расчета этой переменной.

#### Выводы

1. Дыхательный объём в состоянии покоя на момент поступления на реабилитацию постковид-ассоциированных состояний составил  $0,93 \pm 0,41$  л, что приблизительно на 400 мл больше нормальных средних значений у относительно здоровых людей.

2. В тех же условиях начала реабилитации кардиореспираторный показатель был равен  $0,21 \pm 0,07$ , что оказывается значимо меньше его нормы в 0,39-0,5. При выписке значение этого коэффициента составило  $0,39 \pm 0,07$ .

3. Тогда как общепризнанный индекс Хильдебранта статистически недостоверно изменялся с  $5,29 \pm 1,97$  на  $5,34 \pm 1,41$  и не мог быть использован для определения динамики адаптационных реакций кардиореспираторной функциональной системы.

4. В заданных условиях реабилитационного процесса изменения общеклинических параметров работы сердечно-сосудистой и

дыхательной систем при их традиционной дискретной оценке преимущественно были статистически недостоверны. При этом предложенный нами кардиореспираторный показатель валидно отражал положительную динамику эффективности проведенных процедур.

#### Заключение

Ёще в середине прошлого века ведущие российские (советские) физиологи М.В. Сергиевский и В.Н. Черниговский подчёркивали тесную функциональную связь двух важнейших физиологических функций – дыхания и кровообращения. Они считали, что реакциям этих систем принадлежит совместное регулирующее значение. Примерно в тех же годах на основании теории П.К. Анохина о функциональных системах, указывая на исключительное для организма значение совместных, сочетанных реакций дыхания и сердечно-сосудистой системы, возникло понятие КРС. Реакции сердечно-сосудистой системы направлены на оптимальную стабилизацию кровообращения при изменениях внешней и внутренней среды организма. Тогда как сопряженные реакции внешнего дыхания приспособливают аэрацию крови и её pH к более тонкому обеспечению самых разнообразных по направленности и, главное, выраженности поведенческих реакциях. Неслучайно центральные структуры регуляции внешнего дыхания и деятельности сердечно-сосудистой системы морфологически тесно расположены в стволовой части мозга.

Очевидно, что исключительная роль КРС в адаптации организма проявляется не только в условиях физиологических нагрузок, но сохраняет свое значение и при приспособлении организма к патологическим состояниям. При этом кардиореспираторные реакции оказываются ещё более актуальными при заболеваниях, связанных с поражением конкретно дыхательной и/или сердечно-сосудистой систем. Это, в частности, подтверждается настоящим исследованием. Логично предположить, что предложенный нами КРП, будет проявлять заинтересованность не только при постковид-ассоцииро-

ванных состояниях, но и при других нозологиях. Он должен оказаться информативным как для определения эффективности реабилитации относительно здоровых людей, так и быть значимым непосредственно в ходе проведения лечения, когда с его помощью, не дожидаясь окончания терапии,

будет возможно определять правильность выбранного курса в динамике. Подобное утверждение требует продолжения изучения изменений КРП при различных заболеваниях и является предметом наших текущих исследований, результаты которых не отражены в настоящей статье.

### Литература

1. Куприянов С.В. Кардиореспираторный показатель как критерий оценки адаптивных функций организма. *Здравоохранение Чувашии*. 2019;1:27-34.
2. Доронцев А.В., Светличкина А.А. Оценка факторов риска развития дезадаптивных реакций на физическую нагрузку различной направленности у мужчин среднего возраста. *Человек. Спорт. Медицина*. 2020;20(1):135-141.
3. Mueller S., Duvinage A., Esefeli K., Von Korn P., Christle J.W., Halle M. et al. Effect of High-intensity Interval Training, Moderate Continuous Training, or Guideline-based Physical Activity Advice on Peak Oxygen Consumption in Patients with Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*. 2021;325(6):542-551.
4. Хрущёва Р.Ш., Зотова Ф.Р., Мавлиев Ф.А., Хуснутдинова Р.Г. Возрастные особенности морфофункционального статуса и физической подготовленности женщин второго зрелого возраста. *Наука и спорт: современные тенденции*. 2021;9(3):33-41.
5. Sabag A., Little J.P., Johnson N.A. Low-volume High-intensity Interval Training for Cardiometabolic Health. *The Journal of Physiology*. 2022;600(5):1013-26.
6. Buonsenso D., De Rose C., Lazzareschi I., Chieffo D.P.R., Valentini P., Di Giuda D. et al. Evidence of lung perfusion defects and ongoing inflammation in an adolescent with post-acute sequelae of sars-cov-2 infection. *The Lancet Child and Adolescent Health*. 2021;5(9):677-80.
7. Laffin L.J., Kaufman H.W., Chen Zh., Niles J.K., Arellano A.R., Bare L.A., Hazen S.L. Rise in Blood Pressure Observed Among Us Adults During the COVID-19 Pandemic. *Circulation*. 2022;145(3):235-7.
8. Ванюшин Ю.С., Хайруллин Р.Р. Кардиореспираторная система как индикатор функционального состояния организма спортсменов. *Теория и практика физической культуры*. 2015;7:11-4.
9. Фероян Э.В. Сравнительная оценка функциональных показателей кардиореспираторной системы юных велосипедистов различного возраста. *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2016;11(1):102-13.
10. Kupriyanov S.V., Bochkarev S.V., Semenova L.M., Kruglikov N.Y., Myasnikova I.A., Nizova D.I., Zhuravleva N.V., Mohammad A.Ih. Physiological Studies on the Cardiopulmonary Index Changes in Adaptation to Progressive Physical Loads. *Journal of Advance Research in Medical & Health Science*. 2023;9(6):14-20.
11. Kupriyanov S.V., Bochkarev S.V., Semenova L.M., Kruglikov N.Y., Zhuravleva N.V., Uchterova N.D., Myasnikova I.A., Smirnova T.L. The Role of Power and Frequency Characteristics of the Cardiorespiratory System in Conditions of Minimal Physical Exercise. *International Journal of Life Science and Pharma Research*. 2023;13(3):L116-22.
12. Bardetskaya Y.V., Potylitsyna V.Y. State of individual health, cardiorespiratory system of junior schoolchildren in the far north with different temperament trait indices. *Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences*. 2015;8(11):2220-32.
13. Медведев И.Н., Карпов В.Ю., Маринина Н.Н., Гаврикова Е.С. Функциональные особенности кардиореспираторной системы у регулярно занимающихся единоборствами. *Учёные записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. 2022;4(206):241-7.

14. Петрова Т.Н., Таланцева В.К., Шиленко О.В., Пинчук Т.В. Сравнительная характеристика функциональных возможностей кардиореспираторной системы у студентов-спортсменов. *Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт.* 2022;1:100-6.
15. Schwendinger F., Knaier R., Radtke T., Schmidt-Trucksäss A. Low cardiorespiratory fitness post-covid-19: a narrative review. *Sports Medicine.* 2023;53(1):51-74.
16. Петрушкина Н.П., Звягина Е.В., Миловидов В.К. Характеристика функционального состояния кардиореспираторной системы студенток-первокурсниц при занятиях аквааэробикой. *Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия.* 2024;10(1):188-97.
17. Myatra S.N., Prabu N.R., Divatia J.V., Kulkarni A.P., Monnet X., Teboul J-L. The changes in pulse pressure variation or stroke volume variation after a “tidal volume challenge” reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation. *Critical Care Medicine.* 2017;45(3):415-21.
18. Kupriyanov S.V., Bochkarev S.V., Semenova L.M., Kruglikov N.Y., Myasnikova I.A., Nizova D.I., Zhuravleva N.V. Cardiopulmonary Index of Organism Adaptation to Low Physical Exercises of Increasing Power. *Electronic Journal of General Medicine.* 2020;17(5):em244. DOI:10.29333/ejgm/8217.
19. Пушкина В.Н., Гернет И.Н., Оляшев Н.В., Лубышев Е.А. Состояние системы внешнего дыхания у юношей, проживающих в разных регионах России. *Теория и практика физической культуры.* 2020;4:17-9.
20. Головкин А.С., Кудрявцев И.В., Дмитриев А.В., Калинина О.В. Фиброзные изменения сердечно-сосудистой и дыхательной систем после перенесенной COVID-19: вклад факторов иммунной системы и генетическая предрасположенность. *Российский кардиологический журнал.* 2020;25(10):214-20.
21. Xu Z., Shi L., Wang Y. et al. Pathological findings of COVID-19 associated with acute respiratory distress syndrome. *Lancet Respir. Med.* 2020;8(4):420-2. DOI:10.1016/S22132600(20)30076-X.
22. Трухан Д.И. Новая коронавирусная инфекция (COVID-19) и заболевания/патологические состояния органов дыхания. *Медицинский совет.* 2022;16(18):154-61.
23. Kupriyanov S.V., Semenova L.M., Bochkarev S.V. Principles of cardiorespiratory interaction in realization of chemo- and baroreflexes. *The New Armenian Medical Journal.* 2016;10(2):4-13.
24. Mo X., Jian W., Su Z., Chen M., Peng H., Peng P. et al. Abnormal Pulmonary Function in COVID-19 Patients at Time of Hospital Discharge. *Eur. Respir. J.* 2020;1.55(6). Article number: 2001217. DOI:10.1183/13993003.01217-2020.
25. Mjhlen J.O., Mikalsen R., Heimdal H.J., Rehn M., Hagemo J.S., Ottestad W. Pre-hospital Critical Care Management of Severe Hypoxemia in Victims of COVID-19: A Case Series. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine.* 2021;29(1):1-5.
26. Карчевская Н.А., Скоробогач И.М., Черняк А.В., Мигунова Е.В., Лещинская О.В., Калманова Е.Н. и др. Результаты отдаленного обследования пациентов после COVID-19. *Терапевтический архив.* 2022;94(3):378-88.
27. Крюков Е.В., Савушкина О.И., Малашенко М.М., Черняк А.В., Бобр И.А., Исмагилова Р.Р. Влияние комплексной медицинской реабилитации на функциональные показатели системы дыхания и качество жизни у больных, перенесших COVID-19. *Бюллетень физиологии и патологии дыхания.* 2020;78:84-91.
28. Yao X.H., Li T.Y., He Z.C. et al. A pathological report of three COVID-19 cases by minimal invasive autopsies. *Zhonghua Bing Li Xue Za Zhi.* 2020; 49 (5): 411-7. DOI: 10.3760/cma.j.cn112151-20200312-00193.
29. Scaramuzzo G., Ronzoni L., Campo G. et al. Long-term dyspnea, regional ventilation

- distribution and peripheral lung function in COVID-19 survivors: a 1 year follow up study. *BMC Pulm. Med.* 2022;22:408. DOI: 10.1186/s12890-022-02214-5.
30. Абдуллаева Г.Б., Авдеев С.Н., Фоминых Е.В., Гордина Г.С., Мустафина М.Х. Оценка отдаленных клинико-функциональных изменений у пациентов, перенесших тяжёлое COVID-19-ассоциированное поражение лёгких. *Пульмонология.* 2023;33(4):461-71.
31. Ибадов Р.А., Сабиров Д.М., Ибрагимов С.Х., Бурхонов Б.Б., Ибадов Р.Р. Механика дыхания и газообмен при остром респираторном дистресс-синдроме, ассоциированным с COVID-19. *Общая реаниматология.* 2022;18(5):24-31.
32. Chaudhuri S., Nileshwar A. “Happy hypoxia” of COVID-19: are we happy with our oxygen reserves? *Indian Journal of Respiratory Care.* 2020;9(2):131-3.
33. Никулина А.В., Туйзарова И.А., Шуканов Р.А., Алтынова Н.В., Шуканов А.А. Анализ состояния сердечно-сосудистой системы организма в моделируемых условиях. *Человек. Спорт. Медицина.* 2019;19(3):7-13.
34. Самойлов А.С., Никонов Р.В., Пустовойт В.И., Ключников М.С. Применение методики анализа вариабельности сердечного ритма для определения индивидуальной устойчивости к токсическому действию кислорода. *Спортивная медицина: наука и практика.* 2020;10(3):73-80.
35. Shrestha L., Lin M.J., Xie H., Mills M.G., Mohamed Bakhsh Sh.A., Gaur V.P. et al. Clinical Performance Characteristics of the Swift Normalase Amplicon Panel for Sensitive Recovery of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Genomes. *Journal of Molecular Diagnostics.* 2022;24(9):963-76.

### References

1. Kupriyanov S.V. Kardiorespiratornyy pokazatel' kak kriteriy otsenki adaptivnyh funktsiy organizma [Cardiorespiratory indicator as a criterion for assessing adaptive functions of the body]. *Zdravoohranenie Chuvashii.* 2019;1:27-34.
2. Dorontsev A.V., Svetlichkina A.A. Otsenka faktorov riska razvitiya dezadaptivnyh reaktsiy na fizicheskuyu nagruzku razlichnoy napravленности u muzhchin srednego vozrasta [Risk factors for the development of maladaptive reactions to different types of physical load in middle-aged men]. *Chelovek. Sport. Meditsina.* 2020;20(1):135-141.
3. Mueller S., Duvinage A., Esefeli K., Von Korn P., Christle J.W., Halle M. et al. Effect of High-intensity Interval Training, Moderate Continuous Training, or Guideline-based Physical Activity Advice on Peak Oxygen Consumption in Patients with Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: A Randomized Clinical Trial. *JAMA.* 2021;325(6):542-551.
4. Khrushcheva R.Sh., Zotova F.R., Mavliev F.A., Husnutdinova R.G. Vozrastye osobennosti morfofunktional'nogo statusa i fizicheskoy hodgotovlennosti zhenshchin vtorogo zreloga vozrasta [Age features of morphofunctional status and physical fitness of second maturity women]. *Nauka i sport: sovremennoye tendentsii.* 2021;9(3):33-41.
5. Sabag A., Little J.P., Johnson N.A. Low-volume High-intensity Interval Training for Cardiometabolic Health. *The Journal of Physiology.* 2022;600(5):1013-26.
6. Buonsenso D., De Rose C., Lazzareschi I., Chieffo D.R., Valentini P., Di Giuda D. et al. Evidence of lung perfusion defects and ongoing inflammation in an adolescent with post-acute sequelae of sars-cov-2 infection. *The Lancet Child and Adolescent Health.* 2021;5(9):677-80.
7. Laffin L.J., Kaufman H.W., Chen Zh., Niles J.K., Arellano A.R., Bare L.A., Hazen S.L. Rise in Blood Pressure Observed Among Us Adults During the COVID-19 Pandemic. *Circulation.* 2022;145(3):235-7.
8. Vanyushin Y.S., Khayrullin R.R. Kardiorespiratornaya sistema kak indicator funktsional'nogo sostoyaniya organizma sportsmenov [Cardiorespiratory system as an indicator of functional state of athletes]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury.* 2015;7:11-4.

9. Feroyan E.V. Sravnitel'naya otsenka funktsional'nyh pokazateley kardiorespiratornoy sistemy yunyh velosipedistov razlichnogo vozrasta [Comparative assessment of function parameters of cardiorespiratory system in young cyclists of all ages]. *Pedagogiko-psihologocheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta*. 2016;11(1):102-13.
10. Kupriyanov S.V., Bochkarev S.V., Semenova L.M., Kruglikov N.Y., Myasnikova IA, Nizova D.I., Zhuravleva N.V., Mohammad A.Ih. Physiological Studies on the Cardiopulmonary Index Changes in Adaptation to Progressive Physical Loads. *Journal of Advance Research in Medical & Health Science*. 2023;9(6):14-20.
11. Kupriyanov S.V., Bochkarev S.V., Semenova L.M., Kruglikov N.Y., Zhuravleva NV, Uchterova N.D., Myasnikova I.A., Smirnova T.L. The Role of Power and Frequency Characteristics of the Cardiorespiratory System in Conditions of Minimal Physical Exercise. *International Journal of Life Science and Pharma Research*. 2023;13(3):L116-22.
12. Bardetskaya Y.V., Potylitsyna V.Y.. State of individual health, cardiorespiratory system of junior schoolchildren in the far north with different temperament trait indices. *Journal of Siberian Federal University. Humanities and Social Sciences*. 2015;8(11):2220-32.
13. Medvedev I.N., Karpov V.Y., Marinina N.N., Gavrikova E.S. Funktsional'nye osobennosti cardiorespiratornoy sistemy u reguljarno zanimayushchihsya edinoborstvami [Cardiorespiratory system functional features at regularly engaged in martial arts classes]. *Uchyonyi zapiski universiteta imeni P.F. Lesgafta*. 2022;4(206):241-7.
14. Petrova T.N., Talantseva V.K., Shilenko O.V., Pinchuk T.V. Sravnitel'naya harakteristika funktsional'nyh vozmozhnostey cardiorespiratornoy sistemy u studentov-sportsmenov [Comparative characteristics of the functional capabilities of the cardiorespiratory system in student-athletes]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Fizicheskaya kul'tura. Sport*. 2022;1:100-6.
15. Schwendinger F., Knaier R., Radtke T., Schmidt-Trucksäss A. Low cardiorespiratory fitness post-covid-19: a narrative review. *Sports Medicine*. 2023;53(1):51-74.
16. Petrushkina N.P., Zvyagina E.V., Milovidov V.K. Harakteristika funktsional'nogo sostoyaniya cardiorespiratornoy sistemy studentok-pervokurstnits pri zanyatiyah akvaerobikoy [Characteristics of the functional state of the cardiorespiratory system of first-year students during water aerobics activities]. *Uchyonyi zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Biologiya. Himiya*. 2024;10(1):188-97.
17. Myatra S.N., Prabu N.R., Divatia J.V., Kulkarni A.P., Monnet X., Teboul J-L. The changes in pulse pressure variation or stroke volume variation after a “tidal volume challenge” reliably predict fluid responsiveness during low tidal volume ventilation. *Critical Care Medicine*. 2017;45(3):415-21.
18. Kupriyanov S.V., Bochkarev S.V., Semenova L.M., Kruglikov N.Y., Myasnikova I.A., Nizova D.I., Zhuravleva N.V. Cardiopulmonary Index of Organism Adaptation to Low Physical Exercises of Increasing Power. *Electronic Journal of General Medicine*. 2020;17(5):em244. DOI:10.29333/ejgm/8217.
19. Pushkina V.N., Gernet I.N., Olyashev N.V., Lubyshev E.A. Sostoyanie sistemy vneshnego dyhaniya u yunoshchey, prozhivayushchih v raznyh regionah Rossii [Functionality of external respiration system of young people residing in different regions of Russia]. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2020;4:17-9.
20. Golovkin A.S., Kudryavtsev I.V., Dmitriev A.V., Kalinina O.V. Fidrozye izmeneniya serdechno-sosudistoy i dyhatel'noy sistem posle perenesennoy COVID-19: vklad faktorov immunnoy sistemy i geneticheskaya hredraspolozhennost' [Fibrosis in the cardiovascular and respiratory systems after COVID-19: a contribution of immune factors and genetic predisposition]. *Rossiyskiy kardiologicheskiy zhurnal*. 2020;25(10):214-20.
21. Xu Z., Shi L., Wang Y. et al. Pathological findings of COVID-19 associated with acute

- respiratory distress syndrome. *Lancet Respir. Med.* 2020;8(4):420-2. DOI:10.1016/S22132600(20)30076-X.
22. Trukhan D.I. Novaya koronovirusnaya infektsiya (COVID-19) i zabolеванием / patologicheskie sostoyaniya organov dyhaniya [New coronavirus infection (COVID-19) and kidney-urinary tract diseases / pathological conditions]. *Meditinskij sovet.* 2022;16(18):154-61.
23. Kupriyanov S.V., Semenova L.M., Bochkarev S.V. Principles of cardiorespiratory interaction in realization of chemo- and baroreflexes. *The New Armenian Medical Journal.* 2016;10(2):4-13.
24. Mo X., Jian W., S.Z., Chen M., Peng H., Peng P. et al. Abnormal Pulmonary Function in COVID-19 Patients at Time of Hospital Discharge. *Eur. Respir. J.* 2020;1.55(6). Article number: 2001217. DOI:10.1183/13993003.01217-2020.
25. Мжлен J.O., Mikalsen R., Heimdal H.J., Rehn M., Hagemo J.S., Ottestad W. Pre-hospital Critical Care Management of Severe Hypoxemia in Victims of COVID-19: A Case Series. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine.* 2021;29(1):1-5.
26. Karchevskaya N.A., Skorobogach I.M., Cherniak A.V., Migunova E.V., Leshchinskaya O.V., Kalmanova E.N. et al. Rezul'taty otdalennogo obsledovaniya patsientov posle COVID-19 [Long-term follow-up study of post-COVID-19 patients]. *Terapevticheskiy arhiv.* 2022;94(3):378-88.
27. Kryukov E.V., Savushkina O.I., Malashenko M.M., Cherniak A.V., Bobr I.A., Ismagilova R.R. Vliyanie kompleksnoy meditsinskoy reabilitatsii na funktsional'nye pokazateli sistemy dyhaniya i kachestvo zhizni u bol'nyh, perenesshih COVID-19 [Influence of complex medical rehabilitation on pulmonary function and quality of life in patients after COVID-19]. *Byulleten' fiziologii i patologii dyhaniya.* 2020;78:84-91.
28. Yao X.H., Li T.Y., He Z.C. et al. A pathological report of three COVID-19 cases by minimal invasive autopsies. *Zhonghua Bing Li Xue Za Zhi.* 2020; 49 (5): 411-7. DOI: 10.3760/cma.j.cn112151-20200312-00193.
29. Scaramuzzo G., Ronzoni L., Campo G. et al. Long-term dyspnea, regional ventilation distribution and peripheral lung function in COVID-19 survivors: a 1 year follow up study. *BMC Pulm. Med.* 2022;22:408. DOI: 10.1186/s12890-022-02214-5.
30. Abdullaeva G.B., Avdeev S.N., Fominykh E.V., Gordina GS, Mustafina MH. Otsenka otdel'nyh kliniko-funktsional'nyh izmeneniy u patsientov, perenesshih tyazholoe COVID-19-assotsirovannoe porazhenie legkikh [Assessment of long-term clinical and functional changes in patients recovering from severe COVID-19-associated lung damage]. *Pulmonologiya.* 2023;33(4):461-71.
31. Ibadov R.A., Sabirov D.M., Ibragimov SK.h., Burkhanov B.B., Ibadov R.R. Mehanika dyhaniya i gazoobmena pri ostrom respiratornom distress-sindrome, assotsirovannym s COVID-19 [Respiratory Mechanics and Gas Exchange in Acute Respiratory Distress Syndrome Associated with COVID-19]. *Obshchaya reanimatologiya.* 2022;18(5):24-31.
32. Chaudhuri S., Nileshwar A. "Happy hypoxia" of COVID-19: are we happy with our oxygen reserves? *Indian Journal of Respiratory Care.* 2020;9(2):131-3.
33. Nikulina A.V., Tuyzarova I.A., Shukanov R.A., Altynova N.V., Shukanov A.A. Analiz sostoyaniya serdechno-sosudistoy sistemy organizma v modeliruemyh uslsviyah [Analysis of the cardiovascular system in simulated conditions]. *Chelovek. Sport. Meditsina.* 2019;19(3):7-13.
34. Samoilov A.S., Nikonorov R.V., Pustovoit V.I., Klyuchnikov M.S. Primenenie metodiki analiza variabel'nosti serdechnogo ritma dlya opredeleniya individual'noy ustoichivosti k toksicheskому deystviyu kisloroda [Application of the heart rate variability analysis technique to determine individual resistance to the toxic effects of oxygen]. *Sportivnaya meditsina: nauka i praktika.* 2020;10(3):73-80.
35. Shrestha L., Lin M.J, Xie H., Mills M.G., Mohamed Bakhsh Sh.A, Gaur V.P. et al. Clinical Performance Characteristics of the Swift Normalase Amplicon Panel for Sensitive Recovery of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 Genomes. *Journal of Molecular Diagnostics.* 2022;24(9):963-76.

**Сведения об авторах**

**Куприянов Сергей Владиленович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии, Чувашский госуниверситет им. И.Н. Ульянова

ORCID ID: 0000-0002-5272-7397

SPIN-код: 1497-2367

E-mail: [kuper-sv@yandex.ru](mailto:kuper-sv@yandex.ru)

**Семёнова Людмила Михайловна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии, Чувашский госуниверситет им. И.Н. Ульянова

ORCID ID: 0000-0001-5029-7023

SPIN-код: 6746-4640

E-mail: [semenova-LM@yandex.ru](mailto:semenova-LM@yandex.ru)

**Бочкарев Сергей Викторович**, кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии, Чувашский госуниверситет им. И.Н. Ульянова

ORCID ID: 0000-0001-8774-689X

SPIN-код: 6016-0110

E-mail: [fiz84@ya.ru](mailto:fiz84@ya.ru)

**Николаев Евгений Львович**, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой социальной и клинической психологии, Чувашский госуниверситет им. И.Н. Ульянова

ORCID ID: 0000-0001-8976-715X

SPIN-код: 6574-0189

E-mail: [pzdorovie@bk.ru](mailto:pzdorovie@bk.ru)

**Журавлёва Надежда Владимировна**, кандидат медицинских наук, доцент кафедры поликлинической терапии, Чувашский госуниверситет им. И.Н. Ульянова

ORCID ID: 0000-0001-6470-7724

SPIN-код: 9314-2480

E-mail: [zhuravlevany@mail.ru](mailto:zhuravlevany@mail.ru)

**Жарылкасынова Гавхар Жанузаковна**, DSc, профессор, проректор Бухарского государственного медицинского института, Бухара, Узбекистан

ORCID ID: 0000-0002-9374-3887

SPIN-код: 2391-4767

E-mail: [gavhar72@inbox.ru](mailto:gavhar72@inbox.ru)

Адрес для корреспонденции

Куприянов Сергей Владиленович

доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии, Чувашский госуниверситет им. И.Н. Ульянова

428032, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Ленинградская, д. 14, кв. 35

Тел.: +7(917)672-36-09

E-mail: [kuper-sv@yandex.ru](mailto:kuper-sv@yandex.ru)

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

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования авторы не получали.

**Конфликт интересов:** отсутствует