

EDN: <https://elibrary.ru/vycmvk>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-3-200-205>

УДК 612.1/614.8

© Коллектив авторов, 2023

Шкарин В.В.¹, Латышевская Н.И.^{1,2}, Орлов Д.В.¹, Кудрин Р.А.¹, Робертус А.И.³, Куликов В.С.¹, Шестопалова Е.А.¹**Оценка системных гемодинамических изменений у медицинских работников ПЦР-лабораторий при использовании средств индивидуальной защиты**¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» Минздрава России, пл. Павших Борцов, 1, Волгоград, 400131;²ГБУ «Волгоградский медицинский научный центр», пл. Павших Борцов, 1, Волгоград, 400131;³ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России, ул. Островитянова, 1, Москва, 117997

В условиях пандемии COVID-19 клинично-диагностические лаборатории, проводящие тест на наличие коронавируса с использованием полимеразной цепной реакции (ПЦР), в большинстве случаев работают со значительной перегрузкой. Выполнение профессиональных обязанностей в этих условиях предъявляет к медицинскому персоналу особые требования. Прежде всего это касается параметров системной гемодинамики, как объективного критерия риска здоровью. Цель исследования — проведение анализа состояния системной гемодинамики у медицинских работников ПЦР-лабораторий при работе в условиях пандемии COVID-19 при использовании средств индивидуальной защиты от биологического фактора.

Исследование проводилось в зимний период года в ПЦР-лабораториях по диагностике новой коронавирусной инфекции. В группу наблюдения вошли 33 человека в возрасте 32,5±1,44 года и стажем работы в ПЦР-лаборатории 1–33 месяца. Оценивались ключевые параметры системной гемодинамики, вариабельность сердечного ритма и степень насыщения крови кислородом у сотрудников лабораторий. Измерения проводились в начале и конце рабочей смены. Выявлено достоверное повышение частоты сердечных сокращений (на 3,7%), минутного объема сердца (на 5,2%), потребления миокардом кислорода (на 5,6%) в конце рабочей смены по сравнению с её началом. Значения указанных параметров системной гемодинамики оставались в пределах нормы. При этом нарастание значений данных показателей свидетельствует о существенном напряжении саморегуляторных механизмов и развитии утомления.

При использовании средств индивидуальной защиты от биологического фактора повышается напряжение системных механизмов саморегуляции гемодинамики у медицинских работников ПЦР-лабораторий. Степень выраженности напряжения указанных механизмов существенно зависит от особенностей функционального состояния сердечно-сосудистой системы и вегетативного статуса. При этом необходимо физиолого-гигиеническое обоснование продолжительности периодов работы медицинских работников ПЦР-лабораторий при использовании различных видов средств индивидуальной защиты от биологического фактора, что аргументирует актуальность дальнейших исследований.

Ограничения исследования. Результаты настоящего исследования получены на сравнительно небольшой по объёму выборке. Поэтому для повышения её репрезентативности необходимо увеличение количества участников, что позволит нивелировать существующие ограничения.

Этика. Исследование проведено с соблюдением этических норм, изложенных в Хельсинкской декларации 1975 года с дополнениями 2008 года. Участники исследования подписывали форму «Информированного добровольного согласия на проведение исследования», разработанную в соответствии с требованиями локального этического комитета ФГБОУ ВО ВолГМУ Минздрава России.

Ключевые слова: системная гемодинамика; сатурация; биологический фактор; медицинский персонал; ПЦР-лаборатория по диагностике новой коронавирусной инфекции; COVID-19

Для цитирования: Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Орлов Д.В., Кудрин Р.А., Робертус А.И., Куликов В.С., Шестопалова Е.А. Оценка системных гемодинамических изменений у медицинских работников ПЦР-лабораторий при использовании средств индивидуальной защиты. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(3): 200–205. <https://elibrary.ru/vycmvk> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-3-200-205>

Для корреспонденции: Шестопалова Елена Львовна, доцент кафедры общей гигиены и экологии ФГБОУ ВО ВолГМУ Минздрава России. E-mail: Shestopalova.77@yandex.ru

Участие авторов:

Шкарин В.В. — концепция и дизайн исследования;

Латышевская Н.И. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование;

Орлов Д.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, редактирование;

Кудрин Р.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка данных, написание текста, редактирование;

Робертус А.И. — концепция и дизайн исследования, редактирование;

Куликов В.С. — сбор и обработка данных;

Шестопалова Е.А. — сбор и обработка данных.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 22.01.2023 / Дата принятия к печати: 26.01.2023 / Дата публикации: 20.03.2023

Vladimir V. Shkarin¹, Natalia I. Latyshevskaya^{1,2}, Dmitriy V. Orlov¹, Rodion A. Kudrin¹, Alexandra I. Robertus³, Vladimir S. Kulikov¹, Elena L. Shestopalova¹**Assessment of systemic hemodynamic changes in medical workers of PCR laboratories when using personal protective equipment**¹Volgograd State Medical University, 1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400131;²Volgograd Medical Research Center, 1, Pavshikh Bortsov Sq., Volgograd, 400131;³Pirogov Russian National Research Medical University, 1, Ostrovityanova St., Moscow, 117997

In the conditions of the COVID-19 pandemic, clinical diagnostic laboratories conducting a test for the presence of coronavirus using polymerase chain reaction (PCR), in most cases, work with significant overload. Performing professional duties in these conditions imposes special requirements on medical personnel. First of all, this concerns the parameters of systemic hemodynamics as an objective criterion of health risk.

The study aims to analyze the state of systemic hemodynamics in medical workers of PCR laboratories when working in the conditions of the COVID-19 pandemic when using personal protective equipment against a biological factor.

The researchers have conducted the study in the winter period of the year in PCR laboratories for the diagnosis of a new coronavirus infection. The observation group included 33 people aged 32.5 ± 1.44 years and 1–33 months of experience in the PCR laboratory. We have evaluated the key parameters of systemic hemodynamics, heart rate variability and the degree of oxygen saturation in the blood of laboratory staff. The authors have carried out measurements at the beginning and end of the work shift.

There was a significant increase in heart rate (by 3.7%), minute heart volume (by 5.2%), myocardial oxygen consumption (by 5.6%) at the end of the work shift compared with its beginning. The values of these parameters of systemic hemodynamics remained within the normal range. At the same time, the increase in the values of these indicators indicates a significant strain on self-regulatory mechanisms and the development of fatigue.

When using personal protective equipment against a biological factor, the tension of the systemic mechanisms of hemodynamic self-regulation in medical workers of PCR laboratories increases. The degree of severity of the tension of these mechanisms significantly depends on the features of the functional state of the cardiovascular system and vegetative status. At the same time, it is necessary to provide a physiological and hygienic justification for the duration of the periods of work of medical workers of PCR laboratories when using various types of personal protective equipment against a biological factor, which justifies the relevance of further research.

Limitations. The results of this study were obtained on a relatively small sample. Therefore, in order to increase its representativeness, it is necessary to increase the number of participants, which will allow leveling the existing restrictions.

Ethics. The study was conducted in compliance with the ethical standards set out in the Helsinki Declaration of 1975 with additions of 2008. The study participants signed a form of "Informed Voluntary consent to conduct a study", developed in accordance with the requirements of the local ethics committee of the Federal State Budgetary Educational Institution of the Volga State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation.

Keywords: systemic hemodynamics; saturation; biological factor; medical personnel; PCR laboratory for the diagnosis of new coronavirus infection; COVID-19

For citation: Shkarin V.V., Latyshevskaya N.I., Orlov D.V., Kudrin R.A., Robertus A.I., Kulikov V.S., Shestopalova E.L. Assessment of systemic hemodynamic changes in medical workers of PCR laboratories when using personal protective equipment. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(3): 200–205. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-3-200-205> <https://elibrary.ru/vycmvk> (in Russian)

For correspondence: Elena L. Shestopalova, Associate Professor of the Department of General Hygiene and Ecology of the Volga State Medical University, Ministry of Health, Russia. E-mail: Shestopalova.77@yandex.ru

Information about the authors: Shkarin V.V. <https://orcid.org/0000-0002-7520-7781>
 Latyshevskaya N.I. <https://orcid.org/0000-0002-8367-745X>
 Kudrin R.A. <https://orcid.org/0000-0002-0022-6742>
 Robertus A.I. <https://orcid.org/0000-0001-6589-5245>

Contribution:

Shkarin V.V. — research concept and design;
 Latyshevskaya N.I. — research concept and design, writing the text, editing;
 Orlov D.V. — research concept and design, data collection and processing, editing;
 Kudrin R.A. — research concept and design, data collection and processing, writing the text, editing;
 Robertus A.I. — research concept and design, editing;
 Kulikov V.S. — data collection and processing;
 Shestopalova E.L. — data collection and processing.

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

Received: 22.01.2023 / Accepted: 26.01.2023 / Published: 20.03.2023

В условиях пандемии COVID-19 клинико-диагностические лаборатории, проводящие тест на наличие коронавируса с использованием полимеразной цепной реакции (ПЦР) с обратной транскрипцией в реальном времени, в большинстве случаев работают со значительной перегрузкой [1]. Взрывной рост спроса на данный вид услуг связан со сложной эпидемиологической обстановкой и волнообразным изменением количества заболевших. При этом в соответствии с санитарными нормами и правилами, регламентирующими организацию работы лаборатории по диагностике SARS-CoV-2, медицинский персонал обязан использовать средства индивидуальной защиты (СИЗ) [2, 3], которые являются необходимой мерой профилактики профессиональных и профессионально обусловленных заболеваний [4, 5].

Тем не менее, на весьма высоком уровне сохраняется риск заражения сотрудников учреждений, имеющих собственные лаборатории, возбудителями острых респираторных инфекций, в том числе, вызванных коронавирусом (SARS-CoV-2) [4]. Кроме того, медицинский персонал во время рабочей смены испытывает нарушения теплообмена из-за использования СИЗ [6]. Это также повышает нагрузку на регуляторные механизмы жизнедеятельности и исполнительные органы [7].

Помимо этого, сотрудники ПЦР-лабораторий по диагностике новой коронавирусной инфекции испытывают на себе влияние таких производственных факторов, как сенсорные и эмоциональные перегрузки, вынужденная рабочая поза, нерациональный режим труда и отдыха, потенциальный риск контакта с возбудителем опасной инфекции при работе в «красной зоне» и др. [8–12]. Хронический стресс, вызванный указанными выше факторами, оказывает негативное воздействие, прежде всего, на сердечно-сосудистую и дыхательную системы, как основные компоненты жизнеобеспечения [13]. В связи с этим представляется актуальным в качестве объективного критерия

риска здоровью изучить состояние системной гемодинамики медицинского персонала ПЦР-лабораторий по диагностике COVID-19 в период пандемии при различных параметрах окружающей среды и физической нагрузки [14, 15].

Цель исследования — провести анализ состояния системной гемодинамики у медицинских работников ПЦР-лабораторий при работе в условиях пандемии COVID-19 при использовании средств индивидуальной защиты от биологического фактора.

Настоящее исследование проводилось в зимнее время на базах ПЦР-лабораторий по диагностике новой коронавирусной инфекции ГБУЗ «Городская детская поликлиника № 2» (г. Волжский, Россия), ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Волгоградской области» (г. Волгоград, Россия).

Для оценки состояния системной гемодинамики медицинского персонала лабораторий была сформирована группа наблюдения в количестве 33 человек. Возраст участников на момент включения в исследование составил в среднем $32,5 \pm 1,44$ года. В наблюдаемую группу вошли 27 женщин (81,8%) и 6 мужчин (18,2%). Стаж работы участников исследования в ПЦР-лаборатории составил от 1 до 33 месяцев.

В условиях реальной профессиональной деятельности оценивался гемодинамический профиль медицинского персонала лабораторий, включавший в себя комплекс наиболее информативных параметров системного кровообращения [16–20]:

- систолическое артериальное давление (САД, мм рт. ст.) и диастолическое артериальное давление (ДАД, мм рт. ст.) — с помощью электронного автоматического тонометра для измерения артериального давления методом Н.С. Короткова;
- частота сердечных сокращений (ЧСС, мин.⁻¹) — с помощью электронного автоматического тонометра и пульсоксиметра;
- пульсовое давление (ПД, мм рт. ст.) — по формуле $ПД = САД - ДАД$;
- среднее гемодинамическое артериальное давление (СрАД, мм рт. ст.) — по формуле $СрАД = ДАД + 0,427 \times ПД$, где ДАД — диастолическое артериальное давление, ПД — пульсовое давление [16];
- ударный объем сердца (УОС, мл) — по модифицированной в клинике формуле Старра $УОС = (90,97 + 0,54 \times ПД - 0,57 \times ДАД - 0,61 \times В) \times k$, где ПД — пульсовое давление, ДАД — диастолическое артериальное давление, В — возраст в годах, k — коэффициент, индивидуальный для каждого возрастного периода, полученный при сравнении инвазивного и расчётного УОС [17];
- минутный объем сердца (МОС, мл/мин.) — по формуле $МОС = УОС \times ЧСС$;
- общее периферическое сосудистое сопротивление (ОПСС, дин $\times$ с/см⁵) — по формуле $ОПСС = СрАД \times 1333 \times 60 / МОС$, где 1333 — коэффициент пересчёта мм рт. ст. в дин (1 мм рт. ст. = 1333 дин/см²), СрАД — среднее артериальное давление, МОС — минутный объем сердца [18];
- потребление миокардом кислорода — по формуле $ПМК$ (усл. ед.) = САД $\times$ ЧСС, где САД — систолическое артериальное давление, ЧСС — частота сердечных сокращений; нормальное значение ПМК = до 12 тыс. усл. ед. [19, 20].

Также оценивались параметры variability сердечного ритма [21]:

- NN (мс) — средняя продолжительность интервалов R–R;
- SDNN (мс) — стандартное отклонение величин интервалов R–R;
- ИН (усл. ед.) — индекс напряжения регуляторных систем;
- СИМ (усл. ед.) — индекс активности симпатического отдела вегетативной нервной системы;
- ПАР (усл. ед.) — индекс активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Кроме того, измерялись показатели системы крови: SpO_2 (%) — показатель насыщения артериальной крови кислородом, измеренный неинвазивным способом.

Все измерения проводились дважды: в начале рабочей смены и по её окончании, которая длилась 5 часов без перерыва на обед в связи с производственной необходимостью. С целью валидации получаемых данных измерения ЧСС проводились два раза с использованием двух видов приборов: автоматический тонометр *Omron M3 Basic* (*Omron Matsusaka Co. Ltd.*, Япония) и пульсоксиметр Элокс-01М (ЗАО Инженерно-медицинский центр «Новые Приборы», Россия). Различия в полученных значениях не превышали ± 2 уд./мин.

Все полученные данные обработаны вариационно-статистическим методом с вычислением: 1) средних величин (M), среднеквадратического отклонения ($\pm \sigma$), 95% доверительного интервала (95% ДИ) для выборок с нормальным распределением; 2) медианы (Me), нижнего и верхнего квартилей (или 25% и 75% перцентилей) для выборок ненормальным распределением. Проверка распределения выборки на нормальность проводилась с помощью критерия Шапиро–Уилка (при $n < 50$). Достоверность различий между выборками определялась по t -критерию Стьюдента для параметров системной гемодинамики (распределение не отличалось от нормального) и U -критерию Манна–Уитни — для параметров вегетативного статуса и насыщения артериальной крови кислородом (распределение отличалось от нормального) [22]¹.

Участниками данного исследования были врачи-лаборанты и фельдшеры-лаборанты. Их функциональные обязанности во время смены в ПЦР-лабораториях по диагностике COVID-19 включали в себя: 1) работу в «грязной» зоне боксов (работа с пробам и реактивами); 2) работу в «чистой» зоне за компьютером. Указанные операции выполнял один и тот же сотрудник, перемещаясь между зонами лаборатории. Все манипуляции проводились в положении сидя или стоя с незначительным физическим напряжением (категория работ по энерготратам — Ia).

В соответствии с требованиями СП 1.3.3118-13 медицинский персонал ПЦР-лабораторий по диагностике новой коронавирусной инфекции выполнял свои функциональные обязанности, используя СИЗ от биологического фактора [23]. Участники исследования во время работы использовали костюм защитный медицинский нестерильный ТУ 32.50.50-001-0182609432-2020 (регистрационное удостоверение № РЗН 2020/11730), в том числе комбинезон, шапочку, бахилы, перчатки. Кроме того, применялись респиратор медицинский защитный фильтрующий из нетканых материалов 3-го класса защиты (FPP3) и защитные герметичные очки. Комбинезон надевался поверх

¹ Букушева А.В. Статистическая обработка данных в *Gnumeric*: учебное пособие. Саратов; 2015.

хирургического костюма, выполненного из хлопчатобумажной ткани.

В **таблице** приведены результаты исследования параметров системной гемодинамики сотрудников ПЦР-лабораторий до и после рабочей смены.

Как следует из **таблицы**, среднее значение частоты сердечных сокращений в покое до рабочей смены было $76,5 \pm 6,46$ мин.⁻¹. После рабочей смены значение данного показателя оказалось выше, составив $79,4 \pm 6,75$ мин.⁻¹. Различия по указанному параметру были статистически значимы ($p=0,025$). Значения частоты сердечных сокращений до и после рабочей смены находятся в пределах нормы для взрослого здорового человека ($60-90$ мин.⁻¹). Вместе с тем, отмечается возрастание нагрузки на сердечно-сосудистую систему, связанное с осуществлением профессиональной деятельности. Саморегуляторной реакцией в данном случае является увеличение частоты сердечных сокращений, что объясняется отсутствием рабочей гипертрофии миокарда у большинства сотрудников лабораторий.

Среднее значение минутного объема сердца до рабочей смены было $3834,4 \pm 660,94$ мл/мин. При этом после рабочей смены значение данного показателя оказалось выше, достигнув $4044,4 \pm 805,72$ мл/мин. Различия между выборками по указанному параметру были статистически значимы ($p=0,027$). Значения минутного объема сердца до и после рабочей смены находятся в пределах нормы для взрослого здорового человека ($3500-5000$ мл/мин.). Тем не менее, отмечается увеличение нагрузки на системную гемодинамику, обусловленное выполнением профессиональных обязанностей. Нарастание минутного объема сердца происходит за счёт повышения частоты сердечных сокращений при отсутствии значимого увеличения ударного объема сердца.

Среднее значение потребления миокардом кислорода в покое до рабочей смены было $9198,1 \pm 198,79$ усл. ед. После рабочей смены значение данного показателя оказалось выше, составив $9747,7 \pm 298,21$ усл. ед. Различия по указанному параметру гемодинамики были статистически значимы ($p=0,026$). Значения потребления миокардом кислорода до и после рабочей смены находятся в пределах нормы для взрослого здорового человека (до 12 тыс. усл. ед.).

Вместе с тем, отмечается усиление нагрузки на сердце, связанное с выполнением должностных обязанностей. Саморегуляторной реакцией здесь является повышенный уровень метаболических процессов, сопровождаемый увеличением потребления миокардом кислорода.

По параметрам вегетативного статуса значимые различия между сравниваемыми выборками отсутствовали. Вместе с тем значение медианы насыщения артериальной крови кислородом в покое до рабочей смены было $98,2\%$ (межквартильный интервал $98-99\%$). После рабочей смены значение данного показателя оказалось на $0,9\%$ ниже, составив $97,3 \pm 0,38\%$ (межквартильный интервал $97-98\%$). Различия по указанному параметру были статистически значимы. Значения насыщения артериальной крови кислородом до и после рабочей смены находятся в пределах нормы для взрослого здорового человека ($96-98\%$). Вместе с тем, отмечается закономерное снижение сатурации, связанное с повышенной утилизацией кислорода функционально активными системами (прежде всего, сердечно-сосудистой и мышечной) в связи с осуществлением профессиональной деятельности. Компенсаторной реакцией в данном случае является увеличение частоты сердечных сокращений и, как следствие, минутного объема сердца.

Таким образом, в течение 5-часовой рабочей смены у медицинского персонала лабораторий отмечается умеренный рост ключевых показателей системной гемодинамики. В частности, в результате выполнения профессиональных обязанностей минутный объем сердца после рабочей смены повышается на $5,2\%$ в основном за счёт нарастания частоты сердечных сокращений. При этом частота сердечных сокращений после рабочей смены увеличивается на $3,7\%$. Потребление же миокардом кислорода в конце рабочей смены повышается на $5,6\%$, а уровень сатурации при этом снижается на $0,9\%$. Указанные показатели гемодинамики и системы крови остаются в пределах нормы, что свидетельствует о соблюдении гигиенических требований, предъявляемых к персоналу клинично-диагностических лабораторий. Вместе с тем нарастание значений этих параметров системного кровообращения свидетельствует о повышении напряжения саморегуляторных механизмов и развитии утомления.

Таблица / Table

Параметры системной гемодинамики до и после рабочей смены у сотрудников ПЦР-лабораторий по диагностике COVID-19

Parameters of systemic hemodynamics before and after the work shift of employees of PCR laboratories for the diagnosis of COVID-19

Параметры системной гемодинамики	До рабочей смены ($n=33$) $M \pm \sigma$	После рабочей смены ($n=33$) $M \pm \sigma$	$t_{\text{эмп.}}$	ткр. (для $p \leq 0,05$)
САД, мм рт. ст.	$120,2 \pm 10,23$	$122,3 \pm 14,83$	1,21	2,03
ДАД, мм рт. ст.	$76,8 \pm 8,95$	$77,2 \pm 10,58$	0,30	2,03
ПД, мм рт. ст.	$43,4 \pm 6,23$	$45,1 \pm 9,48$	1,11	2,03
СрАД, мм рт. ст.	$95,4 \pm 1,57$	$96,4 \pm 2,03$	0,91	2,03
ЧСС, мин. ⁻¹	$76,5 \pm 6,46^*$	$79,4 \pm 6,75$	2,04	2,03
УОС, мл	$50,3 \pm 9,14$	$51,1 \pm 9,96$	0,63	2,03
МОС, мл/мин.	$3834,4 \pm 660,94^*$	$4044,4 \pm 805,72$	2,04	2,03
ОПСС, дин $\times$ с/см ⁵	$2070,8 \pm 91,1$	$2002,7 \pm 98,91$	1,07	2,03
ПМК, усл. ед.	$9198,1 \pm 198,79^*$	$9747,7 \pm 298,21$	2,33	2,03

Примечание: * — значимые различия при $p \leq 0,05$.

Note: * — significant differences at $p \leq 0.05$.

Более продолжительная работа медицинского персонала ПЦР-лабораторий в СИЗ от биологического фактора, по-нашему мнению, приведёт к формированию выраженной профессиональной усталости, а, следовательно, к снижению качества работы.

Заключение. Анализ результатов настоящего исследования и данных научной литературы позволяет сделать вывод о том, что характер труда в ПЦР-лаборатории, в том числе работа с использованием средств индивидуальной защиты от биологического фактора, приводит к

напряжению механизмов саморегуляции системной гемодинамики. Степень выраженности напряжения указанных механизмов существенно зависит от особенностей функционального состояния сердечно-сосудистой системы и вегетативного статуса медицинских работников. В этой связи необходимо физиолого-гигиеническое обоснование продолжительности пребывания медицинских работников ПЦР-лабораторий в «красной зоне» в средствах индивидуальной защиты от биологического фактора, что аргументирует актуальность дальнейших исследований.

Список литературы

1. Танышина О.В., Вечорко В.И., Женина Е.А. Работа медицинских сестер столичного многопрофильного стационара в условиях борьбы с пандемией COVID-19. *Профилактическая медицина*. 2020; 23(8): 19–23.
2. Санитарно-эпидемиологические правила 1.3.3118-13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)».
3. Санитарно-эпидемиологические правила СП 3.1.3597-20 «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)».
4. Повышение эффективности индивидуальной защиты органов дыхания работников медицинских организаций: учебно-методическое пособие. Под общей редакцией канд. мед. наук И.А. Умнягиной. Н. Новгород: Изд-во «Ремедиум Приволжье»; 2020.
5. *An employers' guide on managing your workplace during COVID-19*. International Labour Organization. 2020.
6. Шкарин В.В., Латышевская Н.И., Орлов Д.В., Беляева А.В. Гигиеническая оценка риска нарушения теплового состояния при использовании СИЗ от биологического фактора медицинскими работниками ПЦР-лаборатории. *Здоровье населения и среда обитания*. 2021; 9.
7. Коныхов А.В. Особенности теплового состояния медицинских работников при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(11): 801–3.
8. Вазенина А.А., Транковская Л.В., Анищенко Е.Б. Условия труда работников испытательного лабораторного центра учреждения Роспотребнадзора. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(4): 418–23.
9. Ненахов И.Г., Стёпкин Ю.И., Механтьева Л.Е. Комплексная оценка условий трудового процесса сотрудников испытательных лабораторных центров. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(8): 721–8.
10. Бадамшина Г.Г., Зиягудинов В.Б., Фатхутдинова Л.М. Актуальные вопросы оценки условий труда медицинских работников по уровню биологического фактора. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(9): 551.
11. Панков В.А., Лахман О.А., Кулешова М.В., Рукавишников В.С. Эмоциональное выгорание у медицинских работников в условиях работы в экстремальных ситуациях. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(10): 1034–41. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1034-1041>
12. Ненахов И.Г., Степкин Ю.И., Механтьева Л.Е. Комплексная оценка условий трудового процесса сотрудников испытательных лабораторных центров. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(8): 721–6.
13. Евлахов В.И., Поясов И.З., Овсянников В.И. Механизмы взаимодействия сердечно-сосудистой и дыхательной систем. *Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова*. 2020; 106(2): 189–204.
14. Хабибулина И.З., Шамратова А.Р., Садыкова Л.З., Шамратова В.Г., Каюмова А.Ф. Связи психоэмоционального состояния студентов с физической выносливостью и показателями деятельности сердечно-сосудистой и дыхательной систем. *Современные проблемы науки и образования*. 2020; 3: 110.
15. Ванюшин Ю.С., Фёдоров Н.А., Кузнецова Н.О. Функциональное взаимодействие сердечно-сосудистой и дыхательной систем при тестирующих нагрузках. *Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта*. 2020; 15(1): 169–75.
16. Иванов Ю.И., Погорелюк О.Н. Статистическая обработка результатов медико-биологических исследований на микрокалькуляторах по программам. М.: Медицина, 1990.
17. Заболотских И.Б., Станченко И.А., Скопец А.А. Способ определения ударного объёма сердца: Патент 2186520, Российская Федерация: МКИ 7 А 61 В 5/029. Заявлено 04.12.2000. Опубликовано 10.08.2002. Бюл. № 22.
18. Савицкий Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. Л.: Медицина; 1974.
19. Бураковский В.И., Бокерия Л.А. Сердечно-сосудистая хирургия. М.: Медицина; 1989.
20. Waller J.L., Kaplan J.A., Jones E.L. *Anesthesia for coronary revascularization. Cardiac anesthesia*. Ed. J.A. Kaplan. New York; 1979: 231–80.
21. Михайлов В.М. *Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода*. Иваново; 2000.
22. Марапов Д.И., Закиров И.К., Исхандаров И.Р. *Медицинская статистика. Сайт для аспирантов и молодых учёных, врачей-специалистов и организаторов, студентов и преподавателей*. 2013. <https://medstatistic.ru> (дата обращения: 04.08.2021).
23. Постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 ноября 2013 года № 64 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 1.3.3118-13 «Безопасность работы с микроорганизмами I–II групп патогенности (опасности)»».

References

1. Tanshina O.V., Vechorko V.I., Zhenina E.A. The work of nurses of the capital's multidisciplinary hospital in the context of combating the COVID-19 pandemic. *Profilakticheskaya meditsina*. 2020; 23(8): 19–23.
2. Sanitary and epidemiological rules 1.3.3118-13 "Safety of work with microorganisms of groups I–II of pathogenicity (danger)".
3. Sanitary and epidemiological rules of SP 3.1.3597-20 "Prevention of new coronavirus infection (COVID-19)".
4. *Improving the effectiveness of individual respiratory protection of medical workers: an educational and methodological guide. Under the general editorship of the Candidate of Medical Sciences I.A. Umnyagina*. N. Novgorod: Publishing house "Remedium Privolzhye", N. Novgorod; 2020 (in Russian).
5. *An employers' guide on managing your workplace during COVID-19*. International Labour Organization. 2020 (in Russian).

6. Shkarin V.V., Latyshevskaya N.I., Orlov D.V., Belyayeva A.V. Hygienic assessment of the risk of violation of the thermal state when using PPE from a biological factor by medical workers of the PCR laboratory. *Zdorovye naseleniya i sreda obitaniya*. 2021; 9.
7. Konyukhov A.V. Features of the thermal condition of medical workers when using personal protective equipment against biological factors. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(11): 801–3.
8. Vazhenina A.A., Trankovskaya L.V., Anishchenko E.B. Working conditions of employees of the testing laboratory center of the Rospotrebnadzor institution. *Gigiena i sanitariya*. 2019; 98(4): 418–23.
9. Nenakhov I.G., Stepkin Yu.I., Mekhant'eva L.E. Comprehensive assessment of the working conditions of employees of testing laboratory centers. *Gigiena i sanitariya*. 2018; 97(8): 721–8.
10. Badamshina G.G., Ziatdinov V.B., Fatkhutdinova L.M. Actual issues of assessing the working conditions of medical workers by the level of biological factor. *Medsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(9): 551–1.
11. Pankov V.A., Lakhman O.L., Kuleshova M.V., Rukavishnikov V.S. Emotional burnout among medical workers in working conditions in extreme situations. *Gigiena i sanitariya*. 2020; 99(10): 1034–41. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1034-1041> (in Russian).
12. Nenakhov I.G., Stepkin Yu.I., Mekhant'eva L.E. Comprehensive assessment of the working conditions among the employees of testing laboratory centers. *Gigiena i sanitariya*. 2018; 97(8): 721–6 (in Russian).
13. Evlakhov V.I., Poyasov I.Z., Ovsyannikov V.I. Mechanisms of the cardiovascular and respiratory systems interaction. *Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2020; 106(2): 189–204 (in Russian).
14. Khabibullina I.Z., Shamratova A.R., Sadykova L.Z., Shamratova V.G., Kayumova A.F. Connections of students' psychoemotional state with physical endurance and performance indicators of the cardiovascular and respiratory systems. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2020; 3: 110 (in Russian).
15. Vanyushin Yu.S., Fedorov N.A., Kuznetsova N.O. Functional interaction of the cardiovascular and respiratory systems under testing loads. *Pedagogiko-psikhologicheskie i mediko-biologicheskie problemy fizicheskoy kul'tury i sporta*. 2020; 15(1): 169–75 (in Russian).
16. Ivanov Yu.I., Pogorelyuk O.N. *Statistical processing of the results of biomedical research on microcalculators according to programs*. M.: Meditsina; 1990 (in Russian).
17. Patent 2186520, MKI 7 A 61 V 5/029 Method for determining the stroke volume of the heart: I.B. Zabolotskikh, I.A. Stanchenko, A.A. Skopets (RF). Zayavleno 04.12.2000. Opublikovano 10.08.2002. Byul. № 22 (in Russian).
18. Savitskiy N.N. *Biophysical foundations of blood circulation and clinical methods of hemodynamics studying*. L.: Meditsina, 1974 (in Russian).
19. Burakovskiy V.I., Bokeriya L.A. *Cardiovascular surgery*. M.: Meditsina, 1989. 750 s (in Russian).
20. Waller J.L., Kaplan J.A., Jones E.L. *Anesthesia for coronary revascularization. Cardiac anesthesia*. Ed. J. A. Kaplan. New York. 1979: 231–80.
21. Mikhaylov V.M. *Heart rate variability. Experience of practical application of the method*. Ivanovo, 2000 (in Russian).
22. Marapov D.I., Zakirov I.K., Iskandarov I.R. *Medical statistics. Website for graduate students and young scientists, medical specialists and organizers, students and teachers*. 2013. <https://medstatistic.ru> (data obrashcheniya: 04.08.2021) (in Russian).
23. Postanovlenie glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha Rossiyskoy Federatsii ot 28 noyabrya 2013 goda № 64 "On approval of sanitary and epidemiological rules of SP 1.3.3118-13 "Safety of work with microorganisms of pathogenicity groups I–II» (in Russian).