

EDN: <https://elibrary.ru/uwhdoh>

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-5-300-307>

УДК 612.766.1:613.6

© Коллектив авторов, 2023

Бухтияров И.В.^{1,2}, Зайцева А.В.¹, Сериков В.В.¹, Юшкова О.И.¹, Капустина А.В.¹, Форверц А.Ю.¹

Обоснование методики физиологической оценки функционального состояния медицинского персонала во время COVID-19

¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, 105275;

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский Университет), ул. Большая Пироговская, 2/4, Москва, 119991

Введение. Работа медицинского персонала в экстремальных условиях пандемии COVID-19 связана с воздействием нервно-эмоциональной напряжённости труда, высоких зрительных нагрузок, что способствует формированию утомления и переутомления и требует внимания физиологов труда.

Цель исследования — обосновать методику физиологической оценки функционального утомления медицинских работников при трудовой деятельности в ковидном госпитале для определения продолжительности периодов работы в условиях пандемии.

Материалы и методы. Комплексные физиолого-гигиенические исследования медицинского персонала ковидного госпиталя в течение 6 месяцев работы были направлены на физиологическое исследование состояния сердечно-сосудистой системы с изучением особенностей реагирования на стрессовые нагрузки (регистрация ЭКГ на 12-канальный электрокардиограф и непрерывно с помощью холтеровского мониторинга, определение вегетативного индекса Кердо и коэффициента выносливости Кваса), изучение психологического состояния, гигиеническую оценку напряжённости трудового процесса. Изучено физиологическое состояние центральной нервной системы и зрительного анализатора по общепринятым методикам. Исследованы особенности нейрогуморальной регуляции (основного медиатора стресс-реализующей системы — кортизола) у медицинских работников. Всего проведено 1728 замеров психофизиологических показателей. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью статистических программ Statistica 10, Microsoft Excel 2010.

Результаты. Исследованиями установлено, что показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы, отражая степень адаптации организма медицинских работников к производственной деятельности, могут быть использованы для определения физиологически обоснованных сроков работы в условиях пандемии, дальнейшего накопления научных данных и оценки рисков у медицинских работников. После 4 месяцев работы в лечебных организациях с COVID-19 формирование неблагоприятного функционального состояния у медицинского персонала находит отражение в изменениях показателей ЭКГ и системного артериального давления, возрастании показателя детренированности сердечно-сосудистой системы, преобладании симпатических влияний.

Ограничения исследования. Имеются количественные ограничения, обусловленные числом медицинского персонала ковидного госпиталя.

Выводы. Выраженные нагрузки на зрительный анализатор при наблюдении за экранами видеотерминалов на фоне нервно-эмоциональной напряжённости труда являются ведущими профессиональными факторами и определяют формирование функционального состояния переутомления (3 степени) у медицинского персонала ковидного госпиталя.

Этика. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (протокол № 4 от 14.04.2021 г.).

Ключевые слова: медицинские работники; пандемия COVID-19; зрительные нагрузки; нервно-эмоциональная напряжённость труда; физиологические сдвиги; профилактика переутомления

Для цитирования: Бухтияров И.В., Зайцева А.В., Сериков В.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Форверц А.Ю. Обоснование методики физиологической оценки функционального состояния медицинского персонала во время COVID-19. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(5): 300–307. <https://elibrary.ru/uwhdoh> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-5-300-307>

Для корреспонденции: Зайцева Анна Васильевна, соискатель ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова». E-mail: nnnnnuta@yandex.ru

Участие авторов:

Бухтияров И.В. — концепция и дизайн исследования;

Зайцева А.В. — сбор и обработка данных, написание текста;

Сериков В.В. — концепция и дизайн исследования;

Юшкова О.И. — написание текста, редактирование;

Капустина А.В. — сбор и обработка данных, анализ материала по медицинскому персоналу;

Форверц А.Ю. — редактирование.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Дата поступления: 07.04.2023 / Дата принятия к печати: 12.04.2023 / Дата публикации: 05.05.2023

Igor V. Bukhtiyarov^{1,2}, Anna V. Zaitseva¹, Vasily V. Serikov¹, Olga I. Yushkova¹, Angelina V. Kapustina¹, Anna Yu. Forwerts¹
Substantiation of the methodology of physiological assessment of the functional state of medical personnel during COVID-19 pandemic

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave, Moscow, 105275;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), 2/4, Bolshaya Pirogovskaya St., Moscow, 119991

Introduction. The work of medical personnel in the extreme conditions of the COVID-19 pandemic is related to the impact of nervous and emotional labor tension, high visual loads, which contributes to the formation of fatigue and overwork and requires the attention of labor physiologists.

The study aims to substantiate the methodology of physiological assessment of functional fatigue of medical workers during work in a covid hospital to determine the duration of periods of work in a pandemic.

Materials and methods. Comprehensive physiological and hygienic studies of the medical staff of the covid hospital during 6 months of work were aimed at a physiological study of the state of the cardiovascular system with the study of the characteristics of the response to stress loads (ECG registration on a 12-channel electrocardiograph and continuously using Holter monitoring, determination of the vegetative Kerdo index and Kvass endurance coefficient), the study of psychological conditions, hygienic assessment of the intensity of the labor process. The researchers have studied the physiological state of the central nervous system and the visual analyzer according to generally accepted methods. The authors have studied the features of neurohumoral regulation (the main mediator of the stress-implementing system — cortisol) in medical workers. We have carried out a total of 1728 measurements of psychophysiological indicators. The scientists carried out statistical data processing of the received data using statistical programs Statistika 10, Microsoft Excel 2010.

Results. The researchers found that indicators of the functional state of the cardiovascular system, reflecting the degree of adaptation of the body of medical workers to industrial activity, can be used to determine physiologically justified work periods in a pandemic, further accumulation of scientific data and risk assessment of medical workers. After four months of work in medical organizations with COVID-19, the formation of an unfavorable functional state in medical personnel is reflected in changes in ECG and systemic blood pressure, increased detrenability of the cardiovascular system, the predominance of sympathetic influences.

Limitations. There are quantitative restrictions due to the number of medical staff of the hospital with COVID-19.

Conclusion. *Pronounced loads on the visual analyzer when watching video terminal screens against the background of nervous and emotional labor tension are the leading professional factors and determine the formation of the functional state of overwork (third degree) in the medical staff of the hospital with COVID-19.*

Ethics. The study was approved by the Local Ethics Committee of the Izmerov Research Institute of Occupational Health (Protocol No. 4 of 04/14/2021).

Keywords: *medical workers; pandemic COVID-19; visual loads; nervous and emotional tension of work; physiological shifts; prevention of overwork*

For citation: Bukhtiyarov I.V., Zaitseva A.V., Serikov V.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Forverts A.Yu. Substantiation of the methodology of physiological assessment of the functional state of medical personnel during COVID-19. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(5): 300–307. <https://elibrary.ru/uwhdoh> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-5-300-307> (in Russian)

For correspondence: Anna V. Zaitseva, the applicant of Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: nnnnnuta@yandex.ru

Information about the authors: Bukhtiyarov I.V. <https://orcid.org/0000-0002-8317-2718>

Zaitseva A.V. <https://orcid.org/0000-0003-3372-9925>

Serikov V.V. <https://orcid.org/0000-0001-7523-4686>

Yushkova O.I. <https://orcid.org/0000-0002-6704-3537>

Kapustina A.V. <https://orcid.org/0000-0001-8631-0074>

Forverts A.Yu. <https://orcid.org/0000-0002-3485-5221>

Contribution:

Bukhtiyarov I.V. — concept and design of the study;

Zaitseva A.V. — data collection and processing, text writing;

Serikov V.V. — concept and design of the study;

Yushkova O.I. — writing, editing;

Kapustina A.V. — data collection and processing, analysis of material on medical personnel;

Forverts A.Yu. — editing.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 07.04.2023 / Accepted: 12.04.2023 / Published: 05.05.2023

Введение. В современных условиях изменился характер деятельности врачей и медицинских сестёр лечебных организаций, что может привести к формированию утомления, переутомления, развитию производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний [1]. Высокая нервно-эмоциональная напряжённость труда, характерная для труда медицинских работников возрастает при воздействии экстремальных условий, к которым можно отнести эпидемии и пандемии, в частности пандемию COVID-19.

Как отмечает группа авторов [2, 3] при воздействии экстремальных внешнесредовых факторов, связанных с распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19), высока вероятность заражения самих медицинских работников. Чувство (осознания) повышенного риска для здоровья, страх за собственную жизнь и благополучие близких родственников может приводить к формированию высокого уровня нервно-эмоционального напря-

жения, развитию перенапряжения и производственно-обусловленных заболеваний у медицинских работников [4–7].

Достаточный объём исследований медицинского персонала в условиях COVID-19, как правило, посвящён вопросам организации медицинской помощи в период, последовавший за первой волной вирусной инфекции [8, 9]. Отмечается возможность развития неблагоприятного психофизиологического функционального состояния эмоционального выгорания у медицинских сестёр и врачей в экстремальных условиях пандемии, сопровождающей труд медицинского персонала [10]. Однако особенности физиологических реакций организма работников, глубина и время наступления неблагоприятных сдвигов функционального состояния у медицинского персонала, работающих в организациях с COVID-19, в полной мере не изучались, что и явилось предметом исследований.

Цель исследования — обосновать методику физиологической оценки функционального утомления

медицинского персонала при трудовой деятельности в ковидном госпитале для определения продолжительности периодов работы в условиях пандемии.

Материалы и методы. В производственных исследованиях использованы методы определения основных показателей функционального состояния организма медицинских работников в динамике 6 месяцев исследований (до и после пребывания в «красной зоне») по характеристикам центральной нервной системы и высших психических функций (внимание, мнестическая деятельность, скорость восприятия и переработки информации), и по показателям вегетативного обеспечения организма. Использовалась регистрация показателей ЭКГ (12-канальный электрокардиограф и непрерывно с помощью холтеровского мониторирования) для оценки длительности интервалов (сек), вольтажа зубцов (мВ), частоты сердечных сокращений — ЧСС (уд/мин), рассчитывался коэффициент выносливости (КВ) по формуле Кваса и вегетативный индекс Кердо (ВИК) [11]. Оценка особенностей нейрогуморальной регуляции у медицинских работников ковидного госпиталя проводилась по содержанию основного медиатора стресс-реализующей системы — кортизола в крови медработников. Психологические исследования включали оценку психологического статуса по методике дифференцированной оценки состояний сниженной работоспособности (ДОРС), ситуационной тревожности по тесту Спилбергера, уровня депрессии В. Зунга.

Основной состав обследованного медицинского персонала (врачи, медицинские сестры, работающие по Стандарту ковидного госпиталя) был представлен лицами в возрасте $31,09 \pm 1,76$ года стажем работы $9,32 \pm 1,57$ года, всего 37 человек. Контрольная группа включала 35 человек аналогичного возраста ($32,25 \pm 2,08$ года) и стажа ($10,97 \pm 1,79$ года). Всего обследовано 72 человека, проведено 1728 замера психофизиологических показателей.

Профессиографический анализ трудовой деятельности медицинских работников включал определение степени напряжённости труда (НТ) [12].

Статическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью статистических программ *Statistica 10*, *Microsoft Excel 2010* с использованием адекватных методов статистического анализа.

Результаты. На основе обобщения материалов производственных психофизиологических исследований проанализированы особенности формирования переутомления у медицинских работников, определены показатели функционального состояния, которые могут быть использованы для обоснования физиологически обоснованных сроков работы в условиях пандемии (не более 4 месяцев) и оценки рисков нарушений здоровья у медицинского персонала. К таким профессиографическим показателям у медицинского персонала относится высокая нагрузка рабочего времени (93,75%), напряжённость трудового процесса, соответствующая вредному классу 3.3, обусловленная значительными зрительными нагрузками по показателю «наблюдение за экранами видеотерминалов», эмоциональными нагрузками и неблагоприятным сменным режимом работы. Общее время работы с дисплеем составило у медицинского персонала ковидного госпиталя 5 часов 20 минут (класс НТ 3.2). Повышенные нервно-эмоциональные нагрузки у медицинского персонала ковидного госпиталя обусловлены частыми стрессовыми воздействиями (срочный вызов к больному), работой в сменном режиме, необходимостью быстро принимать

решения, от которых зависит жизнь больного человека. Оценка гигиенических факторов, характера и структуры деятельности проводилась в соответствии с требованиями санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21¹ и Руководства Р 2.2.2006-05» [12]. Условия труда в помещениях ковидного госпиталя по уровню выраженности факторов производственной среды (шум) относились к категории допустимых, напряжённость труда соответствовала вредному 3 классу 3 степени. Вирус SARS-CoV-2 в соответствии с санитарным законодательством² РФ отнесён ко II группе патогенности, класс условий труда на рабочих местах работников ковидного госпиталя по биологическому фактору относится классу условий труда 3.3. Общая гигиеническая оценка условий труда соответствует 3 вредному классу 4 степени.

Определены психофизиологические показатели, которые могут быть использованы для оценки функционального состояния медицинского персонала ковидного госпиталя.

По результатам психологических исследований установлены статистически достоверные различия между показателями: утомления и стресса во время 2-х и 4-х месяцев работы; утомления и пресыщения во время 6 месяца работы у медицинского персонала ковидного госпиталя и контрольной группы (*рисунк*). Кумуляция утомления, которая приводит к формированию переутомления, нашла отражение в помесечной динамике исследуемых психологических показателей (ДОРС).

Сопоставление результатов оценки стадийности изменений психического статуса по показателям ДОРС с изменениями физиологических реакций организма позволяет выявить особенности физиологических затрат (физиологической стоимости) при работе медицинского персонала в новых условиях деятельности.

Высоконапряжённая работа медицинского персонала с повышенным уровнем активности и мобилизации систем организма в часы дежурства существенно и негативно отражается на функциональном их состоянии, в частности на повышении или снижении активности функций, что может привести к развитию перенапряжения или переутомления. Это подтверждается результатами исследований функционального состояния сердечно-сосудистой системы у медицинского персонала в процессе выполнения продолжительных периодов работы в «красной зоне» (6 часов). Установлено, что среднесменные уровни системного артериального давления (АД) достоверно возрастают после 4 месяцев работы, при этом абсолютные значения систолического и диастолического АД превышают физиологические нормируемые значения для данной возрастной группы (30–40 лет).

По данным исследований, достоверное учащение сердечных сокращений во время работы ($с\ 71,77 \pm 1,50$ до $89,51 \pm 1,22$ уд/мин) в течение всего периода 6-месячной работы в «красной зоне» превышало верхнюю границу

¹ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и(или) безвредности для человека факторов среды обитания» (зарегистрирован 29.01.2021 г. № 62296). <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400174954/>

² Санитарно-эпидемиологические правила СП 3.1.3597-20 «Профилактика новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» (утв. Главным санитарным врачом РФ 22.05.2020 г. Зарегистрировано в Минюсте 26.05.2020 г. № 58465), с изменениями от 13 ноября 2020 г.

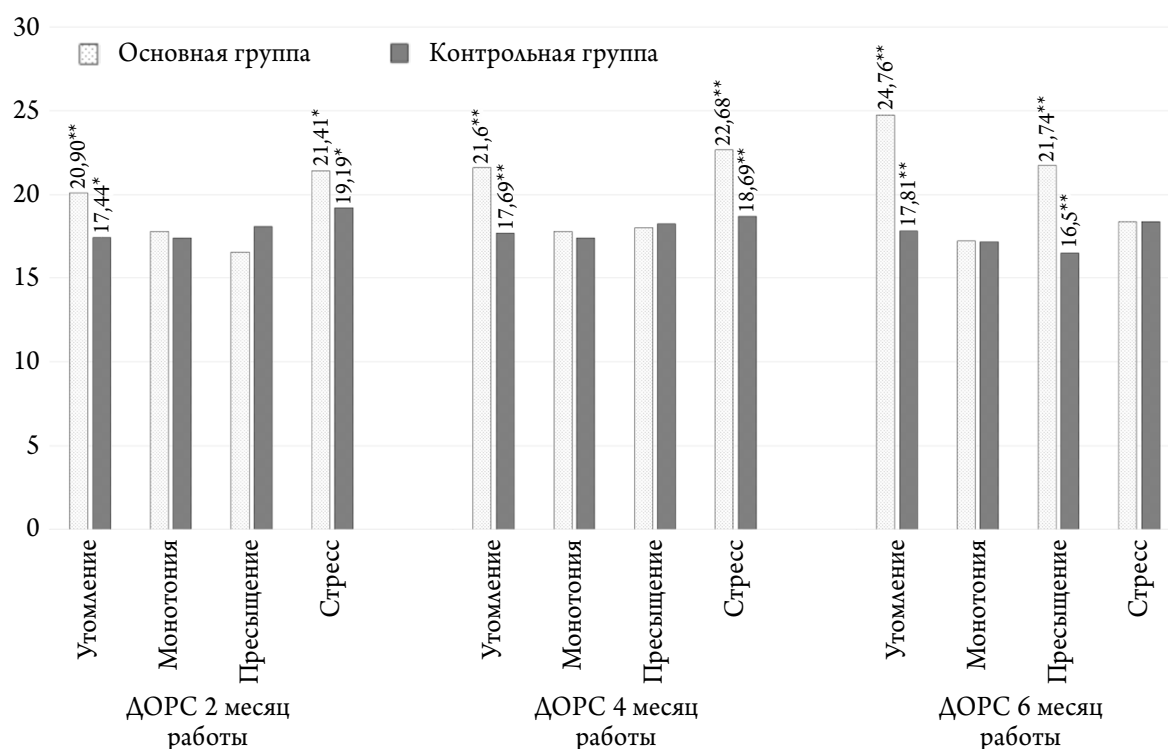


Рисунок. Сравнительный анализ показателей психологического статуса (по методике ДОРС) у медицинского персонала во время 6 месяцев работы в ковидном госпитале.

Примечание: статистически достоверные различия между показателями * — $p \leq 0,016$; ** — $p \leq 0,009$.

Fig. Comparative analysis of indicators of psychological status (according to the DORS method) the medical staff during 6 months of work in the covid hospital.

Note: Statistically significant differences between the indicators * — $p \leq 0,016$; ** — $p \leq 0,009$.

физиологической нормы, наибольшие величины возрастные ЧСС частоты сердечных сокращений регистрировались во время 4-го месяца работы.

Результаты индивидуального анализа изменений ЧСС выявили у 32,4% лиц значения ЧСС больше 101 уд/мин, из них у 8,8% медицинского персонала значения колебались в пределах 101–105 уд/мин, у 2,9% — выше 111 уд/мин, что указывает на напряжение регуляции сердечной деятельности.

Данные ЭКГ свидетельствовали о превышении должной величины интервала QT на 0,01 с, удлинения интервала PQ в среднем на 0,02–0,03 с. Как видно из *таблицы*, наиболее информативным оказалось снижение вольтажа зубца T: к концу 4-го месяца — на 17,1%, 6-го месяца — на 26,8% (*табл. 1*).

С удлинением сроков работы индекс P/T возрастал на 16,1%, у отдельных работников почти в 1,5 раза, указывая на более напряженные процессы адаптации у лиц, труд которых связан с постоянным влиянием нервно-эмоциональных факторов COVID-19. Достоверное удлинение интервалов PQ и QT ЭКГ, а также снижение вольтажа зубцов P, R и T отмечалось у медицинского персонала после 4 месяцев работы, что указывает на напряжение регуляции сердечной деятельности, связанное с ухудшением функционального состояния миокарда.

Наличие тесной связи между нервно-психическим напряжением и частотой сердечных сокращений, по мнению ряда авторов [13, 14] обусловлено вовлечением в адаптационную реакцию организма симпатико-адреналовой системы в условиях специфической работы и воздействия экстремальных факторов. Вегетативный индекс Кердо

в период от 2 до 4 месяцев сохранял положительные значения, различающиеся по абсолютной величине незначительно, что указывает на преобладание симпатических влияний.

Наблюдалось возрастание в процессе работы коэффициента выносливости (показателя детренированности сердечно-сосудистой системы), во 2-й и 4-й месяц работы он увеличился на 34,4–34,8% по сравнению с исходным уровнем до дежурства. У лиц контрольной группы изменения изучаемых показателей незначительны (*табл. 2*).

Таким образом, формирование неблагоприятного функционального состояния у медицинских работников после 4 месяцев работы в лечебных организациях с COVID-19, находит отражение в изменениях показателей ЭКГ (удлинение интервала QT, снижение вольтажа зубцов P и T) и системного артериального давления, возрастании коэффициента выносливости (показатель детренированности сердечно-сосудистой системы), положительных значениях вегетативного индекса Кердо (преобладание симпатических влияний).

На фоне снижения трудовой нагрузки (в 4-й месяц работы до 443 человек против 678 в 3-й месяц) у медицинских работников наблюдалось формирование неблагоприятного функционального состояния переутомления. Кумуляция утомления находит отражение в 6-месячной динамике физиологических показателей, при этом показатели до дежурства в 4-й и 6-й месяц хуже, чем во 2-й, и по показателям времени зрительно-моторной реакции в каждый последующий месяц хуже, чем в предыдущий.

Отмечалось постепенное снижение функций концентрации внимания, кратковременной (оперативной)

Таблица 1 / Table 1

Изменение показателей ЭКГ у медицинского персонала при работе в организации с COVID-19 на протяжении 6-месячного периода**Changes in ECG indicators of medical personnel when working in an organization with Covid-19 over a six-month period**

Показатель	Период работы (в месяцах)			
	0,5	2	4	6
Частота сердечных сокращений (уд/мин)	71,77±1,50	88,39±1,34*	89,51±1,22*	80,52±1,39*
Вольтаж зубцов (в мВ)	0,13±0,014	0,10±0,014	0,12±0,014	0,14±0,014
R	1,48±0,21	1,39±0,30	1,32±0,31	1,33±0,17
T	0,41±0,014	0,37±0,019	0,34±0,017*	0,30±0,013*
P/T (%)	31,7±0,44	27,0±0,36	35,3±0,67*	36,8±0,56*

Примечание: * — статистически значимые изменения по сравнению с фоном ($p \leq 0,05$).Note: * — statistically significant changes compared to the background ($p \leq 0,05$).

Таблица 2 / Table 2

Изменение коэффициента выносливости и вегетативного индекса Кердо у медицинского персонала во время 6-месячной работы с COVID-19**Changes in endurance coefficient and vegetative Kerdo index in medical personnel during six-month work with COVID-19**

Показатели	Периоды работы (месяцы)							
	0,5		2		4		6	
	До	После	До	После	До	После	До	После
Группа COVID-19								
Коэффициент выносливости (ед.)	14,90	14,36	20,03	18,28	20,10	16,17	16,97	17,12
Вегетативный индекс Кердо (%)	-7	-13	+16	+14	+17	+8	-2	-3
Контрольная группа								
Коэффициент выносливости (ед.)	19,63	16,25	15,44	15,71	15,16	14,96	15,89	15,42
Вегетативный индекс Кердо (%)	+3	+1	+3	+4	+3	+5	+1	+4

памяти, скорости восприятия зрительных сигналов, первоначально в пределах нормативных значений (в пределах 9–10% от исходных значений), после 3–4 месяцев работы в красной зоне до 15–20%, что значительно превышает физиологические нормы.

Наблюдалось снижение концентрации внимания по объёму воспринимаемой информации на 17,5% ($p \leq 0,05$) после 4 месяцев работы и на 27,2% ($p \leq 0,05$) после 6 месяцев работы в «красной зоне». Аналогичная зависимость глубины физиологических сдвигов от длительности работы в ковидном отделении установлена по показателям функции кратковременной памяти. Известно, что утомление — физиологическое состояние, характеризующееся снижением активности функций, накопление утомления и его кумуляция проявляются в развитии более выраженных изменений функций высшей нервной деятельности.

Исследования в процессе месячных периодов пребывания в ковидном отделении показали, что у медицинских работников отмечается ухудшение показателей психологического состояния к концу 6 месяцев работы, что свидетельствует о медленной кумуляции функциональных сдвигов. При оценке уровня депрессии по шкале В. Зунга наблюдалась лёгкая депрессия в 65,0% случаев (в контрольной группе — 22,1%), субдепрессивное состояние — в 11,2%. Процент медицинских работников без депрессии составляла в основной группе 23,8% в контрольной

группе 77,9%, истинное депрессивное состояние не было зарегистрировано.

Процент лиц с высоким уровнем ситуационной тревожности в различных профессиональных группах составил 29,8% в группе COVID-19 и 7,1% в контрольной группе. Известно, что в условиях COVID-19 значительная часть населения России живёт в состоянии психоэмоционального и социального стресса, вызывающего рост частоты психосоматических расстройств и неврозов, возможны долгосрочные проблемы с психикой у переболевших, такие как депрессия, тревожность [15, 16].

Результаты биохимических исследований в динамике 6 месяцев работы содержания кортизола в крови показали, что после 4-х месяцев работы наблюдается высокий уровень гормона, приближающийся к верхней границе нормы ($504,09 \pm 16,72$ нмоль/л) у работающих в ковидной зоне. Возрастание выброса кортизола у обследованного медицинского персонала указывает на возрастание активности симпатико-адреналовой системы [17, 18] и является следствием отсутствия адаптации к экстремальной стрессовой ситуации COVID-19. При работе более 6 месяцев содержание кортизола снижается до значения $404,68$ нмоль/л, что свидетельствует о формировании состояния переутомления. Развитие тревожных расстройств и увеличение когнитивных дисфункций подтверждает полученные результаты.

Наблюдается возрастание числа достоверных корреляционных связей между показателями сердечно-сосудистой системы во время 6-го месяца работы — 55,6% в отличие от 2-го месяца — 36,1%. Возрастание числа внутрисистемных связей в 6-й месяц работы (состояние переутомления) по сравнению со 2-м месяцем работы (состояние напряжения) обусловлено рассинхронизацией течения физиологических процессов. По мнению А.О. Навакатикяна с соавторами [19] это связано с торможением клеток, находящихся в различных участках головного мозга, а, следовательно, несущих различную функциональную нагрузку, что характерно для состояния переутомления.

По уровню физиологического состояния организма человека при нервно-эмоциональном и зрительно-напряженном труде определена степень функционального утомления (патент № РФ № 2750277 от 25 июня 2021 г.), которое соответствует у медицинского персонала ковидного госпиталя градации «переутомление 3-й степени», что требует разработки и внедрения мероприятий по оптимизации труда.

Обсуждение. Проблема коронавирусной инфекции (COVID-19) привлекает внимание исследователей из разных областей медицинской науки [3, 9]. При воздействии экстремальных условий, к которым можно отнести эпидемии и пандемии, в частности пандемию COVID-19 у медицинских работников формируется высокая нервно-эмоциональная напряженность труда.

Исследование особенностей формирования функционального состояния, в том числе и неблагоприятных (переутомление, перенапряжение) у медицинских работников используется для прогнозирования донозологических состояний и вероятности развития производственно-обусловленной патологии при нервно-эмоциональных умственных нагрузках с учётом степени вредности и опасности факторов трудового процесса [20–22]. В своей монографии «Психофизиологические основы профилактики перенапряжений» Мойкин Ю.В., Киколов А.И., и др. (1987) [23] отмечали, что воздействие факторов трудового процесса преимущественно на нервную и эндокринную системы с их весьма разнообразными взаимосвязями с другими функциональными системами, например, сердечно-сосудистой, может приводить к весьма выраженным неспецифическим реакциям, которые в дальнейшем могут являться причиной самых различных заболеваний.

По результатам производственных и модельных лабораторных исследований Ю.В. Мойкиным была предложена и обоснована новая теория генезиса утомления при современных видах мышечной и умственной трудовой деятельности.

Основной мерой оценки нервно-психических или зрительных нагрузок должна служить величина физиологических затрат организма, необходимая для выполнения определённого вида работ и проявляющаяся в функциональном утомлении организма при труде.

У медицинского персонала ковидного госпиталя нарастание степени утомления и его кумуляция проявляются в развитии более выраженных изменений вегетативных функций: при возрастании трудовой нагрузки наблюдается повышение артериального давления через 4 месяца работы, ослабление сердечной деятельности. Низкий уровень функционального состояния по показателям концентрации внимания, кратковременной памяти, скорости восприятия зрительных сигналов сочетается с нарушением вегетативной регуляции функций, наблюдается дезинтеграция физиологических процессов, повышение физиологических

затрат (физиологической стоимости) при выполнении работы. А.Б. Леонова и С.Б. Величковская [24] трактуют стадию утомления как состояние истощения и дискоординации в протекании основных реализующих деятельность процессов, развивающееся вследствие продолжительного и интенсивного воздействия рабочих нагрузок, с доминирующей мотивацией на завершение работы и отдыха.

На основе обобщения материалов производственных психофизиологических исследований проанализированы особенности формирования переутомления у медицинских работников, определены показатели функционального состояния, которые могут быть использованы для обоснования физиологически обоснованных сроков работы в условиях пандемии (не более 4 месяцев) и оценки рисков нарушений здоровья у медицинского персонала.

Выводы:

1. Установлены ведущие вредные факторы трудового процесса и производственной среды у медицинского персонала ковидного госпиталя: нервно-эмоциональные, сенсорные (зрительные) нагрузки (время работы с дисплеем более 5 часов), сменный график, работа в экстремальных условиях воздействия биологического фактора (возбудителя новой коронавирусной инфекции COVID-19).

2. Научно обоснована и разработана методика физиологической оценки функционального состояния медицинского персонала ковидного госпиталя, предусматривающая длительность и кратность проведения психофизиологических исследований (в динамике 6 месяцев работы до и после пребывания в «красной зоне»).

3. Установлено во время 4 месяца работы в ковидном госпитале возрастание коэффициента выносливости (показатель детренированности сердечно-сосудистой системы), положительные значения вегетативного индекса Кердо (преобладание симпатических влияний), повышение частоты сердечных сокращений до 101 уд/мин у 34,2% медицинского персонала, что свидетельствует о снижении функциональных возможностей миокарда. Наблюдается высокий, приближающийся к верхней границе нормы, уровень гормона кортизола ($504,09 \pm 16,72$ нмоль/л против $344,06 \pm 20,09$ нмоль/л у лиц контрольной группы, $p \leq 0,000$).

4. По результатам физиологических исследований показано при работе более 6 месяцев на фоне уменьшения трудовой нагрузки: постепенное снижение функций ЦНС, первоначально в пределах нормативных значений (9–10% от исходных значений), далее до 15–20%, ухудшение показателей времени зрительно-моторной реакции в каждый последующий месяц в отличие от предыдущего, развитие тревожных расстройств, увеличение когнитивных дисфункций, формирование неблагоприятного функционального состояния переутомления.

5. Результатами исследований установлено, что показатели функционального состояния информативны для обоснования физиологических режимов работы в условиях пандемии (не более 4 месяцев) и оценки рисков нарушений здоровья у медицинских работников.

6. Разработанная методика количественной оценки функционального утомления организма человека при умственной и зрительно-напряженной трудовой деятельности позволила с высокой степенью точности определить состояние переутомления 3-й степени у медицинского персонала ковидного госпиталя и научно обосновать мероприятия по физиологической оптимизации труда, коррекции функционального состояния, формированию здоровьесберегающего поведения.

Список литературы

- Горблянский Ю.Ю., Березина З. И., Гарипова Р.В., Конторович Е.П., Пономарева О.П., Рамазанова Э.Р. Медико-социальные аспекты профессионального здоровья работников с постковидным синдромом (тематический обзор). *Мед. труда и пром. экол.* 2022; 62(9): 601–15. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-601-615>
- Синбухова Е.В., Протченко Д.Н. Оценка психологического состояния медицинского персонала во время пандемии COVID-19. *Анестезиология и реаниматология.* 2020; (6–2): 54–60.
- Шлемская В.В., Хатеев А.В., Просин В.И., Суранова Т.Г. Новая коронавирусная инфекция COVID-19: краткая характеристика и меры по противодействию её распространению в Российской Федерации. *Медицина катастроф.* 2020; 1: 57–61.
- Зиннатова М.В., Глушкова М.С. Психологические особенности тревожности и мотивации среднего медицинского персонала в период пандемии Covid-19. *Известия уральского федерального университета.* 2021; 27 (4): 149–56.
- Deckard G.J., Present R.M. Impact of role stress on physical therapists' emotional and physical well-being. *Phys. Ther.* 1989; 69(9): 713–8. <https://doi.org/10.1093/ptj/69.9.713>
- Benzer D.G. Stress impairment in physicians. *WMJ.* 2001; 100(1): 20–23.
- Saini N.K., Agrawal S., Bhasin S.K., Bhatia M.S., Sharma A.K. Prevalence of stress among resident doctors working in Medical Colleges of Delhi. *Indian J. Public Health.* 2010; 54(4): 219–23. <https://doi.org/10.4103/0019-557X.77266>
- Иванов И.В., Фокина А.А., Корчагин Е.В., Чикина О.Е. Эпидемиологическая безопасность в медорганизациях проверяют по новым чек-листам. *Контрольные точки главной медсестры. Главная медицинская сестра.* 2020; 6: 12–34.
- Шинкарева О.В. Рекомендации Минздрава России по формированию временного штатного расписания подразделения медицинской организации, оказывающего медицинскую помощь гражданам с коронавирусной инфекцией COVID-19. *Бухучет в здравоохранении.* 2020; 6: 5–12.
- Панков В.А., Лахман О.Л., 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>
- Загрядский В.П., Сулимо-Самуйлло З.К. *Методы исследования в физиологии труда.* Л.: Наука; 1976.
- Р 2.2.2006-05. *Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство.* М.; 2005.
- Ланг Г.Ф. *Болезни системы кровообращения.* М.: Медгиз; 1957.
- Фогельсон Л.И. *Клиническая электрокардиография.* М.: Медицина; 1957.
- Zeppegno Patrizia, Gramaglia Carlmaria, Guerriero Chiara et al. Psychological/psychiatric impact of the novel coronavirus outbreak: lessons learnt from China and call for timely crisis interventions in Italy. 2020. <https://doi.org/10.31234/osf.io/z26yk>
- Marazziti D., Pozza A., Di Giuseppe M., Conversano C. The psycho-social impact of COVID-19 pandemic in Italy: a lesson for mental health prevention in the first severely hit European country. *Psychology Trauma.* 2020; 12: 531–534. <https://doi.org/10.1037/tra0000687>
- Меерсон Ф.З. *Адаптация, стресс и профилактика.* М.: Наука; 1981.
- Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В., Прокопенко Л.В., Измерова Н.И., Кузьмина Л.П. *Труд и здоровье.* М.: Литтерра; 2014.
- Навакатилян А.О., Крыжановская А.А., Кальниш В.В. *Физиология и гигиена умственного труда.* Киев: Здоровья; 1987.
- Юшкова О.И., Матюхин В.В., Бухтияров И.В. и др. Прогноз снижения работоспособности и нарушения здоровья при воздействии факторов напряжённости труда в зависимости от класса условий труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2014; 1: 8–13.
- Измеров Н.Ф., Каспаров А.А. *Медицина труда. Введение в специальность: Пособие для последипломной подготовки врачей.* М.: Медицина; 2002.
- Измеров Н.Ф., Бухтияров И.В. Реализация глобального плана действий ВОЗ по охране здоровья работающих в Российской Федерации. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 9: 4–10.
- Мойкин Ю.В., Киколов А.И., Тхоревский В.И., Милков А.Е. *Психофизиологические основы профилактики перенапряжений.* М.: Медицина; 1987.
- Водопьянова Н.Е. *Психодиагностика стресса.* СПб: Питер; 2009.
- Gorblyansky Yu.Yu., Berezina Z.I., Garipova R.V., Kontorovich E.P., Ponomareva O.P., Ramazanova E.R. Medical and social aspects of occupational health of workers with postcovid syndrome (thematic review). *Med. truda i prom. ekol.* 2022; 62(9): 601–15. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-601-615> (in Russian).
- Sinbukhova E.V., Protchenko D.N. Assessment of the psychological state of medical personnel during the COVID-19 pandemic. *Anesteziologya i reanimatologiya.* 2020; (6–2): 54–60 (in Russian).
- Shlemskaya V.V., Khoteev A.V., Prosin V.I., Suranova T.G. New coronavirus infection COVID-19: a brief description and measures to counteract its spread in the Russian Federation. *Medicina katastrof.* 2020; 1: 57–61 (in Russian).
- Zinnatova M.V., Glushkova M.S. Psychological features of anxiety and motivation of nursing staff during the Covid-19 pandemic. *Izvestiya ural'skogo federal'nogo universiteta.* 2021; 27(4): 149–56 (in Russian).
- Deckard G.J., Present R.M. Impact of role stress on physical therapists' emotional and physical well-being. *Phys. Ther.* 1989; 69(9): 713–8. <https://doi.org/10.1093/ptj/69.9.713>
- Benzer D.G. Stress impairment in physicians. *WMJ.* 2001; 100(1): 20–3.
- Saini N.K., Agrawal S., Bhasin S.K., Bhatia M.S., Sharma A.K. Prevalence of stress among resident doctors working in Medical Colleges of Delhi. *Indian Journal of Public Health.* 2010; 54(4): 219–23. <https://doi.org/10.4103/0019-557X.77266>
- Ivanov I.V., Fokina A.A., Korchagin E.V., Chikina O.E. Epidemiological safety in medical organizations will be checked according to new checklists. *Control points of the chief nurse. The head nurse.* 2020; 6: 12–34 (in Russian).
- Shinkareva O.V. Recommendations of the Ministry of Health of the Russian Federation on the formation of a temporary staffing of a medical organization unit providing medical care to citizens with COVID-19 coronavirus infections. *Buhuchet v zdравоохранenii.* 2020; 6: 5–12 (in Russian).
- Pankov V.A., Lakhman O.L., Kuleshova M.V., Rukavishnikov V.S. Emotional burnout in medical workers in working conditions in extreme situations. *Gigiena i sanitariya.* 2020; 99(10): 1034–1041. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1034-1041> (in Russian).
- Zagryadsky V.P., Sulimo-Samuillo Z.K. *Research methods in labor physiology.* L.: Nauka, 1976 (in Russian).
- R 2.2.2006-05. *Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions.* M., 2005 (in Russian).
- Lang G.F. *Diseases of the circulatory system.* M.: Medgiz; 1957 (in Russian).
- Fogelson L.I. *Clinical electrocardiography.* M.: Meditsina; 1957 (in Russian).

15. Zeppego Patrizia, Gramaglia Carlamaria, Guerriero Chiara et al. Psychological/psychiatric impact of the novel coronavirus outbreak: lessons learnt from China and call for timely crisis interventions in Italy. 2020. <https://doi.org/10.31234/osf.io/z26yk>
 16. Marazziti D., Pozza A., Di Giuseppe M., Conversano C. The psycho-social impact of COVID-19 pandemic in Italy: a lesson for mental health prevention in the first severely hit European country. *Psycholog Trauma*. 2020; 12: 531–534. <https://doi.org/10.1037/tra0000687>
 17. Meerson F.Z. *Adaptation, stress and prevention*. M.: Nauka; 198 (in Russian).
 18. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V., Prokopenko L.V., Izmerova N.I., Kuzmina L.P. *Labor and Health*. M.: Litterra; 2014 (in Russian).
 19. Navakatikyan A.O., Kryzhanovskaya A.A., Kalnish V.V. *Physiology and hygiene of mental labor*. Kiev: Zdorov'ya, 1987 (in Russian).
 20. Yushkova O.I., Matyukhin V.V., Bukhtiyarov I.V. et al. The forecast of a decrease in working capacity and health disorders under the influence of labor intensity factors, depending on the class of working conditions. *Med. truda I prom. ecol*. 2014; 1: 8–13 (in Russian).
 21. Izmerov N.F., Kasparov A.A. *Occupational medicine. Introduction to the specialty: A manual for postgraduate training of doctors*. M.: Meditsina; 2002 (in Russian).
 22. Izmerov N.F., Bukhtiyarov I.V. Implementation of the WHO global action plan for the protection of the health of workers in the Russian Federation. *Med. truda I prom. ecol*. 2015; 9: 4–10 (in Russian).
 23. Moikin Yu.V., Kikolov A.I., Tkhorevsky V.I., Milkov L.E. *Psychophysiological foundations of the prevention of overstrain*. M.: Meditsina; 1987 (in Russian).
 24. Vodopyanova N.E. *Psychodiagnostics of stress*. St. Petersburg: Peter; 2009 (in Russian).
-