

EDN: <https://elibrary.ru/ggkate>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-447-454>

УДК 612.766.1:613.6

© Коллектив авторов, 2023

Зайцева А.В., Сериков В.В., Юшкова О.И., Капустина А.В.

Исследование функционального утомления у хирургов и медсестёр детских лечебных организаций

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

Введение. Воздействие высоких нагрузок напряжённости труда на медицинских работников детских лечебных организаций способствует формированию утомления и переутомления, особенно в современных условиях трудовой деятельности, что определяет актуальность настоящих исследований.

Цель исследования — разработать методические подходы к количественной оценке функционального утомления при воздействии нервно-эмоциональных и зрительно-напряжённых нагрузок у медицинских работников для дифференцированного обоснования мероприятий по профилактике.

Материалы и методы. Проведены комплексные физиолого-гигиенические исследования медицинских работников при различной трудовой деятельности (в детской реанимации, хирургии), направленные на гигиеническую оценку напряжённости трудового процесса, физиологическое исследование состояния сердечно-сосудистой системы с изучением особенностей реагирования на функциональную нагрузку (регистрация ЭКГ на 12-канальный электрокардиограф и непрерывно с помощью холтеровского мониторинга). Изучено физиологическое состояние ЦНС и зрительного анализатора по общепринятым методикам. Всего проведено 2700 замеров психофизиологических показателей. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью статистических программ STATISTICA 10, Microsoft Excel 2010.

Результаты. Выявлено, что у медицинских работников высокие нервно-эмоциональные и зрительные нагрузки при наблюдении за экранами видеотерминалов приводят к отрицательной динамике времени восприятия последовательного контраста (ВВПК), снижению функции зрения, времени наступления и глубина неблагоприятных изменений зависят от степени зрительной напряжённости труда.

Установлен одинаковый уровень эффективности функций концентрации внимания, кратковременной памяти, восприятия простого и сложного зрительного сигнала в дневные и ночные часы, суточная кривая показателей не соответствует естественной кривой суточного ритма.

У врачей-хирургов и медицинских сестёр выявлено напряжение регуляторных механизмов системы кровообращения, замедление периода восстановления всех показателей после функциональной нагрузки в ночную смену по сравнению с дневными часами работы.

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 1-й степени у медицинских сестёр и 2-й степени у врачей-хирургов.

Ограничения исследования. Имеются количественные ограничения, обусловленные числом медицинского персонала отделения реанимации

Этика. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ» (протокол № 4 от 14.04.2021 г.)

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

Для цитирования: Зайцева А.В., Сериков В.В., Юшкова О.И., Капустина А.В. Исследование функционального утомления у хирургов и медсестёр детских лечебных организаций. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(7): 447–454. <https://elibrary.ru/ggkate> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-7-447-454>

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

Участие авторов:

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.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 09.04.2023 / Дата принятия к печати: 11.04.2023 / Дата публикации: 05.08.2023

Anna V. Zaitseva, Vasily V. Serikov, Olga I. Yushkova, Angelina V. Kapustina

Study of functional fatigue in surgeons and nurses of children's medical organizations

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

Introduction. The impact of high work stress loads on medical workers of children's medical organizations contributes to the formation of fatigue and overwork, especially in modern working conditions, which determines the relevance of these studies.

The study aims to develop methodological approaches to the quantitative assessment of functional fatigue under the influence of neuropsychiatric and visually stressful loads in medical workers for the differentiated justification of preventive measures.

Materials and methods. The researchers conducted comprehensive physiological and hygienic studies of medical workers in various work activities (in pediatric intensive care, surgery), aimed at hygienic assessment of the intensity of the labor process, physiological study of the state of the cardiovascular system with the study of the characteristics of the response to functional load (ECG registration on a 12-channel electrocardiograph and continuously using Holter monitoring). The authors have studied the physiological state of the central nervous system and the visual analyzer according to generally accepted methods.

We have carried out a total of 2,700 measurements of psychophysiological indicators. Static processing of the received data was carried out using statistical programs STATISTICA 10, Microsoft Excel 2010.

Results. Medical workers have high nervous-emotional and visual loads when watching video terminal screens. This leads to negative dynamics of the time of perception of sequential contrast (TPSC), a decrease in visual function. The time of onset and the depth of adverse changes depend on the degree of intensity of visual labor.

We have established the same level of effectiveness of the functions of concentration of attention, short-term memory, perception of simple and complex visual signals in the daytime and at night. The daily curve of indicators does not correspond to the natural curve of the daily rhythm.

Surgeons and nurses had a strain on the regulatory mechanisms of the circulatory system, a slowdown in the recovery period of all indicators after functional load in the night shift compared with daytime hours of work.

Conclusion. *Pronounced loads on the visual analyzer when watching video terminal screens against the background of nervous and emotional labor stress are the leading professional factors and determine the formation of the functional state of overwork of the first degree in nurses and the second degree in surgeons.*

Limitations. There are quantitative restrictions due to the number of medical personnel in the intensive care unit.

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

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

For citation: Zaitseva A.V., Serikov V.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V. Study of functional fatigue in surgeons and nurses of children's medical organizations. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(6): 447–454. <https://elibrary.ru/ggkate> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-447-454> (in Russian)

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

Information about the authors: 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>

Contribution:

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

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

Yushkova O.I. — writing, editing;

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

Funding. The study had no funding.

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

Received: 09.04.2023 / Accepted: 11.04.2023 / Published: 05.08.2023

Введение. Проблема функционального утомления организма человека при умственном труде и возможности перехода этого состояния в умственное и зрительное переутомление является весьма актуальной и в настоящее время. Известными физиологами труда [1–4] ещё в прошлом столетии был предложен способ определения рабочего функционального состояния организма человека при воздействии факторов трудового процесса, основанный на результатах физиологических исследований. Этот способ позволяет определить условия перехода утомления в переутомление, роль некоторых факторов напряжённости трудового процесса в развитии переутомления при трудовой деятельности, значение переутомления в возникновении ряда форм производственно-обусловленных заболеваний¹ [5–11].

Трудовая деятельность медицинских работников связана с нагрузками на ЦНС и зрительный анализатор, вегетативную активность регуляции сердечно-сосудистой системы, напряжённость труда может возрастать при воздействии экстремальных условий трудовой деятельности. Это может приводить к формированию переутомления, перенапряжения и развитию производственно обусловленных заболеваний у медицинских работников [12]. В настоящее время предлагается термин «профессиональное утомление», которое рассматривается с позиций оценки трудовой деятельности членов экипажей воздушных судов гражданской авиации [13]. Анализ отечественных и проведённых за рубежом исследований позволяет прийти к выводу,

что единый подход, обеспечивающий снижение трудоёмкости определения функционального утомления организма человека в любых производственных условиях не разработан, так же как отсутствует количественное определение стадий последовательного перехода функционального состояния от утомления к переутомлению различной степени выраженности.

Цель исследования — разработать методические подходы к количественной оценке функционального утомления при воздействии нервно-эмоциональных и зрительно-напряженных нагрузок у медицинских работников для дифференцированного обоснования мероприятий по профилактике работников для дифференцированной разработки мероприятий по профилактике.

Материалы и методы. Исследования в производственных условиях проведены на 2 профессиональных группах медицинских работников: хирурги, медицинские сестры детской реанимации. При сменном режиме работы обследованы три раза в течение смены (в начале, середине и конце рабочего дня) хирурги в возрасте $39,86 \pm 1,74$ года со стажем $15,28 \pm 1,85$ года, медсестры в возрасте $28,0 \pm 0,29$ года со стажем $5,17 \pm 0,56$ года. Всего обследовано 75 человек, проведено около 2700 замеров психофизиологических показателей.

Динамические психофизиологические исследования проводились в дневную и ночную смены и включали оценку состояния сердечно-сосудистой системы (ССС) путём регистрации ЭКГ с использованием дозированной физической нагрузки (15 приседаний за 30 секунд). Оценивали длительность интервалов (сек), вольтаж зубцов (мВ), частоту сердечных сокращений — ЧСС (уд/мин), величину систолического показателя — СП (%) [14].

¹ Галимов А.Р. Стресс на работе у врачей-хирургов и его профилактика: диссертация ... кандидата медицинских наук: 14.00.50 <медицина труда>. [Место защиты: ГУ «Научно-исследовательский институт медицины труда РАМН»]. Москва, 2006.

Для оценки ЦНС использованы характеристики эффективности, надёжности, стабильности ведущих функций (внимание, мнестическая деятельность, скорость восприятия и переработки информации), для определения функционального состояния зрительного анализатора — ВВПК. Оценку психофизиологического статуса проводили, используя компьютерные варианты тестов-опросников: Спилбергера (показатели личностной тревожности, ситуативной тревожности), САН (шкалы самочувствие, активность, настроение).

Оценка силы и выносливости (время удержания 70% максимальной произвольной силы) мышц рук выводилась по результатам динамометрических исследований, рассчитывался показатель максимальной мышечной работоспособности — ММР.

Комплексные физиолого-гигиенические исследования включали профессиографический анализ трудовой деятельности медицинских работников с определением степени напряжённости (НТ) и тяжести труда [15].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием пакета программ STATISTICA версия 10.0, Microsoft Excel 2010.

Результаты. Проведённое изучение структуры деятельности работников показало, что детские хирурги работали по 8 часов в дневную смену и 24 часа во время суточных дежурств. По 8 и 16 часов в смену, включая ночные часы суток, работали медицинские сестры детской реанимации. У хирургов по показателю «наблюдение за экранами видеотерминалов» общее время работы с дисплеем составило 6 часов (класс НТ 3.2), у медицинских сестёр 3,5 часа (класс НТ 3.1).

При изучении функционального состояния зрительного анализатора у хирургов ухудшение функции наблюдалось уже через 4 часа работы и нарастало к концу смены, у медицинских сестёр снижение показателя ВВПК отмечалось к концу смены и было статистически незначимо, т. е. время наступления неблагоприятных изменений функции зрения зависит от степени зрительной напряжённости труда. Глубина изменений зрительной функции также обусловлена степенью нервно-эмоционального напряжения, это факт подтверждается величиной снижения ВВПК к концу рабочей смены у работников различных профессиональных групп: у медицинских сестёр на 22,1%, у хирургов на 37,9% от исходного уровня.

Известно, что профессионально значимыми функциями для медицинских работников являются внимание, память, восприятие и переработка зрительных сигналов. Изучение динамики этих функций при работе в различные смены не выявило существенных различий в средних уровнях показателей. Учитывая снижение активности нервной системы в ночные часы суток, мы вправе были ожидать падение умственной работоспособности в эти часы. Однако, эффективность функций поддерживается на одном и том же уровне в дневные и ночные часы.

Как видно из **таблицы 1**, у хирургов средние данные показателя концентрации внимания составили в дневную смену $1,55 \pm 0,05$ бит/с, а в ночную — $1,52 \pm 0,06$, у медицинских сестёр — $1,78 \pm 0,05$ и $1,84 \pm 0,04$ бит/с., т. е. суточная кривая показателя не соответствует естественной кривой суточного ритма.

Аналогичные результаты получены при исследовании функции кратковременной памяти, восприятия простого и сложного зрительного сигнала. Значительное уменьшение эффективности мнестической функции (по среднесменному уровню) у хирургов может свидетельствовать о развитии тормозных процессов в центральной нервной системе и повышению утомительности труда.

Параметры состояния надёжности основных функций ЦНС изменялись в соответствии с суточной периодикой: по функции кратковременной памяти были ниже в ночные часы, чем в дневные, что нашло отражение в увеличении количества ошибок при тестировании у хирургов в ночную смену $1,45 \pm 0,25$ против $1,25 \pm 0,15$ в дневную.

Анализ показателей стабильности выявил одинаковый, достаточно устойчивый уровень функций в разные смены. Показатели вариативности концентрации внимания, количества запоминаемых чисел, латентного периода простой зрительно-моторной реакции не различались в дневные и ночные часы.

Оценка функций ЦНС по трём составляющим — эффективность, стабильность, надёжность выявила сглаживание ночной фазы биоритма, которое устраняет снижение работоспособности, но вместе с тем нарушает периодичность в регуляции суточных физиологических процессов. Последнее вызывает дополнительное напряжение организма. У детских хирургов это выражается в формировании низких уровней показателей функционального состояния, падении надёжности функций.

Однако, по показателям субъективной оценки у хирургов наблюдалось сохранение суточной периодики

Таблица 1 / Table 1

Физиологические показатели функционального состояния ЦНС у медицинских работников в различные смены
Physiological indicators of the functional state of the central nervous system in medical workers in different shifts

Показатели	Средние данные за смену ($M \pm m$)				$p \leq 0,05$
	Хирурги		Медсёстры		
	дневная смена	ночная смена	дневная смена	ночная смена	
	1	2	3	4	
Концентрация внимания бит/с	1,55±0,05	1,52±0,06	1,78±0,05	1,84±0,04	1–3; 2–4
Объём кратковременной па- мяти, кол-во цифр	6,25±0,2	6,25±0,3	7,96±0,38	7,26±0,32	1–3; 2–4
Время простой зрительно- моторной реакции, мсек	261,8±21,82	259,06±19,40	228,33±17,86	236,40±16,45	—
Время сложной зрительно- моторной реакции, мсек	388,80±15,42	413,26±16,16	376,94±18,93	359,03±21,30	—

параметров самочувствия, активности, настроения. Это позволило выявить способность хирургов поддерживать профессионально значимые функции на устойчивом уровне, что обусловлено требованиями самой трудовой деятельности. Профессия хирурга относится к помогающим профессиям социомического типа, т. е. деятельности, в основе которой лежат помогающие отношения, направленные на оказание помощи людям в сложных и критических ситуациях жизни² [16]. Выраженные нервно-эмоциональные нагрузки у хирургов обусловлены срочными вызовами к больным детям с использованием санитарной авиации (класс условий труда по показателям НТ 3.2).

Анализ изменений электрокардиограмм, записанных непосредственно во время работы, выявил неблагоприятные изменения со стороны сердечно-сосудистой системы, более выраженные в ночную смену. Интервал PQ , как правило, отражает предсердно-желудочковую проводимость. Согласно литературным данным, учащение сердечных сокращений сопровождается укорочением интервала PQ , что обусловлено нормальной приспособительной реакцией сердца на повышенную нагрузку.

В исследованиях наряду с закономерным уменьшением длительности интервала PQ при учащении сердечных сокращений отмечено его удлинение. Так, в половине случаев наблюдений выявлено удлинение интервала PQ на 0,01–0,02 сек при одновременном учащении сердечных сокращений. У хирурга М. отмечено удлинение интервала PQ с 0,14 в начале смены до 0,15 сек в конце смены. Более значительное увеличение интервала PQ по сравнению с должным наблюдалось в моменты напряженных ситуаций (операционный день, экстренные ситуации при ведении больного в послеоперационный период), в ночную смену. Например, у хирурга М. во время экстренных хирургических вмешательствах учащение сердечных сокращений на 15 ударов по сравнению с данными в начале работы (с 87 до 102) сочеталось с удлинением интервала PQ на 0,02 сек (с 0,15 до 0,17 сек) вместо должного укорочения его.

При анализе ЭКГ основное внимание обращалось на изменения частоты сердечных сокращений, длительности отдельных интервалов сердечного цикла, вольтажа зубцов P , R и T .

Выявленные в наших исследованиях сдвиги в предсердно-желудочковой проводимости (удлинение интервала PQ) как к концу ночной смены, так и особенно после часов стрессовых ситуаций можно расценивать как неблагоприятные, связанные с изменением проводящей системы сердца и нарушением тонуса экстракардиальных нервов, а также недостаточным уровнем трофических процессов.

Интервал QT , т. е. длительность электрической систолы в норме находится в обратной зависимости от частоты сердечных сокращений.

У обследуемых хирургов наряду с закономерным изменением длительности интервала QT в зависимости от частоты сердечных сокращений имело место превышение его по сравнению с должным, которое в большей степени зависело от напряженных моментов работы, чем от её продолжительности. Уже через 30–40 минут от начала работы в 5 случаях из 6 наблюдений при учащении частоты сердечных сокращений имело место превышение QT по

сравнению с должной величиной на 0,02 сек. Эта разница ещё более возрастала после воздействия производственных стресс-факторов, особенно в ночную смену. В наиболее напряженные моменты работы отмечено увеличение интервала QT на 0,05 сек (хирург Г.) по сравнению с должным.

Холтеровское мониторирование выявило большие цифры систолического показателя ($СП=64–65\%$) у хирургов, что обусловлено, в основном, увеличением длительности интервала QT , а не величиной $R–R$. Известно, что при ослаблении сердечных сокращений и ухудшении обмена веществ в сердечной мышце длительность этого интервала увеличивается.

Таким образом, при изучении длительности интервалов сердечного цикла и сопоставлении с частотой сердечных сокращений в подавляющем большинстве случаев выявлено превышение их величины по сравнению с должной. На основании литературных данных эти сдвиги могут свидетельствовать о неблагоприятных изменениях в сердечной деятельности, обусловленных большим нервно-эмоциональным напряжением.

Наряду с выявленными изменениями длительности интервалов сердечного цикла в наших исследованиях наблюдается отчётливое изменение вольтажа зубцов P , R и T . При этом особое внимание уделялось наиболее динамичному зубцу T , который, согласно современным представлениям, отражает сократительную способность миокарда и служит показателем функционального состояния сердечной мышцы. При анализе изменений вольтажа зубца T под влиянием работы установлено достоверное снижение зубца как к концу рабочего дня, так и особенно после часов пик. По сравнению с исходными данными, до работы вольтаж зубца T после воздействия стресс-факторов, так называемых часов пик, снижался на 30%, а к концу рабочего дня на 15,6% ($p \leq 0,05$). Изменение вольтажа зубца T является наиболее чувствительным показателем напряжённости труда, как в дневную, так и ночную смены.

Для исследования реактивности ССС и уточнения приспособительной способности миокарда, т. е. характера реакции на усиление кровообращения, использовалась функциональная нагрузка (ФН). Анализ ЭКГ показал, что наибольшим изменениям в динамике дня подвергается частота сердечных сокращений и вольтаж зубцов.

В дневную смену ЧСС у исследуемых хирургов после применения ФН в конце рабочего дня увеличивалась на 33% по сравнению с исходными данными до ФН (с 77 до 102 уд/мин), что является нормальной физиологической реакцией на нагрузку. Период восстановления ЧСС до исходных величин равен 2 минутам. В ночную смену наблюдалась более выраженная реакция на дозированную физическую нагрузку: значительное увеличение (до 56%) частоты сердечных сокращений, увеличение времени восстановления до исходных величин до 3 минут. Это может свидетельствовать о снижении приспособительной возможности организма вследствие высокой нервно-эмоциональной нагрузки при воздействии стресс-факторов трудовой деятельности в ночные часы работы.

ФН вызывала снижение вольтажа зубца T во все периоды исследования. Наиболее выраженное снижение вольтажа зубца T на ФН было в часы пик в ночную смену (50% от исходной величины до ФН), в конце смены снижение составляло 46,1%, наименьшим оно было в начале работы (31%). Время восстановления до исходных величин в начале ночной смены равно 2 минуты, после часов пик и в конце смены — 3 минуты.

² Рунец О.В. Доверие профессионала к себе в помогающих профессиях социомического типа (на примере профессии фельдшера скорой медицинской помощи): диссертация ... кандидата психологических наук: 19.00.03. ФГБУН Институт психологии Российской академии наук. Москва; 2018.

На функциональную пробу наблюдалось уплощение зубца *T* до изолинии в утренние часы пик в одном случае, в ночные часы в трех случаях. Уплощение зубца *T* на ФН, наиболее выраженное после производственных стрессовых ситуаций, согласно литературным данным, является результатом нарушения регуляторных механизмов сердца и относительной гипоксии миокарда.

У хирургов применение ФН позволило установить ряд неблагоприятных изменений: чрезмерное увеличение частоты сердечных сокращений на нагрузку, увеличение случаев уплощённого зубца *T* и замедление периода восстановления всех показателей ЭКГ после ФН в ночную смену по сравнению с дневными часами работы.

Анализ сердечного ритма у хирургов выявил высокие показатели частоты сердечных сокращений (до 117–119 уд./мин) в дневные и ночные часы работы (с 16 час до 8 утра), что указывает на нарушение суточной периодики вегетативных функций и требует разработки профилактических мероприятий.

Основные физические нагрузки у медицинских сестёр приходятся на мышцы рук и плечевого пояса при проведении лечебных процедур и оперативных вмешательств, что явилось основанием для проведения динамометрических исследований. Наблюдалось прогрессивное уменьшение выносливости мышц правой руки к концу работы, которое составило 20,7% ($p \leq 0,05$), максимальной мышечной работоспособности (ММР) — 27,7% от исходной величины. Такую динамику динамометрических показателей Ю.В. Мойкин [2] относил за счёт интенсивной работы, приводящей к утомлению (переутомлению) нервно-мышечного аппарата.

Повышенные нервно-эмоциональные нагрузки (частая стрессовая информация с мониторов о состоянии больного, срочный вызов), работа в сменном режиме приводят к формированию напряженного труда второй степени (класс 3.2) у медицинских сестёр.

Исследования сердечно-сосудистой системы у медсестёр установили высокий уровень диастолического артериального давления (АДд), который превышает физиологические нормы рабочего напряжения организма по среднесменному уровню $86,67 \pm 4,20$ мм рт. ст., и в конце рабочей смены $105,67 \pm 17,96$ мм рт. ст., повышенный относительно физиологической нормы уровень среднего динамического артериального давления $101,77 \pm 3,67$ мм рт. ст. Наблюдалось возрастание индекса функциональных изменений системы кровообращения в конце рабочей смены до $3,12 \pm 0,32$ балла, что соответствует 3-ей неблагоприятной категории классификации функциональных состояний по уровню адаптационного потенциала системы кровообращения и указывает на необходимость внедрения профилактических мероприятий.

Изучались особенности изменения состояния сердечно-сосудистой системы на ФН в различные часы суток для выявления признаков нарушения суточного ритма показателей у медицинских сестёр.

Результаты анализа в исходном состоянии показали, что полученные материалы в дневную и ночную смену различались по следующим параметрам: среднему АД, систолическому АД, амплитуде зубца *T* ЭКГ ($p \leq 0,05$). Такие показатели, как частота сердечных сокращений (ЧСС), диастолическое АД, амплитуда зубцов *P*, *R* ЭКГ, вагосимпатический индекс *P/T* были практически одинаковы в различные смены.

Анализ показателей сердечно-сосудистой системы на функциональную нагрузку (через 10 секунд после оконча-

ния) выявил, что их изменение в течение двух рабочих смен происходило однонаправленно: наблюдалось снижение таких показателей как АД среднее, амплитуда зубца *T*, повышение систолического АД, частоты сердечных сокращений, амплитуды зубцов *P*, *R*, вагосимпатического индекса *P/T* (табл. 2). В ночную смену величина сдвигов систолического АД и частоты сердечных сокращений была значительно больше, чем в дневную.

Зубец *P* наибольшим изменениям подвергался после ФН в ночную смену. В дневную смену при функциональной нагрузке вольтаж зубца *P* возрастал на 12,0%, в ночную смену на 24,1% (табл. 2).

Увеличение зубца *P* после физического напряжения следует рассматривать как показатель усиления деятельности предсердий. По данным В.П. Соловьевой [17] состоянию переутомления и перенапряжения характерна неадекватно большая реакция на физическую нагрузку. Следует отметить, что в ночную смену после часов пик выявленные изменения зубца *P* были наиболее выражены (24,1% против 12,0%) и проявлялись на фоне сниженной исходной величины по сравнению с данными в дневную смену. Время восстановления voltaжа *P* после ФН до исходной величины было наибольшим в ночные часы работы.

Изменения voltaжа зубца *R* на ФН были сравнительно менее выражены и соответственно моментам исследования его voltaж увеличивался на 4,0 и 0,5%. Повышение voltaжа зубцов в ответ на физическую нагрузку свидетельствует об усилении энергетических процессов в миокарде. В период восстановления отмечена определённая фазность voltaжа зубцов. Время восстановления voltaжа зубца *R* до исходных величин увеличилось в ночную смену значительно (против 2 минут в дневные часы работы), и через 2 минуты ещё превышало фон на 4,9%.

Функциональная нагрузка у медицинских сестёр вызывала снижение voltaжа зубца *T* во все периоды исследования. Наиболее выраженное снижение voltaжа зубца *T* на ФН было в ночную смену (46,3% от исходной величины до ФН), в дневную смену снижение составляло 31,2%. Время восстановления до исходных величин в дневную смену равно 2 минутам, в ночные часы работы — 3 минутам.

Результаты анализа показателей сердечно-сосудистой системы у медицинских сестёр через 2 минуты после окончания ФН установили, что в дневную смену показатели АДд, АДср., АДд, ЧСС и амплитуды зубца *T* значимо не отличались от исходных величин. В то же время, в ночные часы работы в периоде после действия не установлено полного восстановления изучаемых показателей, что указывает на ограничение функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы на физическую нагрузку при работе в ночную смену.

По результатам комплексных психофизиологических исследований медицинских работников в зависимости от уровня нервно-эмоциональных и зрительных нагрузок разработана методика количественной оценки степени функционального утомления организма человека при умственной и зрительно-напряженной трудовой деятельности (Патент на изобретение РФ № 2750277 от 25 июня 2021 г.). С помощью регрессионного анализа для умственной трудовой деятельности по физиологическим показателям ЦНС, зрительного анализатора и сердечно-сосудистой системы выведена формула определения уровня функционального утомления организма человека. По уровню функционального утомления организма человека при воздействии

Таблица 2 / Table 2

Изменение некоторых показателей функционального состояния сердечно-сосудистой системы при физической нагрузке у медицинских сестёр в дневную и ночную смену
Changes in some indicators of the functional state of the cardiovascular system during physical activity in nurses during the day and night shifts

Показатель	Смена	Периоды исследования			p≤0,05
		в покое	после нагрузки		
			через 10 с	через 2 мин	
ЧСС уд/мин	Дневная	72,21±1,83	93,84±2,11	72,93±1,92	1–2, 2–3
	Ночная	69,0±1,65	108,16±2,24	75,71±1,80	1–2, 2–3
P, мВ	Дневная	0,33±0,02	0,37±0,02	0,33±0,01	
	Ночная	0,29±0,02	0,36±0,02	0,31±0,01	
R, мВ	Дневная	1,73±0,03	1,80±0,03	1,74±0,01	1–2, 2–3
	Ночная	1,63±0,03	1,83±0,03	1,71±0,02	1–2, 2–3
T, мВ	Дневная	0,61±0,01	0,42±0,02	0,41±0,01	1–2
	Ночная	0,54±0,02 P≤0,05	0,29±0,02	0,36±0,01 P≤0,05	1–2
P/T, %	Дневная	54,1±1,2	88,0±2,5	80,5±2,4	1–2
	Ночная	53,7±2,3	124,1±2,5 P≤0,05	86,1±2,6	1–2, 1–3
АДд	Дневная	75,1±2,1	70,0±1,8	74,9±1,9	
	Ночная	80,2±2,1	77,7±2,2 P≤0,05	78,2±2,0	
АДср.	Дневная	93,2±2,2	93,0±2,3	92,9±2,2	
	Ночная	102,5±2,3 P≤0,05	103,0±2,4 P≤0,05	99,8±2,3	
АДс	Дневная	124,5±2,6	136,7±2,7	123,7±2,5	1–2, 2–3
	Ночная	135,4±2,7 P≤0,05	148,4±3,1 P≤0,05	144,6±2,9	1–2

факторов нервно-эмоционального и зрительно-напряженного трудового процесса определяют степень функционального утомления, причём при $Y \leq 4,3\%$ квалифицируют его как оптимальное состояние, при $4,3 < Y \leq 11,1\%$ — как допустимое состояние, при $11,1 < Y \leq 17,9\%$ — как переутомление 1 степени, при $17,9 < Y \leq 24,7\%$ — как переутомление 2-й степени, при $Y \geq 24,7\%$ — как переутомление 3-й степени. Методика позволила с высокой степенью точности определить различные степени функционального утомления организма: переутомление 1-й степени у медицинских сестёр и переутомление 2-й степени у хирургов. Методика может быть использована для обоснования мер профилактики переутомления организма работников и предупреждения производственно-обусловленных заболеваний.

По результатам исследований для профилактики переутомления, обусловленного повышенной напряжённостью труда, сменным графиком, предложены мероприятия по физиологически обоснованной коррекции функционального состояния медицинских работников (комнаты психологической разгрузки, кабинеты, оборудованные сальвинитовыми экранами, технологии БОС) с целью сохранения здоровья и трудового долголетия [18].

Обсуждение. Под переутомлением понимают неблагоприятное пограничное состояние между нормой и патологией отдельных физиологических систем, обусловленное чрезмерным по величине или длительности воздействием факторов трудового процесса с формированием сниженной активности функционирования этих систем или органов. Недостатком ранее предложенного Ю.В. Мойкиным, А.И. Киколовым, В.И. Тхоревским,

В.В. Милковым способа [2] является: отсутствие количественного определения стадий последовательного перехода функционального состояния от утомления к переутомлению различной степени выраженности; сопоставление стадий со степенью нервно-эмоциональной напряжённости трудовой деятельности; высокая трудоёмкость определения функционального утомления организма человека при воздействии факторов напряжённости трудового процесса в производственных условиях. Это затрудняет обоснованную разработку профилактических мероприятий по снижению неблагоприятного воздействия факторов напряжённости трудового процесса на организм работника.

Исследователи из области авиационной медицины определяют утомление как физиологическое состояние пониженной умственной или физической работоспособности в результате бессонницы или длительного бодрствования, фазы суточного ритма или рабочей нагрузки (умственной или физической деятельности), которое может ухудшить активность и способность члена экипажа безопасно управлять воздушным судном или исполнять другие служебные обязанности [13, 19]. Рассматриваются физиологические, психофизиологические, психологические методы исследования утомления на протяжении длительного периода времени (20–25 лет).

У медицинских работников нарастание степени утомления и его кумуляция проявляются в развитии более выраженных изменений функционального состояния ЦНС и вегетативных функций, которые проявились в учащении сердечных сокращений, особенно в моменты напряженных ситуаций в ряде случаев при одновременном удли-

нении интервалов сердечного цикла (PQ и QT). Сдвиги в предсердно-желудочковой проводимости (удлинение интервала PQ) как к концу ночной смены, так и особенно после часов стрессовых ситуаций обусловлены ухудшением функционального состояния, вследствие определённых изменений в проводящей системе сердца и тонусе экстракардиальных нервов [20–22]. Изменение вольтажа зубца T является наиболее чувствительным показателем напряжённости труда. У хирургов выявлено достоверное снижение вольтажа зубца T на 25%, в моменты напряжённых ситуаций наблюдалось снижение до 50%. Установлена зависимость величины вольтажа зубца T от степени ответственности врачей-хирургов за результат работы, дефицита времени и информации. Применение ФН у хирургов позволило выявить ряд неблагоприятных изменений: чрезмерное увеличение ЧСС на нагрузку, увеличение случаев уплощённого зубца T и замедление периода восстановления всех показателей ЭКГ после ФН в ночную смену (до 5 минут) по сравнению с дневными часами работы.

У медицинских сестёр для исследования реактивности ССС и уточнения приспособительной способности миокарда, т. е. характера реакции на усиление кровообращения также использовалась ФН. При этом анализ ЭКГ показал, что наибольшим изменениям в ночную смену подвергается частота сердечных сокращений, вольтаж зубцов, удлиняется время восстановления до исходных величин (до 3 минут). Дозированные физические нагрузки, проведённые в динамике сменной работы, позволили выявить некоторые особенности в регуляции сердечно-сосудистой системы у работников двух профессиональных групп. В частности, после работы в ночные часы у хирургов напряжение регуляторных механизмов системы кровообращения проявляется в большей степени, о чем свидетельствуют неблагоприятные изменения показателей ЭКГ и увеличение продолжительности периода восстановления. Это может свидетельствовать о снижении приспособительной возможности организма вследствие высокой нервно-эмоциональной напряжённости труда.

На основе обобщения материалов производственных психофизиологических исследований проанализированы особенности формирования переутомления у хирургов и медицинских сестёр, определены показатели функционального состояния, которые могут быть использованы для оценки рисков нарушений здоровья медицинских работников.

Выводы:

1. Напряжённость труда является ведущим профессиональным фактором у медицинских работников и обусловлена вредным воздействием показателей нервно-эмоциональных, сенсорных (зрительных) нагрузок: время работы с дисплеем от 3,5 часа до 6 часов.

2. Функциональное утомление у детских хирургов и медсестёр реанимации характеризуется изменением периодики функций ЦНС, нарушением суточных кривых показателей функций внимания, памяти, восприятия простой и сложной информации. Сглаживание ночной фазы биоритма вызывает повышение степени утомления труда хирургов и формирует низкие уровни функционального состояния ЦНС.

3. Длительные стрессовые воздействия (проведение экстренных оперативных вмешательств, работа с санитарной авиацией, срочный вызов к больному, осложнения в послеоперационном периоде, работа в сменном режиме) приводят к снижению уровня функционирования сердечно-сосудистой системы — развитию признаков утомления. Наблюдаются у хирургов неблагоприятные сдвиги показателей ЭКГ: удлинение интервалов сердечного цикла (PQ и QT), снижение вольтажа зубцов («T» до 50% от исходного), учащение сердечных сокращений, замедление периода восстановления на функциональную нагрузку в ночную смену по сравнению с дневными часами работы. У медицинских сестёр отмечается превышение должных величин среднего динамического артериального давления, высокие уровни диастолического давления в конце смены ($105,67 \pm 17,96$ мм рт. ст.), повышение индекса функциональных изменений системы кровообращения до 3,12 балла против нормативного значения 2,50 балла.

4. Разработанная методика количественной оценки функционального утомления организма человека при умственной и зрительно-напряженной трудовой деятельности позволяет с высокой степенью точности определять различные стадии функционального утомления организма: состояние переутомления 1 степени у медицинских сестёр реанимации и переутомление 2-ой степени у детских хирургов.

5. Научно обоснованы мероприятия по физиологической оптимизации труда, коррекции функционального состояния медицинских работников для профилактики переутомления, обусловленного повышенной напряжённостью труда, сменным графиком работы с целью сохранения здоровья работников и продления трудового долголетия.

Список литературы

1. Розенблат В.В. Проблема утомления. М.: Медицина; 1975.
2. Мойкин Ю.В., Киколов А.И., Тхоревский В.И., Миаков А.Е. Психофизиологические основы профилактики перенапряжений. М.: Медицина; 1987.
3. Конради Г.П., Слоним А.Д., Фарфель В.С. Физиология труда. М.-Л.: Биомедгиз; 1934.
4. Измеров Н.Ф., Каспаров А.А. Медицина труда. Введение в специальность: Пособие для последипломной подготовки врачей. М.: Медицина; 2002.
5. 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.
6. Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Фесенко М.А., Меркулова А.Г. Оценка риска утомления у работников нервно-эмоционального труда. Анализ риска здоровью. 2018; 1: 66–77. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.1.08>
7. Юшкова О.И., Матюхин В.В., Бухтияров И.В. 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.
8. Рыжов А.Я. Профессиональные аспекты оздоровления и оптимизации труда преподавателей вуза. Тверь: ТвГУ; 2004: 160.
9. Бухтияров И.В., Матюхин В.В. Физиология труда: теоретические и научно-практические аспекты современности. Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2014; 100(10): 1118–29.
10. Сорокин Г.А. Работа, утомление и профессиональный риск. Санкт-Петербург: Изд-во Политехнического ун-та; 2016.
11. Сорокин Г.А., Чистяков Н.Д. Продолжительность производственно обусловленной усталости как критерий оценки рабочей нагрузки и причина хронических заболеваний работающих. Мед. труда и пром. экол. 2022; 62(9): 594–600. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-594-600>

12. Форверц А.Ю., Ониани Х.Т., Зайцева А.В. Физиолого-гигиеническая оценка работы медицинских сестёр детской реанимации. *Мед. труда и пром. ecol.* 2019; 59(9): 794–5.
13. Новожилова А.А., Гергей А.М., Меркулова А.Г. Особенности исследования профессионального утомления в физиологии труда. *Мед. труда и пром. ecol.* 2022; 62(4): 238–46. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-238-246>
14. Загрядский В.П., Сулимо-Самуйлло З.К. *Методы исследования в физиологии труда*. Л.: Наука, 1976.
15. Р 2.2.2006-05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда: руководство. М.; 2005.
16. Кораблина Е.П. *Субъект помогающей деятельности как предмет психологического исследования. Психологические проблемы самореализации личности*. Издательство Санкт-Петербургского государственного университета (Санкт-Петербург). 2000; Вып. 4: 147–54.
17. Соловьева В.П., Порошенко А.С. Функциональные сдвиги сердечно-сосудистой системы в процессе производственной работы за пультами управления с различной степенью сложности. *Гигиена и санитария*. 1967; 6: 21–6.
18. *Методические рекомендации по оценке функционального состояния у медицинских работников при различной трудовой деятельности (в детской реанимации, детской хирургии, ковидном госпитале)*. Москва; 2022.
19. Fatigue risk management system process guide. 15 January 2020. <https://clck.ru/34kHiw>
20. Новиков Е.М., Стеблецов С.В., Ардашев В.Н., Кириллова Т.Б., Тарабарина Н.Б. Методы исследования сердечного ритма по данным ЭКГ: вариабельность сердечного ритма и дисперсионное картирование (обзорная статья). *Кремлёвская медицина. Клинический вестник*. 2019; 4: 81–9.
21. Ланг Г.Ф. *Болезни системы кровообращения*. М.: Медгиз; 1957.
22. Фогельсон Л.И. *Клиническая электрокардиография*. М.: Медицина; 1957.

References

1. Rosenblat V.V. *The problem of fatigue*. M.: Meditsina; 1975 (in Russian).
2. Moikin Yu.V., Kikolov A.I., Tkhorovsky V.I., Milkov L.E. *Psychophysiological foundations of the prevention of overstrain*. M.: Medicine; 1987 (in Russian).
3. Konradi G.P., Slonim A.D., Farfel V.S. *Physiology truda*. M.-L.: Biomeditsina; 1934 (in Russian).
4. Izmerov N.F., Kasparov A.A. *Occupational medicine. Introduction to the specialty: A manual for postgraduate training of doctors*. M.: Medicine; 2002 (in Russian).
5. 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).
6. Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Fesenko M.A., Merkulova A.G. Assessment of fatigue risk in workers of nervous and emotional labor. *Analiz riska zdorovyu*. 2018; 1: 66–77. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.1.08> (in Russian).
7. 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).
8. Ryzhov A.Ya. *Professional aspects of health improvement and optimization of the work of university teachers*. Tver: TvGU; 2004: 160 (in Russian).
9. Bukhtiyarov I.V., Matyukhin V.V. Labor physiology: theoretical and scientific-practical aspects of modernity. *Rossiiskij fiziologicheskij zhurnal im. I.M. Sechenova*. 2014; 100(10): 1118–29 (in Russian).
10. Sorokin G.A. *Work, fatigue and occupational risk*. Saint Petersburg: Publishing House of the Polytechnic University; 2016 (in Russian).
11. Sorokin G.A., Chistyakov N.D. The duration of work-related fatigue as a criterion for assessing the workload and the cause of chronic diseases of workers. *Med. truda i prom. ecol.* 2022; 62(9): 594–600 <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-9-594-600> (in Russian).
12. Forverts A.Yu., Oniani H.T., Zaitseva A.V. Physiological and hygienic assessment of the work of nurses of children's intensive care. *Med. truda i prom. ecol.* 2019; 59(9): 794–5 (in Russian).
13. Novozhilova A.A., Geregey A.M., Merkulova A.G. Features of the study of occupational fatigue in the physiology of labor. *Med. truda i prom. ecol.* 2022; 62(4): 238–46. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2022-62-4-238-246> (in Russian).
14. Zagryadsky V.P., Sulimo-Samuillo Z.K. *Research methods in labor physiology*. L.: Nauka, 1976 (in Russian).
15. 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).
16. Korablina E.P. *The subject of helping activity as a subject of psychological research. Psychological problems of personal self-realization*. Publishing House of St. Petersburg State University (St. Petersburg). 2000; Issue 4: 147–54 (in Russian).
17. Solovyova V.P., Poroshenko A.S. Functional shifts of the cardiovascular system in the process of production work at control panels with varying degrees of complexity. *Gigiena i Sanitariya*. 1967; 6: 21–6 (in Russian).
18. *Methodological recommendations for assessing the functional state of medical workers in various work activities (in pediatric intensive care, pediatric surgery, covid hospital)*. Moscow, 2022 (in Russian).
19. Fatigue risk management system process guide. 15 January 2020 <https://clck.ru/34kHiw>
20. Novikov E.M., Stebletsov S.V., Ardashev V.N., Kirillova T.B., Tarabarina N.B. Methods of heart rate research according to ECG data: heart rate variability and dispersion mapping (review article). *Kremlyovskaya meditsina. Klinicheskij vestnik*. 2019; 4: 81–9 (in Russian).
21. Lang G.F. *Diseases of the circulatory system*. M.: Medgiz; 1957 (in Russian).
22. Fogelson L.I. *Clinical electrocardiography*. M.: Meditsina; 1957 (in Russian).