

Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях № 4 2021 г.

Научный рецензируемый журнал

Издается ежеквартально с 2007 г.

Учредитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова» МЧС России
Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia

Центр сотрудничает со Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ)

Журнал зарегистрирован

Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-27744 от 30.03.2007 г.

Индекс для подписки

в агентстве «Роспечать» **80641**

Рефераты статей представлены на сайтах Научной электронной библиотеки <http://www.elibrary.ru> и ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России <http://www.nrccrm.ru>, <http://mchsros.elpub.ru/jour>

Импакт-фактор (2020) 0,845

Компьютерная верстка С.И. Рожкова, В.И. Евдокимов. Корректор Л.Н. Агапова. Перевод Н.А. Мухина

Отпечатано в РИЦ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. 198107, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149.

Подписано в печать 14.12.2021 г. Формат 60х90 1/8. Усл. печ. л. 15,0. Тираж 1000 экз.

Адрес редакции:

194044, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, д. 4/2, ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова, редакция журнала, тел.: (812) 702-63-47, факс: (812) 702-63-63, <http://www.nrccrm.ru>; <http://mchsros.elpub.ru> e-mail: 9334616@mail.ru

ISSN 1995-4441 (print)

ISSN 2541-7487 (online)

СОДЕРЖАНИЕ

Медицинские проблемы

- Евдокимов В.И., Путин В.С., Ветошкин А.А., Артюхин В.В.* Обстоятельства производственного травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2010–2020 гг.) 5
- Гацура В.Ю., Бацков С.С., Пятибрат Е.Д.* Влияние кумуляции диоксинов в липидах крови на формирование неалкогольной жировой болезни печени у пожарных 20
- Никифоров М.В., Королев А.А.* Оценка эффективности и технологии нутриционной поддержки пострадавших в чрезвычайных ситуациях с длительными нарушениями сознания вследствие черепно-мозговой травмы. 28
- Теплов В.М., Алексанин С.С., Цебровская Е.А., Белаш В.А., Бурыкина В.В., Багненко С.Ф.* Возможности компьютерного имитационного моделирования в оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях. . . 40
- Овчаренко А.П., Лемешкин Р.Н., Русев И.Т.* Проблемные вопросы организации работы нештатных формирований службы медицины катастроф Министерства обороны Российской Федерации 48
- Писаренко Л.В., Гуменюк С.А., Федотов С.А., Потапов В.И.* Современные проблемы «золотого часа» в работе служб экстренной и скорой медицинской помощи и вероятный путь их решения 60

Биологические проблемы

- Зиамбетов В.Ю., Пятибрат А.О.* Влияние гипоксической тренировки в изолирующем противогазе на повышение резистентности организма к влиянию экстремальных условий профессиональной деятельности 71
- Любимова Н.В., Тимофеев Ю.С., Бекашев А.Х., Зыбина Н.Н., Стилиди И.С., Кушлинский Н.Е.* Глиофибриллярный кислый протеин (GFAP) в сыворотке крови у пациентов с травматическим поражением головного мозга. 78
- Неронова Е.Г.* Построение калибровочных кривых для биологической цитогенетической дозиметрии и опыт применения при медицинском облучении 85
- Яковлева М.В., Санников М.В., Алексанин С.С., Нестеренко Н.В.* Особенности биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктической зоны 94

Социально-психологические проблемы

- Шишкова А.М., Бочаров В.В., Караваяева Т.А., Васильева Н.Г., Хрусталева Н.С.* Роль социально-демографических и профессиональных факторов в формировании дистресса и эмоционального выгорания у медицинских работников в период пандемии COVID-19 103
- Указатель статей, опубликованных в журнале «Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях» в 2021 г. 115

Главный редактор

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России

Редакционная коллегия

Рыбников Виктор Юрьевич (зам. гл. редактора) – д-р мед. наук, д-р психол. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Евдокимов Владимир Иванович (науч. редактор) – д-р мед. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Григорьев Степан Григорьевич – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия);

Мухаметжанов Амантай Муканбаевич – д-р мед. наук доц., Карагандинский государственный медицинский университет (г. Караганда, Казахстан);

Мухина Наталия Александровна – канд. мед. наук доц., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Ушаков Игорь Борисович – д-р мед. наук проф., акад. РАН, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна (Москва, Россия);

Шабанов Петр Дмитриевич – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия)

Редакционный совет

Аклеев Александр Васильевич – д-р мед. наук проф., Уральский научно-практический центр радиационной медицины (г. Челябинск, Россия);

Беленький Игорь Григорьевич – д-р мед. наук, Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия);

Благинин Андрей Александрович – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия);

Гончаров Сергей Федорович – д-р мед. наук проф., акад. РАН, Всероссийский центр медицины катастроф «Защита» (Москва, Россия);

Ермаков Павел Николаевич – д-р биол. наук проф., акад. РАО, Южный федеральный университет (г. Ростов-на-Дону, Россия);

Зыбина Наталья Николаевна – д-р биол. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Иванов Павел Анатольевич – д-р мед. наук проф., Научно-исследовательский институт скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (Москва, Россия);

Ильин Леонид Андреевич – д-р мед. наук проф., акад. РАН, Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна (Москва, Россия);

Кочетков Александр Владимирович – д-р мед. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова (Санкт-Петербург, Россия);

Майстренко Дмитрий Николаевич – д-р мед. наук проф., Российский научный центр радиологии и хирургических технологий им. акад. А.М. Гранова (Санкт-Петербург);

Марченко Татьяна Андреевна – д-р мед. наук проф., Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (Москва, Россия);

Миннуллин Ильдар Пулатович – д-р мед. наук проф., Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова (Санкт-Петербург, Россия);

Новикова Ирина Альбертовна – д-р мед. наук проф., Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова (г. Архангельск, Россия);

Попов Валерий Иванович – д-р мед. наук проф., Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко (г. Воронеж, Россия);

Решетников Михаил Михайлович – д-р психол. наук проф., Восточно-Европейский институт психоанализа (Санкт-Петербург, Россия);

Рожко Александр Валентинович – д-р мед. наук проф., Республиканский научно-практический центр радиационной медицины и экологии человека (г. Гомель, Беларусь);

Романович Иван Константинович – д-р мед. наук проф., акад. РАН, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены им. проф. П.В. Рамзаева (Санкт-Петербург, Россия);

Романчишен Анатолий Филиппович – д-р мед. наук проф., Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет (Санкт-Петербург, Россия);

Тихилов Рашид Муртузалиевич – д-р мед. наук проф., Российский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена (Санкт-Петербург, Россия);

Тулупов Александр Николаевич – д-р мед. наук проф., Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт скорой помощи им. И.И. Джанелидзе (Санкт-Петербург, Россия);

Фисун Александр Яковлевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (филиал, Москва, Россия);

Хоминец Владимир Васильевич – д-р мед. наук проф., Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург, Россия);

Черешнев Валерий Александрович – д-р мед. наук проф., акад. РАН, Институт иммунологии и физиологии (г. Екатеринбург, Россия);

Шантырь Игорь Игнатьевич – д-р мед. наук проф., Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург, Россия);

Hetzer Roland – д-р мед. наук проф., Немецкий сердечный центр (г. Берлин, ФРГ);

Bey Tareg – д-р мед. наук проф., Департамент гражданской защиты (г. Ориндж, США);

Bernini-Carri Enrico – д-р мед. наук проф., Департамент гражданской обороны (г. Модена, Италия)

Жанат Карр – д-р мед. наук, Сеть обеспечения готовности оказания медицинской помощи при радиационной аварийной ситуации, Всемирная организация здравоохранения (г. Женева, Швейцария)

© Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России, 2021 г.

Решением Минобрнауки России от 26.12.2018 г. № 909 журнал включен в состав Перечня рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки: 05.26.00 «Безопасность деятельности человека» (биологические, медицинские и психологические науки), 14.01.15 «Травматология и ортопедия» (медицинские науки), 14.01.17 «Хирургия» (медицинские науки), 14.02.01 «Гигиена» (медицинские науки), 14.02.03 «Общественное здоровье и здравоохранение» (медицинские науки)

Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях

Founder

The Federal State Budgetary Institute
«The Nikiforov Russian Center of Emer-
gency and Radiation Medicine», The Min-
istry of Russian Federation for Civil Defence,
Emergencies and Elimination of Conse-
quences of Natural Disasters (NRCERM,
EMERCOM of Russia)

World Health Organization Collaborating
Center

Journal Registration

Russian Federal Surveillance Service for
Compliance with the Law in Mass Commu-
nications and Cultural Heritage Protection.
Registration certificate
ПИ № ФС77-27744 of 30.03.2007.

Subscribing index

in the «Rospechat» agency: **80641**

Abstracts of the articles are presented on
the website of the Online Research Library:
<http://www.elibrary.ru>, and the full-text
electronic version of the journal – on
the official website of the NRCERM,
EMERCOM of Russia:
<http://www.nrcerm.ru>,
<http://mchsros.elpub.ru/jour>

Impact factor (2020) 0,845

Computer makeup S. I. Rozhkova,
V. I. Evdokimov. Proofreading L. N. Aga-
pova. Translation N. A. Muhina

Printed in the St. Petersburg University
State Fire-Fighting Service, EMERCOM
of Russia.

Approved for press 14.12.2021. Format
60x90 ¹/₈. Conventional sheets 15.0.
No. of printed copies 1000.

Address of the Editorial Office:

Academica Lebedeva Str., 4/2,
St. Petersburg, 194044. NRCERM.
EMERCOM of Russia, Tel. (812)
541-85-65, fax (812) 541-88-05,
<http://www.nrcerm.ru>; mchsros.elpub.ru
e-mail: 9334616@mail.ru

ISSN 1995-4441 (print)

ISSN 2541-7487 (online)

CONTENTS

Medical Issues

- Evdokimov V.I., Putin V.S., Vetoshkin A.A., Artyukhin V.V.* The
circumstances of work-related injuries and death of the personnel of the
Federal Fire Service of the EMERCOM of Russia (2010–2020) 5
- Gatsura V.Y., Batskov S.S., Pyatibrat E.D.* The effect of accumulation
of dioxins in blood lipids on the formation of non-alcoholic fatty liver
disease in firefighters. 20
- Nikiforov M.V., Korolev A.A.* Evaluation of the effectiveness and
technology of nutritional support of victims in emergency situations with
a long-term impairment of consciousness due to traumatic brain injury . . .28
- Teplov V.M., Aleksanin S.S., Tsebrovskaya E.A., Belash V.A.,
Burykina V.V., Bagnenko S.F.* Possibilities of computer simulation
in optimizing the work of the inpatient emergency department
in emergency situations. 40
- Ovcharenko A.P., Lemeshkin R.N., Rusev I.T.* Problematic issues of
organizing the work of supernumerary units of the Disaster Medicine
Service of the Ministry of Defense of the Russian Federation. 48
- Pisarenko L.V., Gumenyuk S.A., Fedotov S.A., Potapov V.I.* Modern
problems of the “golden hour” in the work of emergency services and
emergency medical care and the likely way to solve them 60

Biological Issues

- Ziambetov V. Yu., Pyatibrat A.O.* The effect of hypoxic training in an
insulating gas mask on increasing the body's resistance to the influence
of extreme conditions of professional activity 71
- Lyubimova N.V., Timofeev Yu.S., Bekyashev A. Kh., Zybina N.N.,
Stilidi I.S., Kushlinskii N.E.* Glial fibrillary acidic protein (GFAP) in blood
serum of patients with traumatic brain injury 78
- Neronova E.G.* Calibration curves development for biological cytogenetic
dosimetry and experience with medical exposure. 85
- Yakovleva M.V., Sannikov M.V., Aleksanin S.S., Nesterenko N.V.*
Features of the bioelement status in Russian EMERCOM employees
working in the Arctic zone 94

Social and Psychological Issues

- Shishkova A.M., Bocharov V.V., Karavayeva T.A., Vasilyeva N.G.,
Chrustaleva N.S.* Role of sociodemographic and occupational factors
in emotional distress and burnout of health professionals during the
COVID-19 pandemic 103
- Index of articles of journal “Medico-Biological and Socio-Psychological
Problems of Safety in Emergency Situations” 2021 115

Editor-in-Chief

Sergei S. Aleksanin – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member Russian Academy of Sciences, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia)

Editorial Board

Viktor Yu. Rybnikov (Deputy Editor-in-Chief) – Dr. Med. Sci., Dr. Psychol. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Vladimir I. Evdokimov (Science Editor) – Dr. Med. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Stepan Grigorjevich Grigoriev – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia);

Amantai Mukanbaevich Mukhametzhonov – Dr. Med. Sci. Associate Prof., Karaganda State Medical University (Karaganda, Kazakhstan);

Nataliya A. Mukhina – PhD Med. Sci. Associate Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Igor' B. Ushakov – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan (Moscow, Russia);

Petr D. Shabanov – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia)

Members of Editorial Council

Aleksandr V. Akleev – Dr. Med. Sci. Prof., Urals Research Center for Radiation Medicine (Chelyabinsk, Russia);

Igor G. Belenkii – Dr. Med. Sci., Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (St. Petersburg, Russia);

Andrei Aleksandrovich Blagin – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia);

Sergei F. Goncharov – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, All Russian Centre for Disaster Medicine "Zaschita" (Moscow, Russia);

Pavel N. Ermakov – Dr. Biol. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Education, Southern Federal University (Rostov-on-Don, Russia);

Natal'ya N. Zybyina – Dr. Biol. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Pavel A. Ivanov – Dr. Med. Sci. Prof., N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine (Moscow, Russia);

Leonid A. Il'in – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Federal Medical Biophysical Center named after A.I. Burnazyan (Moscow, Russia);

Aleksandr V. Kochetkov – Dr. Med. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Dmitry N. Maystrenko – Dr. Med. Sci. Prof., Russian Research Centre of Radiology and Surgical Technologies named after A.M. Granov (St. Petersburg, Russia);

Tat'yana A. Marchenko – Dr. Med. Sci. Prof., All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies EMERCOM of Russia (Moscow, Russia);

Il'dar P. Minnullin – Dr. Med. Sci. Prof., Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (St. Petersburg, Russia);

Irina Al'bertovna Novikova – Dr. Med. Sci. Prof., Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia);

Valerii I. Popov – Dr. Med. Sci. Prof., Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko (Voronezh, Russia);

Mikhail M. Reshetnikov – Dr. Psychol. Sci. Prof., East European Institute of Psychoanalysis (St. Petersburg, Russia);

Aleksandr V. Rozhko – Dr. Med. Sci. Prof., Republican Scientific Center for Radiation Medicine and Human Ecology (Gomel, Belarus);

Ivan K. Romanovich – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Prof. P.V. Ramzaev (St. Petersburg, Russia);

Anatoliy F. Romanchishen – Dr. Med. Sci. Prof., St. Petersburg State Pediatric Medical University (St. Petersburg, Russia);

Rashid M. Tikhilov – Dr. Med. Sci. Prof., Russian Scientific Research Institute of Traumatology and Orthopedics named after R.R. Vreden (St. Petersburg, Russia);

Aleksandr N. Tulupov – Dr. Med. Sci. Prof., I.I. Dzhanelidze St. Petersburg Research Institute of Emergency Medicine (St. Petersburg, Russia);

Aleksandr Y. Fisun – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member Russian Academy of Sciences, Kirov Military Medical Academy (St. Petersburg, Russia);

Vladimir V. Khominets – Dr. Med. Sci. Prof., Kirov Military Medical Academy (branch, Moscow, Russia);

Valerii A. Chereshnev – Dr. Med. Sci. Prof., Member, Russian Academy of Sciences, Institute of Immunology and Physiology (Yekaterinburg, Russia);

Igor' I. Shantyr' – Dr. Med. Sci. Prof., Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (St. Petersburg, Russia);

Hetzer Roland – Dr. Med. Sci. Prof., Deutsches Herzzentrum (Berlin, Germany);

Bey Tareg – Dr. Med. Sci. Prof., Civil Defence Department (Orange, California, USA);

Bernini-Carri Enrico – Dr. Med. Sci. Prof., Civil Defence Department (Modena, Italy)

Zhanat Carr – DM, PhD, Radiation Emergency Medical Preparedness and Assistance Network (REMAN), World Health Organization (Geneva, Switzerland)

УДК 614.84 : 616-001-07 : 331.452
DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19

В.И. Евдокимов¹, В.С. Путин²,
А.А. Ветошкин¹, В.В. Артюхин²

ОБСТОЯТЕЛЬСТВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ГИБЕЛИ ЛИЧНОГО СОСТАВА ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ (2010–2020 ГГ.)

¹Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

²Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий) (Россия, Москва, ул. Давыдовская, д. 7)

Актуальность. Экстремальные условия деятельности пожарных способствуют перенапряжению функциональных резервов организма и, вероятно, могут определять повышенный уровень производственного травматизма.

Цель – провести анализ обстоятельств производственного травматизма и гибели личного состава (сотрудников, имеющих специальные воинские звания, и работников) Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России в 2010–2020 г.

Методология. Сформировали массив статистических данных производственного травматизма (в том числе со смертельными исходами) личного состава ФПС МЧС России за 11 лет с 2010 по 2020 г. Использовали показатели отраслевых ресурсов статистических данных по заболеваемости, травматизму, инвалидности и гибели личного состава подразделений МЧС России. Производственный травматизм по 14 обстоятельствам, содержащимся в статистической отчетности, рассчитали на 10 тыс. пожарных, гибель при исполнении служебных обязанностей – на 100 тыс. Представлены средние арифметические показатели и их ошибки ($M \pm m$). Показатели производственного травматизма и гибели пожарных сравнили с аналогичными показателями у работников в экономике России.

Результаты и их анализ. Среднегодовой уровень производственного травматизма пожарных составил ($11,10 \pm 1,84$) на 10 тыс. пожарных, работников по всей экономике России – ($15,09 \pm 1,21$) на 10 тыс. работников. Выявлена динамика уменьшения показателей производственного травматизма пожарных и в России. Отмечается высокая согласованность трендов производственного травматизма работников в России и пожарных, что может указывать на влияние односторонних факторов в развитии показателей. Производственный травматизм пожарных в 40,5% определялся тушением пожаров, в 39,7% – повседневной деятельностью, в 19,8% – профессиональной подготовкой и спортивными мероприятиями. Среднегодовой уровень гибели пожарных составил ($7,30 \pm 0,65$) на 100 тыс., в том числе при пожаротушении – ($4,86 \pm 0,51$), повседневной деятельности – ($2,44 \pm 0,26$). Уровень производственной гибели работников в России был ($6,75 \pm 0,48$) на 100 тыс. Выявлена динамика уменьшения показателей гибели пожарных и в России. Согласованность трендов гибели работников в России и пожарных – умеренная и положительная, но статистически недостоверная. Ведущими обстоятельствами производственного травматизма пожарных являются: личная неосторожность (40,1%), падения с высоты (13,5%), дорожно-транспортные происшествия (12,6%), обрушения, обвалы строительных конструкций, предметов и материалов (10,7%), воздействия экстремальных температур (4,1%). Перечисленные 5 обстоятельств составили 81% от структуры производственного травматизма. Ведущими обстоятельствами гибели стали фатальные травмы, связанные с обрушением, обвалами строительных конструкций, предметов и материалов (24,6%), дорожно-транспортными происшествиями (22%), отравлением продуктами горения (12,9%), со взрывом газовых баллонов или газовоздушной смеси (11,3%) и падением с высоты (9,5%). Перечисленные 5 обстоятельств составили 80,3% от всей гибели пожарных при исполнении служебных обязанностей.

Заключение. При строгой регистрации всех происшествий травматизм является управляемым процессом. Анализ видов деятельности и обстоятельств получения травм (в том числе фатальных) будет способствовать профилактике производственного травматизма пожарных и снижать их гибель при исполнении служебных обязанностей.

Ключевые слова: травма, травматизм, гибель на производстве, охрана труда, пожарный, пожар, МЧС России.

✉ Евдокимов Владимир Иванович – д-р мед. наук проф., гл. науч. сотр., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), препод. Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Путин Владимир Семёнович – канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Всерос. науч.-исслед. ин-т по пробл. гражд. обороны и чрезв. ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий) (Россия, 121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7), e-mail: vsputin@mail.ru;

Ветошкин Александр Александрович – канд. мед. наук доц., врач-травматолог-ортопед отд. травматологии и ортопедии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никитина МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), ORCID 0000-0003-3258-2220, e-mail: totoalex5@gmail.com;

Артюхин Валерий Викторович – канд. экон. наук доц., вед. науч. сотр., Всерос. науч.-исслед. ин-т по пробл. гражд. обороны и чрезв. ситуаций МЧС России (федеральный центр науки и высоких технологий) (Россия, 121352, Москва, ул. Давыдовская, д. 7), e-mail: 61otdel@gmail.com

Введение

Несмотря на тенденцию уменьшения травм и смертельных случаев на рабочем месте, их показатели в мировой экономике остаются высокими. По сведениям Международной организации труда (The International Labour Organization), ежегодно во всем мире происходят более 300 млн несчастных случаев на производстве, и 2,3 млн человек гибнут от травм и профессиональных заболеваний (более 6000 жертв/день). Профессиональный риск гибели на рабочем месте составляет 8,8% от структуры смертности от непреднамеренных травм в мире [18].

Экономические издержки, связанные с производственными травмами и заболеваниями, по оценкам стран варьируют от 1,8 до 6,0% внутреннего валового продукта, по усредненным данным Международной организации труда составляют около 4% [19].

Производственный травматизм снижается и в России, но его показатели по-прежнему соотносят нашу страну в группу лидеров в мире. По данным Росстата [<https://rosstat.gov.ru/working>], за 11 лет (2010–2020 гг.) среднегодовая численность пострадавших при несчастных случаях (включая смертельные исходы) на производстве была $(31,48 \pm 2,74)$ тыс. человек или $(15,1 \pm 0,12)\%$, в том числе со смертельным исходом – (1509 ± 121) человек или $(0,068 \pm 0,005)\%$. Среднегодовое число человеко-дней нетрудоспособности у пострадавших на производстве по экономике России составило $(1,51 \pm 0,12)$ млн, на 1 пострадавшего приходилось $(48,4 \pm 0,5)$ человеко-дней трудопотерь. Израсходова-

но средств на мероприятия по охране труда в расчете на 1 работающего $(11,4 \pm 1,1)$ тыс. рублей.

Наиболее часто травмы на рабочем месте в России возникают в обрабатывающей промышленности, транспорте и сельском хозяйстве, травмы со смертельным исходом – в обрабатывающей промышленности, транспорте и строительстве (рис. 1). Каждая десятая травма взрослого населения России была связана с производством, в том числе в 5% – в промышленном производстве, по 1% – в сельском хозяйстве и транспорте [16].

Профессия пожарного относится к экстремальной, при которой могут возникать не только профессионально обусловленные болезни, но имеется и вероятный риск гибели. К опасным факторам пожара (ст. 9 Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ от 22.06.2008 г.), воздействующим на людей и материальные ценности, относят:

- пламя и искры;
- тепловой поток;
- повышенную температуру окружающей среды;
- повышенную концентрацию токсичных продуктов горения и термического разложения;
- пониженную концентрацию кислорода;
- снижение видимости в дыму.

Сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара являются:

- осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, транспортных средств;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;
- опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;
- воздействие огнетушащих веществ.

По данным Центра пожарной статистики (Center of Fire Statistics) Международной ассоциации пожарно-спасательных служб (International Association of Fire and Rescue Services) [17], изучили показатели травм у пожарных в странах, на которых были сведения в отчетах в 2010–2019 гг., и зная общее количество лиц (пожарные-профессионалы и волонтеры), принимающих участие в пожа-



Рис. 1. Структура производственного травматизма и гибели по ведущим отраслям экономики России в 2010–2019 гг.

Таблица 1

Динамика гибели на службе и производственного травматизма пожарных в странах мира (адаптировано по [17])

Страна	Год/количество погибших и травмированных (в знаменателе) пожарных										Общее количество пожарных	Среднегодовой уровень, ‰	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019		травм	гибели
Беларусь	$\frac{6}{11}$	$\frac{-}{9}$	$\frac{-}{6}$	$\frac{0}{13}$	$\frac{0}{11}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{2}{14}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{5}$	-	15936	0,54	0,108
Болгария		$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{13}$	$\frac{0}{19}$	$\frac{0}{31}$	$\frac{0}{25}$	$\frac{0}{19}$	$\frac{0}{22}$	$\frac{1}{23}$	$\frac{1}{14}$	9614	2,06	0,023
Венгрия	$\frac{0}{42}$	$\frac{0}{106}$	$\frac{1}{143}$	-	$\frac{0}{53}$	$\frac{0}{52}$	$\frac{0}{72}$	$\frac{0}{72}$	$\frac{0}{84}$	$\frac{0}{67}$	30878	2,49	0,004
Латвия	$\frac{0}{11}$	$\frac{0}{27}$	$\frac{0}{27}$	-	$\frac{0}{43}$	$\frac{0}{57}$	$\frac{0}{57}$	$\frac{0}{49}$	-	$\frac{0}{67}$	3130	14,19	0,0
Литва	$\frac{0}{17}$	-	$\frac{0}{16}$	$\frac{0}{20}$	$\frac{1}{22}$	$\frac{0}{16}$	$\frac{0}{21}$	$\frac{0}{23}$	-	$\frac{0}{29}$	4610	4,45	0,027
Польша	$\frac{0}{-}$	$\frac{2}{-}$	$\frac{1}{-}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{1}{425}$	$\frac{0}{368}$	$\frac{2}{204}$	$\frac{1}{406}$	$\frac{0}{1298}$	676 193	0,80	0,001
США	$\frac{72}{7187}$	$\frac{61}{70090}$	$\frac{97}{65880}$	$\frac{64}{69400}$	$\frac{64}{63350}$	$\frac{68}{62085}$	$\frac{69}{62085}$	$\frac{60}{58635}$	$\frac{64}{58250}$	$\frac{48}{60225}$	1 115 000	51,77	0,060
Финляндия	$\frac{0}{125}$	$\frac{1}{84}$	$\frac{0}{37}$	$\frac{0}{82}$	-	$\frac{0}{66}$	$\frac{0}{81}$	$\frac{0}{43}$	$\frac{0}{67}$	-	19267	3,80	0,006
Чехия	$\frac{0}{458}$	$\frac{0}{405}$	$\frac{1}{225}$	$\frac{0}{166}$	$\frac{0}{428}$	$\frac{0}{242}$	$\frac{0}{182}$	$\frac{2}{182}$	$\frac{0}{253}$	$\frac{1}{217}$	80 112	3,44	0,005
Эстония	$\frac{0}{9}$	$\frac{0}{41}$	$\frac{1}{37}$	$\frac{0}{35}$	$\frac{0}{38}$	$\frac{1}{51}$	$\frac{0}{52}$	$\frac{0}{57}$	$\frac{0}{54}$	$\frac{0}{52}$	3627	12,02	0,193
Украина	$\frac{0}{-}$	$\frac{0}{-}$	$\frac{2}{-}$	$\frac{2}{-}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{5}{34}$	$\frac{1}{21}$	$\frac{2}{15}$	$\frac{0}{29}$	$\frac{2}{25}$	195 884	0,01	0,001
Среднегодовая медиана (Me) по 11 странам												3,44	0,006

ротушении, рассчитали уровень травматизма (табл. 1). Отмечается выраженная вариабельность показателей, в связи с чем использовали непараметрические методы описательной статистики. Среднегодовая медиана (Me [Q₂₅; Q₇₅]) производственного травматизма и гибели пожарных в 11 странах за 10 лет (2010–2019 гг.) была 3,44 [0,80; 12,02]‰ и 0,006 [0,001; 0,060]‰ соответственно.

Из проанализированных стран (см. табл. 1) низкий уровень травматизма и гибели пожарных наблюдался в Польше (0,80 и 0,001‰ соответственно), Венгрии (2,49 и 0,004‰ соответственно) и Болгарии (2,06 и 0,023‰ соответственно), высокий – в США (51,77 и 0,060‰ соответственно) и Эстонии (12,02 и 0,193‰ соответственно). Высокий уровень травматизма в США обуславливается высоким уровнем социального страхования здоровья пожарных и активным участием в пожаротушении значительного количества не всегда хорошо подготовленных лиц, например волонтеров.

Уместно указать, что наблюдаемые в публикациях уровни травматизма и смертности пожарных могут зависеть не только от периода наблюдения, но и от обследованного контингента, например, всего личного состава Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России, сотрудников, имеющих

специальные воинские звания, работников, оперативного персонала, который дежурит сутками и выезжает на пожаротушение и пр. В исследованиях С.С. Алексанина и соавт. среднегодовой уровень производственного травматизма сотрудников Государственной противопожарной службы России (после 2005 г. – ФПС МЧС России) в 1996–2016 гг. был (3,84 ± 0,41)‰, оперативного состава в 1999–2015 гг. – (5,29 ± 0,64)‰, работающего населения России в указанные периоды – (3,41 ± 0,35) и (3,00 ± 0,32)‰. По сравнению с работниками в России уровень травматизма у оперативного состава пожарных оказался статистически достоверно больше (p < 0,05). В динамике отмечается снижение производственного травматизма пожарных [1].

В статье В.В. Харина и соавт. уровень производственного травматизма сотрудников ФПС МЧС России в 2015–2019 гг. составил (0,85 ± 0,06)‰, уровень гибели на службе – (0,079 ± 0,002)‰. Оказалось, что усредненные риски травматизма и гибели пожарных и работников с другими профессиями в России практически не различаются. При проведении статистических исследований показана необходимость группировать сотрудников ФПС МЧС России по направлениям деятельности (оперативная по тушению пожаров, профилактическая, техническая,

административная и др.) и оценивать профессиональный риск повреждения здоровья по каждому направлению деятельности отдельно [15].

Проведенные исследования показали, что уровень производственного травматизма пожарных определяется многими факторами: явными профессиональными, определяющих сложность пожара [1, 4, 11, 15], а также временем суток и сезоном года возникновения пожара [3, 4], возрастом и стажем профессиональной деятельности [11], психологическими качествами пожарного [9] и пр.

Во Всероссийском научно-исследовательском институте противопожарной обороны МЧС России провели факторизацию основных причин травматизма сотрудников ФПС МЧС России за 2004–2013 гг. [8], которые были объединены в 4 группы опасных факторов:

1-й – условия пожара (ожоги, отравления продуктами горения, падения, попадание в пострадавшего инородного тела);

2-й – технические причины (отказ и дефект пожарного оборудования и специального снаряжения);

3-й – организационные причины (неправильная организация пожаротушения, тренировок, занятий, соревнований, хозяйственных работ, нарушение и несоблюдение требований охраны труда);

4-й – личные условия (неосторожность при пожаротушении, проведении соревнований, работ и пр., несоблюдение требований охраны труда, недостаточная профессиональная подготовка).

Распределение случаев травматизма сотрудников ФПС МЧС России по выделенным факторам показало, что в 2013 г. травм, соотнесенных с 1-м фактором, было 8,8 %, со 2-м – 6,5 %, с 3-м – 33,6 %, с 4-м – 51,1 %. Более $\frac{2}{3}$ травм у сотрудников ФПС МЧС России возникали за счет личностных факторов, в основном по причине личной неосторожности, и организационных недостатков [8].

Проблемы травматизма актуальны и для специалистов других экстремальных профессий [5]. Например, уровень травматизма офицеров Вооруженных сил России в 2003–2020 гг. был $(17,25 \pm 1,33)\%$ и 4,1 % от структуры первичной заболеваемости по всем классам по МКБ-10. Обстоятельств травм, связанных с боевым дежурством, боевой подготовкой, было 18,5 %, с несением нарядов и выполнением других обязанностей повседневной службы – 12,6 %, эксплуатации вооружения и военной техники – 4 %, про-

чих – 23,9 %. Травм, полученных во вне служебное время, оказалось достаточно много – 40,4 % [6].

Уровень травматизма офицеров Вооруженных сил Республики Беларусь в 2003–2020 гг. составил $(13,37 \pm 1,43)\%$ и 1,8 % от структуры первичной заболеваемости по всем классам по МКБ-10. Количество травм, полученных при исполнении служебных обязанностей, было 38,8 %, не связанных с исполнением обязанностей службы – 62,2 % [6].

Цель – провести анализ обстоятельств производственного травматизма и гибели личного состава ФПС МЧС России в 2010–2020 гг.

Материал и методы

Сформировали массив статистических данных производственного травматизма (в том числе со смертельными исходами) и гибели личного состава ФПС МЧС России за 11 лет с 2010 по 2020 г. По данным Международной организации труда, на каждый случай гибели работника, который трудно скрыть, приходится не менее 400–500 случаев травм. В представленных нам учетных случаях травматизма и гибели пожарных это соотношение было 1: 15; по данным Росстата, среди работников в экономике России, – 1: 22; по данным СТIF (см. табл. 1), у пожарных США – 1: 865, Венгрии – 1: 681, Финляндии – 1: 585, Польши – 1: 386, Эстонии – 1: 62, Украины – 1: 10.

Использовали материалы предыдущей статьи автора [13] и банка статистических данных по заболеваемости, травматизму, инвалидности и гибели личного состава подразделений МЧС России при выполнении служебных обязанностей [10]. Данные за 2016–2019 гг. получили из отчета о НИР «Разработка типового положения о системе управления охраной труда в МЧС России» (исполнители: В.С. Путин, М.А. Балер, В.В. Артюхин и соавт.; Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России), за 2020 г. – из документа «Анализ травматизма и гибели личного состава в системе МЧС России за 2020 год» (письмо МЧС России от 21.04.2021 г. № М-АГ-97, исполнитель – Управление стратегического планирования и организационной работы МЧС России).

Из данных федеральной государственной информационной системы «ФБД «Пожары»» [<https://sites.google.com/site/statistikapozaro/>] были извлечены сведения о пожарах. С 2019 г.

Таблица 2

Динамика численности пожаров, трудоспособного населения России и личного состава ФПС МЧС России

Показатель	Год										
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Пожары, ед.	598 938	492 221	502 003	429 951	589 653	532 680	441 063	447 586	484 518	471 426	439 306
Трудоспособное население, тыс.	87 847	87 055	86 137	85 162	85 415	84 199	83 224	82 264	81 362	82 678	81 881
Личный состав, человек	199 670	206 390	203 990	203 096	202 023	189 429	198 517	190 549	185 599	186 756	187 525

изменилась статистика пожаров в России. Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства (ст. 1 Федерального закона «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 г. № 69 ФЗ). До 2019 г. в статистику пожаров не включались горение материальных предметов (мусора, листвы, травы и пр.), которые оценивались как загорание (они якобы не наносят ущерба). Для сравнимости показателей с последними годами в массив пожаров с 2010 по 2018 г. включены сведения о загораниях, они также характеризуют деятельность личного состава, связанную с пожаротушением (табл. 2).

Из официального сайта Росстата [<https://rosstat.gov.ru/folder/12781>] получили данные о численности трудоспособного населения России. Она представляется на 1 января текущего года. В наших исследованиях для проведения расчетов за 2019 г. использовали сведения о численности населения на 01.01.2020 г. (с запаздыванием года они представлены и в табл. 2).

Среднегодовой численный состав личного состава (сотрудников и работников) ФПС МЧС России в изученный период составил $(195,8 \pm 2,4)$ тыс. человек, среднегодовое

количество пожаров – $(493,6 \pm 17,7)$ тыс. (рис. 2).

В связи с низкими показателями сведения производственного травматизма рассчитали на 10 тыс. человек, гибели при исполнении служебных обязанностей – на 100 тыс. человек. Для сравнения полученных показателей с предыдущими исследованиями [13] оценили травматизм (гибель) по обстоятельствам и видам деятельности:

- пожаротушение (выезд на пожар, ликвидация пожара и его последствий);
- повседневная (дорога на работу, хозяйственные и ремонтные работы, наряд по службе, передвижение во время работы и пр.);
- профессиональная подготовка (занятия, участие в учениях и пр.) и спортивные мероприятия.

Рассчитали также риски получить травму (погибнуть) для пожарных:

- R_1 – риск пожарного получить травму при пожаротушении 1000 пожаров в год [травм, полученных при пожаротушении/ 10^3 пожаров или $n \cdot 10^{-3}$ травм/(пожар $\cdot$ год)];
- R_2 – риск пожарного погибнуть при пожаротушении 1000 пожаров в год [смертей, полученных при пожаротушении/ 10^3 пожаров или $n \cdot 10^{-3}$ смертей/(пожар $\cdot$ год)];
- R_3 – индивидуальный риск пожарного получить травму при исполнении служебных обязанностей – число травм, приходящихся на 10 тыс. пожарных в год [травм/ 10^4 человек $\cdot$ год или $n \cdot 10^{-4}$ травм/(пожарных $\cdot$ год)];
- R_4 – индивидуальный риск пожарного погибнуть при исполнении служебных обязанностей – число жертв, приходящихся на 100 тыс. пожарных в год [смертей/ 10^5 человек $\cdot$ год или $n \cdot 10^{-5}$ смертей/(пожарных $\cdot$ год)].

Очевидно, что риски $R_{1,2}$ характеризуют возможность реализации пожарной опасности, а риски $R_{3,4}$ – последствия этой реализации, представленные в статье как среднегодовой уровень производственного травматизма в 2010–2020 гг., в том числе для работников по всей экономике России.

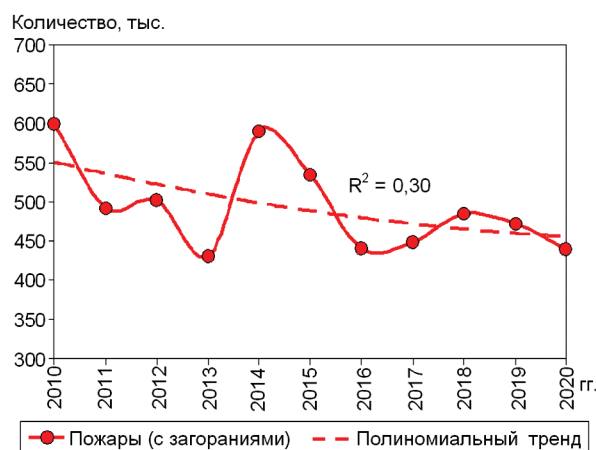


Рис. 2. Динамика учетных пожаров в России.

Таблица 3

Уровни производственного травматизма и гибели личного состава ФПС МЧС России и работников в России

Показатель деятельности	Год											M ± m	%
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020		
Производственный травматизм (в том числе со смертельными исходами), на 10 тыс. пожарных													
Пожаротушение	7,36	6,88	6,23	4,73	4,70	2,38	2,77	3,57	3,18	4,07	3,57	4,49 ± 0,59	40,5
Повседневная	10,42	10,37	4,51	3,89	4,06	2,48	3,53	2,41	1,72	3,16	1,97	4,41 ± 0,93	39,7
Подготовка и спорт	4,86	5,48	1,37	2,17	2,33	1,16	1,31	1,47	1,45	1,82	0,75	2,20 ± 0,46	19,8
Всего	22,64	22,72	12,11	10,78	11,09	6,02	7,61	7,45	6,36	9,05	6,29	11,10 ± 1,84	100,0
Гибель на производстве, на 100 тыс. пожарных													
Пожаротушение	7,51	3,88	4,41	4,92	3,46	4,22	8,56	5,25	3,77	3,21	4,27	4,86 ± 0,51	66,5
Повседневная	3,51	2,91	2,45	3,45	2,47	1,58	2,52	2,10	0,54	2,14	3,20	2,44 ± 0,26	33,5
Всего	11,02	6,78	6,86	8,37	5,94	5,81	11,08	7,35	4,31	5,35	7,47	7,30 ± 0,35	100,0
Показатели в России (травматизм – на 10 тыс., гибель – на 100 тыс. работников)													
Травматизм	22,00	21,00	19,00	17,00	14,00	13,00	13,00	13,00	12,00	12,00	10,00	15,09 ± 1,21	
Гибель	9,40	8,60	8,40	8,00	6,70	6,20	6,20	5,60	5,40	5,30	4,50	6,75 ± 0,48	

Результаты проверили на нормальность распределения признаков. В статье представлены средние арифметические показатели и их ошибки ($M \pm m$). Динамику получения травм оценили анализом динамических рядов, для чего использовали полиномиальный тренд 2-го порядка. Коэффициент детерминации (R^2) показывал связь построенного тренда с реальной тенденцией показателей, чем больше был R^2 , тем более объективно был построен тренд. Согласованность (конгруэнтность) изучаемых трендов травматизма провели с использованием коэффициента корреляции (r) Пирсона.

Результаты и их анализ

Вид деятельности. Обобщенные показатели производственного травматизма (в том числе со смертельными исходами), гибели и травм по видам деятельности представлены в табл. 3. Среднегодовой уровень производ-

ственного травматизма пожарных составил ($11,10 \pm 1,84$) на 10 тыс. пожарных, работников по всей экономике России – ($15,09 \pm 1,21$) на 10 тыс. работников. Достоверных различий в показателях травматизма пожарных и работников в России не выявлено.

На рис. 3–5 показано развитие производственного травматизма пожарных и работников в России. При высоких коэффициентах детерминации полиномиальные тренды демонстрируют уменьшение данных.

Согласованность трендов производственного травматизма в России и пожарных (см. табл. 3) – очень высокая и приближается к функциональной ($r = 0,912$; $p < 0,001$), что может указывать на влияние однонаправленных факторов в развитии показателей.

В динамике структуры травматизма отмечается уменьшение доли травм, обусловленных повседневной деятельностью, профессиональной подготовкой и спортивными

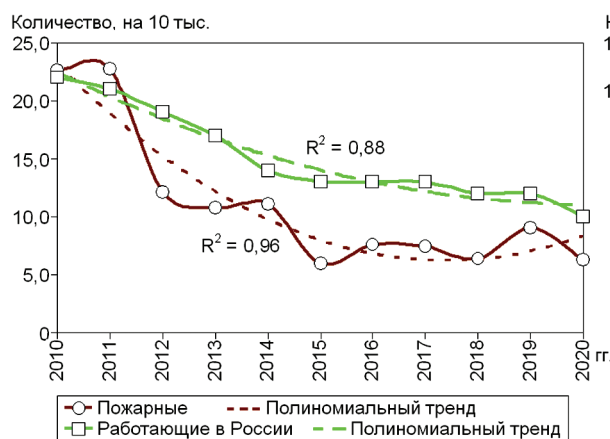


Рис. 3. Динамика производственного травматизма пожарных и работающих в России.

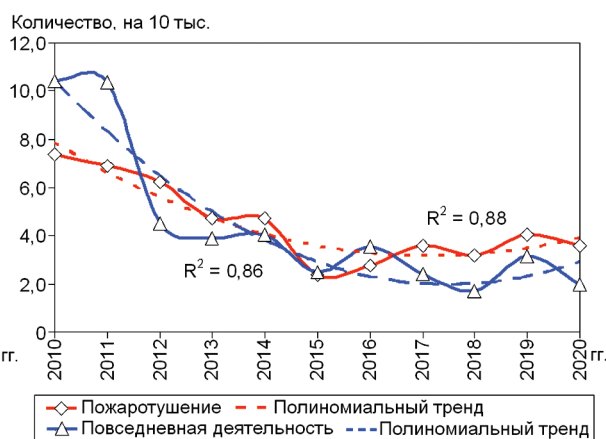


Рис. 4. Динамика производственного травматизма пожарных, связанного с пожаротушением и повседневной деятельностью.



Рис. 5. Динамика производственного травматизма пожарных при профессиональной подготовке и спортивных мероприятиях.

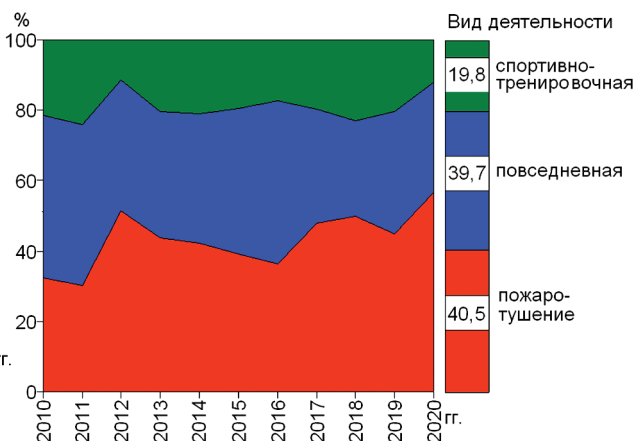


Рис. 6. Динамика структуры производственного травматизма пожарных.

мероприятиями, и увеличение травматизма, связанного с пожаротушением (рис. 6).

Среднегодовой уровень смертности личного состава ФПС МЧС России при исполнении служебных обязанностей в 2010–2020 гг. составил $(7,30 \pm 0,65)$ на 100 тыс. пожарных, в том числе при пожаротушении – $(4,86 \pm 0,51)$, повседневной деятельности – $(2,44 \pm 0,26)$. Уровень смертности работников в России был практически аналогичным – $(6,75 \pm 0,48)$ на 100 тыс.

Уместно указать, что производственный травматизм пожарных России был меньше среднегодовой медианы (Me) по 11 странам мира в 2010–2019 гг. (34,43 на 10 тыс.), а уровень смертности – значительно больше (0,65 на 100 тыс.) (см. табл. 1).

При разных по значимости коэффициентах детерминации полиномиальные тренды гибели работников в России и пожарных показывают

уменьшение данных (рис. 7). В 2016 г. отмечается подъем смертности пожарных. Объяснение данного феномена будет представлено далее. Согласованность трендов – положительная, умеренная и статистически недостоверная ($r = -0,427$; $p > 0,05$).

При низких коэффициентах детерминации полиномиальные тренды показывают уменьшение смертности при деятельности, связанной с пожаротушением и повседневной работой (рис. 8). В динамике структуры гибели по видам деятельности видно увеличение доли при пожаротушении и уменьшение доли при повседневной работе (рис. 9).

Рассчитали пожарные риски: риск пожарного получить травму при пожаротушении 1000 пожаров в год (R_1) в 2010–2020 гг. был $(0,179 \pm 0,019) \cdot 10^{-3}$ травм/(пожар · год), погибнуть (R_2) – $(0,020 \pm 0,002) \cdot 10^{-3}$ смертей/(пожар · год). Расчеты показали – отмечает-

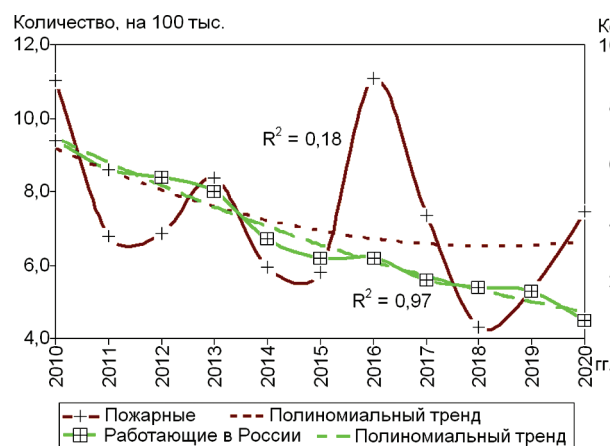


Рис. 7. Динамика гибели пожарных и работающих в России при исполнении профессиональных обязанностей.

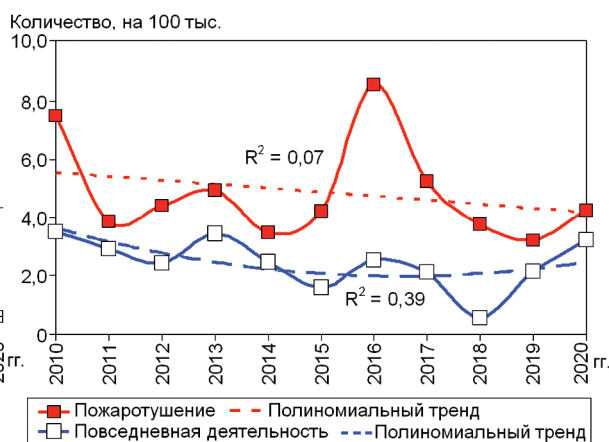


Рис. 8. Динамика гибели пожарных, связанная с пожаротушением и повседневной деятельностью.

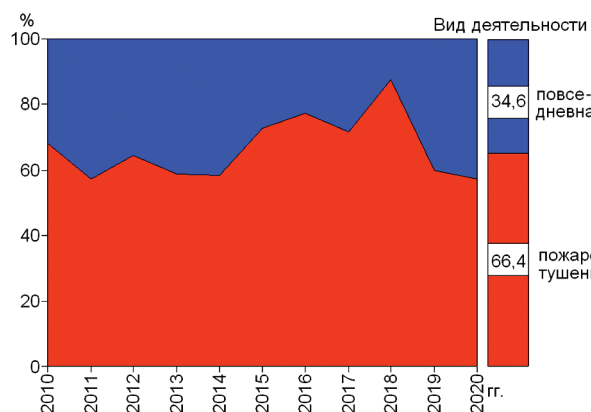


Рис. 9. Динамика структуры гибели пожарных в зависимости от выполняемой деятельности.

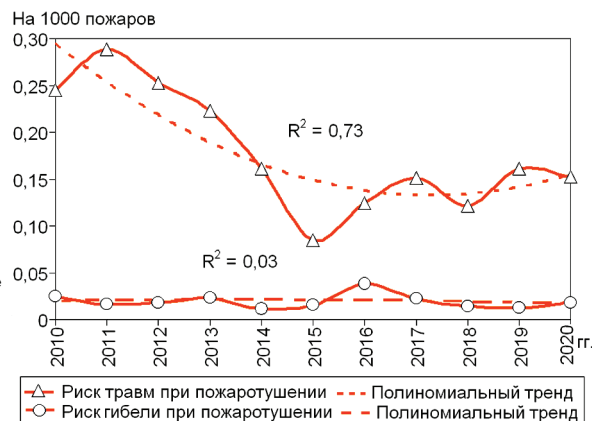


Рис. 10. Динамика рисков производственного травматизма пожарных.

ся вероятность получить сотрудниками ФПС МЧС России немногим меньше четырех травм (3,6 травмы) при пожаротушении 20000 пожаров или погибнуть двум пожарным при существующих условиях тушения 100 тыс. пожаров, что определяет необходимость совершенствования мер по охране труда пожарных в подразделениях и частях. Уместно указать, что полиномиальные тренды риска пожарного получить травму (R_1) и гибели (R_2) при разных коэффициентах детерминации показывают тенденции уменьшения данных (рис. 10).

Обстоятельства. Рассчитали уровни производственного травматизма и гибели при исполнении служебных обязанностей личного состава ФПС МЧС России в зависимости от 14 обстоятельств, которые содержатся в статистической отчетности (табл. 4, 5).

Среди обстоятельств производственного травматизма 1-й ранг значимости составили показатели травм, обусловленные личной неосторожностью пожарного со среднегодовым

уровнем ($4,46 \pm 0,78$) на 10 тыс. и долей 40,1 % от структуры травматизма, 2-й ранг – падением с высоты – ($1,50 \pm 0,39$) на 10 тыс. и 13,5% соответственно, 3-й ранг – дорожно-транспортными происшествиями – ($1,40 \pm 0,23$) на 10 тыс. и 12,6% соответственно, 4-й ранг – падением, обрушением, обвалами строительных конструкций, предметов и материалов – ($1,19 \pm 0,16$) на 10 тыс. и 10,7% соответственно, 5-й ранг – воздействием экстремальных температур окружающей среды – ($0,45 \pm 0,11$) на 10 тыс. и 4,1% соответственно. Указанные 5 обстоятельств составили 81% травм от структуры производственного травматизма.

Как правило, представленные в табл. 4 обстоятельства демонстрировали тенденции уменьшения данных, например, на рис. 11 и 12 наглядно показано уменьшение производственного травматизма с наиболее значимыми обстоятельствами травм у личного состава ФПС МЧС России.

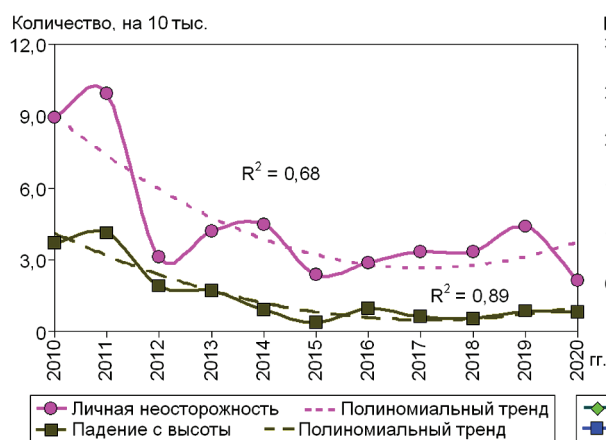


Рис. 11. Динамика травматизма пожарных по причине личной неосторожности и падения с высоты.

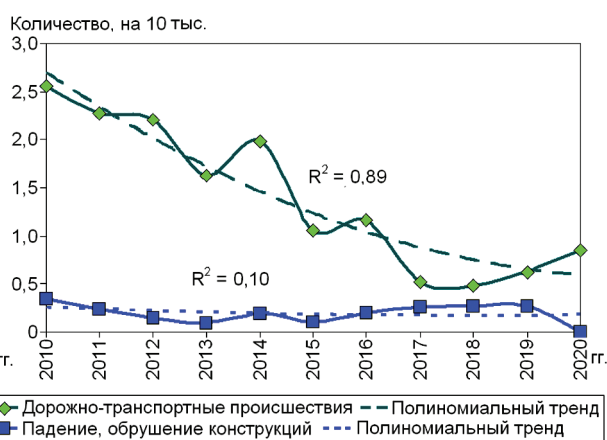


Рис. 12. Динамика травматизма пожарных по причине дорожно-транспортных происшествий и падений, обрушений строительных конструкций.

Таблица 4

Обобщенные показатели обстоятельства получения травм личным составом ФПС МЧС России во время исполнения обязанностей службы

Обстоятельства травматизма	Год											М ± m, на 10 тыс.	Структура, %	Ранг	R ²	Динамика
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020					
Дорожно-транспортные происшествия	2,55	2,28	2,21	1,62	1,98	1,06	1,16	0,52	0,48	0,64	0,85	1,40 ± 0,23	12,6	3-й	0,89	↓
Падение с высоты	3,71	4,12	1,91	1,72	0,89	0,37	0,96	0,63	0,54	0,86	0,80	1,50 ± 0,39	13,5	2-й	0,89	↓
Падение, обрушение, обвалы строительных конструкций, предметов, материалов	2,40	1,65	1,37	1,23	0,99	0,48	1,31	0,94	0,59	1,23	0,85	1,19 ± 0,16	10,7	4-й	0,74	↕
Нарушение эксплуатации техники и оборудования	0,35	0,24	0,15	0,10	0,20	0,11	0,20	0,26	0,27	0,27	0,00	0,19 ± 0,03	1,8	10-й	0,10	↓
Поражение электрическим током	0,10	0,15	0,05	0,10	0,10	0,05	0,10	0,05	0,00	0,05	0,05	0,07 ± 0,01	0,7	13-й	0,41	↓
Воздействие экстремальных температур окружающей среды	1,25	0,92	0,69	0,39	0,35	0,26	0,05	0,21	0,38	0,21	0,27	0,45 ± 0,11	4,1	5-й	0,94	↓
Воздействие вредных веществ	0,30	0,44	0,39	0,20	0,20	0,11	0,05	0,05	0,05	0,11	0,11	0,18 ± 0,04	1,6	12-й	0,77	↓
Контакт с животными, насекомыми, пресмыкающимися	0,25	0,19	0,10	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,05	0,05	0,07 ± 0,03	0,6	14-й	0,01	↕
Отравление продуктами горения	0,45	0,48	0,34	0,25	0,40	0,53	0,15	0,21	0,27	0,43	0,43	0,36 ± 0,04	3,2	7-й	0,25	↕
Взрыв газовых баллонов или газовоздушной смеси	0,65	0,78	0,69	0,59	0,35	0,16	0,40	0,16	0,16	0,27	0,16	0,40 ± 0,07	3,6	6-й	0,79	↓
Вспышка и выброс пламени	0,60	0,73	0,49	0,34	0,69	0,05	0,05	0,16	0,27	0,21	0,21	0,35 ± 0,07	3,1	8-й	0,58	↓
Нападение других лиц	1,10	0,82	0,64	0,05	0,15	0,16	0,10	0,16	0,00	0,11	0,00	0,30 ± 0,11	2,7	9-й	0,88	↓
Личная неосторожность	8,91	9,93	3,09	4,19	4,45	2,38	2,87	3,36	3,34	4,39	2,13	4,46 ± 0,78	40,1	1-й	0,68	↓
Прочие	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	0,26	0,20	0,73	0,00	0,21	0,37	0,19 ± 0,07	1,7	11-й	0,34	↑
Всего	22,64	22,72	12,11	10,78	11,09	6,02	7,61	7,45	6,36	9,05	6,29	11,10 ± 1,84	100,0		0,88	↓

Таблица 5

Обобщенные показатели обстоятельства гибели личного состава ФПС МЧС России во время исполнения обязанностей службы

Обстоятельства гибели	Год											М ± m, на 100 тыс.	Структура, %	Ранг	R ²	Динамика
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020					
Дорожно-транспортные происшествия	1,50	1,94	1,47	2,46	1,98	1,06	2,01	1,05	1,08	1,07	2,13	1,61 ± 0,15	22,0	2-й	0,07	↓
Падение с высоты	1,00	0,97	0,98	0,98	0,49	0,53	0,50	0,52	0,00	1,07	0,53	0,69 ± 0,10	9,5	5-й	0,40	↓
Падение, обрушение, обвалы строительных конструкций, предметов, материалов	2,00	0,97	1,47	1,97	0,99	0,53	5,54	2,10	1,08	2,14	1,07	1,81 ± 0,41	24,6	1-й	0,05	↕
Нарушение эксплуатации техники и оборудования	0,50	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09 ± 0,06	1,2	12-й	0,23	↓
Поражение электрическим током	0,00	0,00	0,00	0,49	0,00	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14 ± 0,10	1,9	11-й	0,16	↕
Воздействие экстремальных температур окружающей среды	0,50	0,00	0,49	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,54	0,54	0,53	0,28 ± 0,08	3,9	7-й	0,32	↕
Воздействие вредных веществ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 ± 0,00				
Контакт с животными, насекомыми, пресмыкающимися	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 ± 0,00				
Отравление продуктами горения	1,00	0,00	0,49	0,98	0,49	3,17	0,50	1,57	1,08	0,54	0,53	0,94 ± 0,26	12,9	3-й	0,17	↕
Взрыв газовых баллонов или газовоздушной смеси	2,00	1,45	0,98	0,98	0,49	0,00	1,01	1,05	0,54	0,00	0,53	0,82 ± 0,18	11,3	4-й	0,62	↓
Вспышка и выброс пламени	0,50	0,48	0,49	0,00	0,49	0,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,23 ± 0,08	3,2	8-й	0,21	↕
Нападение других лиц	0,50	0,48	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,52	0,00	0,00	0,00	0,18 ± 0,08	2,5	9-й	0,31	↓
Личная неосторожность	1,50	0,97	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,07	0,37 ± 0,17	5,0	6-й	0,89	↕
Прочие	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	1,07	0,14 ± 0,10	2,0	10-й	0,39	↑
Всего	11,02	6,78	6,86	8,37	5,94	5,81	11,08	7,35	4,31	5,35	7,47	7,30 ± 0,65	100,0		0,18	↓

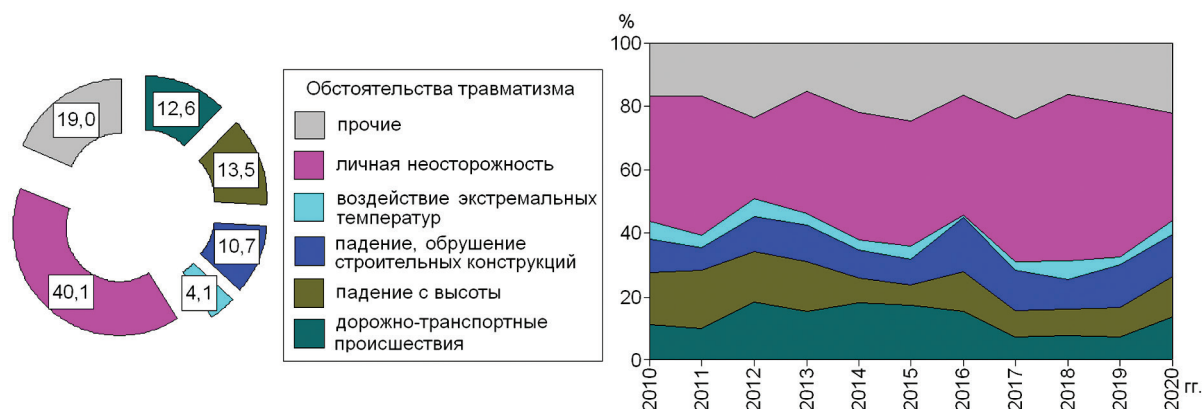


Рис. 13. Структура и динамика структуры ведущих обстоятельств производственного травматизма пожарных.

На рис. 13 показана структура и динамика структуры ведущих обстоятельств производственного травматизма пожарных. Отмечается уменьшение доли дорожно-транспортных происшествий, падений с высоты, воздействий экстремальных температур, увеличение доли личной неосторожности, падений и обрушений строительных конструкций, предметов и материалов.

Среди обстоятельств гибели сотрудников ФПС МЧС России 1-й ранг значимости составили показатели фатальных травм, обусловленные падением, обрушением, обвалами строительных конструкций, предметов и материалов со среднегодовым уровнем $(1,81 \pm 0,41)$ на 100 тыс. и долей 24,6% от структуры всей производственной смертности, 2-й – дорожно-транспортными происшествиями – $(1,61 \pm 0,15)$ на 100 тыс. и 22% соответственно, 3-й – отравлением продуктами горения – $(0,94 \pm 0,26)$ на 100 тыс. и 12,9% соответственно, 4-й – взрывом газовых баллонов или газовой смеси – $(0,82 \pm 0,18)$

на 100 тыс. и 11,3% соответственно, 5-й – падением с высоты – $(0,69 \pm 0,10)$ на 100 тыс. и 9,5% соответственно. Перечисленные 5 обстоятельств составили 80,3% от всей гибели пожарных при исполнении служебных обязанностей.

Динамика гибели пожарных по поводу всех обстоятельств, перечисленных в табл. 5, показывает уменьшение показателей. Наглядно развитие гибели пожарных от ведущих обстоятельств показано на рис. 14, 15. Отчетливо виден выраженный подъем гибели пожарных в 2016 г. (см. рис. 14). 22.09.2016 г. в Москве во время пожара на складе пластиковой продукции в результате обрушения кровли погибли 8 пожарных, в том числе 2 руководящих сотрудника ФПС МЧС России Москвы (рис. 16).

На рис. 17 показана структура и динамика структуры ведущих обстоятельств производственной гибели пожарных. Выявлено уменьшение доли смертей из-за падений с высоты и взрывов газовых баллонов или газовой смеси, увеличение доли – вследствие

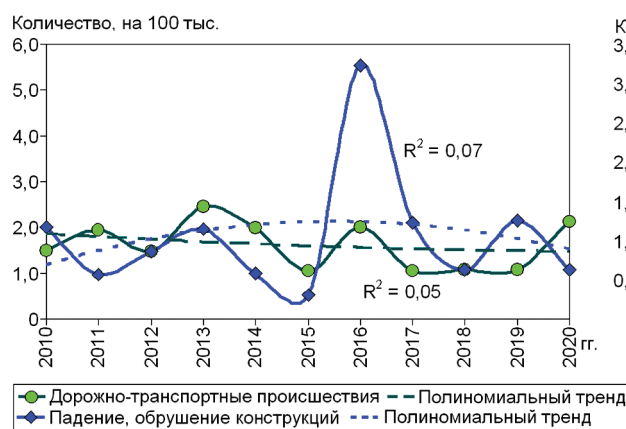


Рис. 14. Динамика гибели пожарных по причине падений, обрушений строительных конструкций и дорожно-транспортных происшествий.



Рис. 15. Динамика травматизма пожарных по причине отравлений продуктами горения и взрывов газовых баллонов или газовой смеси.



Рис. 16. Пожар на складе пластиковой продукции в Москве 22.09.2016 г.
[https://pikabu.ru/story/samaya_massovaya_gibel].

падений, обрушений, обвалов строительных конструкций, предметов, материалов, отравлений продуктами горения, определенная стабильность доли – из-за дорожно-транспортных происшествий.

Анализируя предыдущие исследования ученых по производственному травматизму среди личного состава ФПС МЧС России и собственные результаты, можно полагать, что в связи со сложившейся системой оказания медицинской помощи пожарным (у них нет полиса обязательного медицинского страхования, они вынуждены обращаться в лечебно-профилактические организации МВД России) имеет место недостаточный учет травм. Более того, в таблице срочных до-

несений по МЧС России указываются только травмы, сопровождающиеся временной утратой трудоспособности, в основном – это были травмы средней и тяжелой степени.

В наших исследованиях соотношение показателей гибели и производственных травм оказалось 1: 15. В то же время, по данным Международной организации труда, оно должно составлять 1: 500. В производственном травматизме экономически развитых стран, по данным СТИФ, например, среди пожарных в США это соотношение было 1: 865, Венгрии – 1: 681, Финляндии – 1: 585.

Производственный травматизм может стать управляемой системой только при учете всех травм. К анализу случаев конкретных

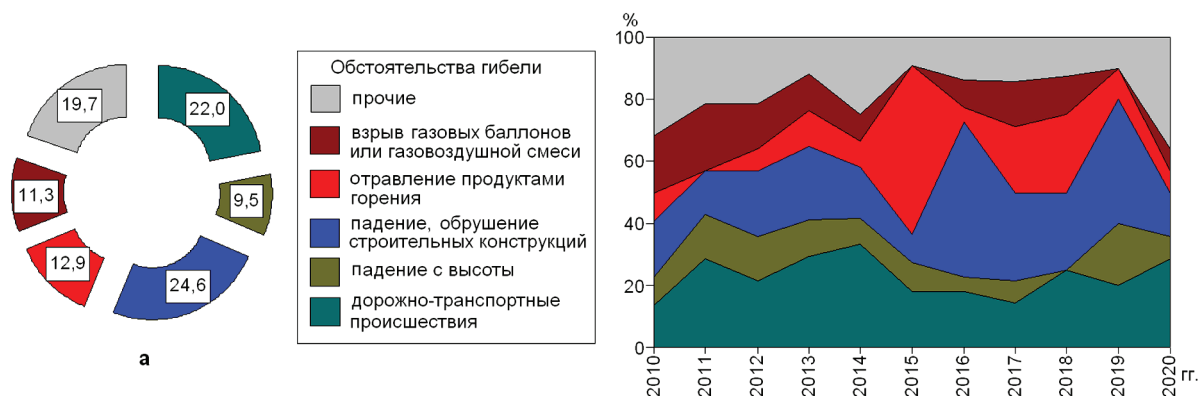


Рис. 17. Структура и динамика структуры ведущих обстоятельств производственной гибели пожарных.

травм необходимо привлекать широкий круг заинтересованных специалистов (руководителей подразделений, пожарных, инженеров по охране труда, врачей). Годовые обзоры по травматизму личного состава МЧС России должны быть общедоступны, не просто констатировать статистические показатели, а выявлять причинно-следственные связи возникновения травм и намечать пути их профилактики.

Дословно приведем п. 4 ст. 97 Федерального закона «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ: «Официальная статистическая информация в сфере здравоохранения является общедоступной и размещается уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в средствах массовой информации, в том числе в сети Интернет».

Заключение

Среднегодовой уровень производственного травматизма пожарных в 2010–2020 гг. составил $(11,10 \pm 1,84)$ на 10 тыс., работников по всей экономике России – $(14,83 \pm 1,07)$ на 10 тыс. Выявлена динамика уменьшения показателей производственного травматизма пожарных и в России. Отмечается высокая согласованность трендов производственного травматизма работников в России и пожарных, что может указывать на влияние однонаправленных факторов в развитии показателей. Производственный травматизм пожарных в 40,5% определялся тушением пожаров, в 39,7% – повседневной деятельностью, в 19,8% – профессиональной подготовкой и спортивными мероприятиями.

Ведущими обстоятельствами производственного травматизма пожарных являются: личная неосторожность (40,1%), падения

с высоты (13,5%) дорожно-транспортные происшествия (12,6%), обрушения, обвалы строительных конструкций, предметов и материалов (10,7%), воздействия экстремальных температур окружающей среды (4,1%). Перечисленные 5 обстоятельств составили 81% от структуры производственного травматизма.

Среднегодовой уровень гибели пожарных составил $(7,30 \pm 0,65)$ на 100 тыс., в том числе при пожаротушении – $(4,86 \pm 0,51)$, повседневной деятельности – $(2,44 \pm 0,26)$. Уровень производственной гибели работников в России был $(6,75 \pm 0,48)$ на 100 тыс. Выявлена динамика уменьшения показателей гибели пожарных и в России. Согласованность трендов гибели работников в России и пожарных – умеренная, положительная, но статистически незначимая.

Ведущими обстоятельствами гибели стали фатальные травмы, связанные с обрушением, обвалами строительных конструкций, предметов и материалов (24,6%), дорожно-транспортными происшествиями (22%), отравлением продуктами горения (12,9%), со взрывом газовых баллонов или газовой смеси (11,3%) и падением с высоты (9,5%). Перечисленные 5 обстоятельств составили 80,3% от всей гибели пожарных при исполнении служебных обязанностей.

Необходимо пересмотреть учет травматизма в МЧС России. Производственный травматизм может стать управляемой системой только при учете всех травм. Годовые обзоры по травматизму личного состава МЧС России должны быть общедоступны, не просто констатировать статистические показатели, а выявлять причинно-следственные связи возникновения травм и намечать пути их профилактики.

Литература

1. Алексанин С.С., Бобринев Е.В., Евдокимов В.И. [и др.]. Показатели профессионального травматизма и смертности у сотрудников Государственной противопожарной службы России (1996–2015 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2018. № 3. С. 5–25. DOI: 10.25016/2541-7487-2018-0-3-05-25.
2. Беленький В.М., Путин В.С. Прогнозирование показателей травматизма сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России // Безопасность труда в промышленности. 2018. № 10. С. 56–59.
3. Бобринев Е.В., Путин В.С. Травматизм сотрудников пожарной охраны по дням недели и часам суток // Технологии техносфер. безопасности. 2014. № 2 (54). С. 16.
4. Евдокимов В.И., Алексанин С.С., Бобринев Е.В. [и др.]. Анализ показателей заболеваемости, травматизма, инвалидности и смертности сотрудников Государственной противопожарной службы России (1996–2015 гг.): монография. СПб.: Политехника-принт, 2019. (167 с. Сер. Заболеваемость военнослужащих; вып. 7).
5. Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашенко П.П., Ветошкин А.А. Сравнение показателей травматизма военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации и Республики Беларусь (2003–2020 гг.): моно-

графия / Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова, Гомельский гос. мед. ун-т, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : Политехника-принт, 2021. 97 с. (Сер. Заболеваемость военнослужащих ; вып. 17).

6. Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашенко П.П. [и др.]. Анализ показателей травматизма офицеров Вооруженных сил Российской Федерации и Республики Беларусь (2003–2020 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 3. С. 43–58. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-3-43-58.

7. Калимуллина К.И., Дудина С.А., Христолюбова Е.А. Анализ охраны труда и прогнозирование производственного травматизма в подразделениях ГПС МЧС России // Гуманитарный трактат. 2019. № 61. С. 86–91.

8. Матюшин А.В., Порошин А.А., Харин В.В. Факторный подход к оценке травматизма пожарных // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVII междунар. науч.-практ. конф. : в 3 ч. М., 2015. С. 222–227.

9. Омелаева А.А., Тохташ Н.А. Психологические причины производственного травматизма спасателей // Пожар. и техносфер. безопасность: пробл. и пути совершенствования. 2021. № 2 (9). С. 264–272.

10. Порошин А.А., Харин В.В., Бобринев Е.В. [и др.]. Банк статистических данных по заболеваемости, травматизму, инвалидности и гибели личного состава подразделений МЧС России при выполнении служебных обязанностей : свидетельство о регистрации базы данных RU 2015621061, опубл. 13.07.2015; заявка № 2015620391, 17.04.2015; правообладатель: Всерос. науч.-исслед. ин-т противопожар. обороны МЧС России.

11. Порошин А.А., Шишков М.В., Маштаков В.А. [и др.]. Зависимость травматизма пожарных от сложности пожара // Пожар. безопасность. 2013. № 2. С. 92–94.

12. Путин В.С. Анализ возраста и стажа травмированных сотрудников пожарной охраны // Охрана и экономика труда. 2012. № 2 (7). С. 25–27.

13. Путин В.С. Анализ травматизма личного состава ФПС ГПС МЧС России по видам деятельности за 2012–2016 годы // Системы безопасности : материалы междунар. науч.-техн. конф. М., 2017. № 26. С. 208–211.

14. Тужиков Е.Н., Перевалов А.С., Шавалеев М.Р. [и др.]. Анализ охраны труда и прогнозирование производственного травматизма в подразделениях ФПС ГПС по Свердловской области // Техносфер. безопасность. 2018. № 4 (21). С. 152–157.

15. Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю. [и др.]. Оценка профессионального риска и тяжести нарушений здоровья в подразделениях Федеральной противопожарной службы МЧС России // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 2. С. 62–69. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-62-69.

16. Щетинин С.А. Анализ частоты и последствий травматизма в России // Соврем. пробл. науки и образования : электрон. науч. журн. 2015. № 2. С. 48. URL: <http://vestnik.mednet.ru>.

17. Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. World of Fire Statistics = Мировая пожарная статистика = Die Feuerwehrstatistik der Welt : Report = отчет = Bericht [Electronic resource] / Center of Fire Statistics of CTIF. [S. l.], 2016–2021. URL: <http://www.ctif.org>.

18. Concha-Barrientos M., Nelson D.I., Fingerhut M. [et al.]. Global burden due to occupational injury // American Journal of Industrial Medicine. 2005. Vol. 48, N 6. P. 470–481. DOI:10.1002/ajim.20226.

19. Takala J., Härmäläinen P., Saarela K.L. [et. al.]. Global Estimates of the Burden of Injury and Illness at Work in 2012 // J. Occup. Envir. Hyg. 2014. Vol. 11. P. 326–337. DOI: 10.1080/15459624.2013.863131.

Поступила 29.10.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Вклад авторов: В.И. Евдокимов – статистический анализ травматизма и гибели пожарных и работников в России, подготовка иллюстративного материала, написание первого варианта статьи; В.С. Путин – сбор и статистический анализ первичных данных, редактирование окончательного варианта статьи; А.А. Ветошкин – обзор исследований отечественных ученых по проблеме, подготовка иллюстративного материала, перевод реферата, редактирование окончательного варианта статьи; В.В. Артюхин – сбор первичных данных, редактирование окончательного варианта статьи.

Для цитирования. Евдокимов В.И., Путин В.С., Ветошкин А.А., Артюхин В.В. Обстоятельства производственного травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2010–2020 гг.) // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 5–19. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19

The circumstances of work-related injuries and death of the personnel of the Federal Fire Service of the EMERCOM of Russia (2010–2020)

Evdokimov V.I.¹, Putin V.S.², Vetoshkin A.A.¹, Artyukhin V.V.²

¹ Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

² Civil defense and disaster management all-Russian science research institute, EMERCOM of Russia (Federal center for science and high technologies) (7, Davydovskaya Str., Moscow, 121352, Russia)

✉ Vladimir Ivanovich Evdokimov – Dr. Med. Sci. Prof., Principal Research Associate, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID: 0000-0002-0771-2102, e-mail: 9334616@mail.ru;

Vladimir Semenovich Putin – PhD in Engineering, Senior Research Associate, Civil defense and disaster management all-Russian science research institute, EMERCOM of Russia (Federal center for science and high technologies) (7, Davydovskaya Str., Moscow, 121352, Russia), e-mail: vsputin@mail.ru;

Aleksandr Aleksandrovich Vetoshkin – PhD Med. Sci. Associate Prof., orthopedic trauma surgeon, traumatology and orthopedics department, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), ORCID 0000-0003-3258-2220, e-mail: totoalex5@gmail.com;

Valerii Viktorovich Artyukhin – PhD in Economics Associate Prof., Leading Research Associate, Civil defense and disaster management all-Russian science research institute, EMERCOM of Russia (Federal center for science and high technologies) (7, Davydovskaya Str., Moscow, 121352, Russia), e-mail: 61otdel@gmail.com

Abstract

Relevance. Extreme work conditions of firefighting personnel contribute to the overstrain of the functional body reserves and may determine increased rates of industrial injuries.

Intention. To analyze the circumstances of work-related injuries and deaths of personnel (employees with special military ranks and workers) of the Federal Fire Service (FFS) of the EMERCOM of Russia in 2010–2020.

Methodology. We compiled an analytical statistical dataset of industrial injuries (including fatal outcomes) regarding the personnel of the FFS of EMERCOM of Russia, which covered the period of 11 years, from 2010 to 2020. We used the statistical data from the industry resources, which included the indicators of morbidity, injury, disability and death in the personnel of the EMERCOM of Russia. We calculated the work-related injury rates by 14 types of circumstances as mentioned in statistical reports, per 10,000 firefighters; on-duty death rates were calculated per 100,000. The arithmetic means and their errors ($M \pm m$) are presented. Industrial injuries and death rates among firefighters were compared vs workforce in the Russian economy.

Results and Discussion. The average annual rate of industrial injuries in firefighters was (11.10 ± 1.84) per 10 thousand firefighters vs (15.09 ± 1.21) per 10 thousand Russian workforce. Decreasing rates of work-related injuries among firefighters and overall in Russia have been observed. There was a high consistency in the trends of industrial injuries among workers in Russia and among the firefighters, which may indicate the influence of unidirectional factors. Among industrial injuries of firefighters, fire-fighting operations accounted for 40.5 % of cases, daily activities – for 39.7 %, professional training and sports events – for 19.8 %. The average annual death rates in firefighters were (7.30 ± 0.65) per 100 thousand, including firefighting operations (4.86 ± 0.51), daily activities (2.44 ± 0.26). The work-related death rate among workers in Russia – (6.75 ± 0.48) per 100 thousand. The dynamics of a decrease in the death rate of firefighters and workers in Russia has been revealed. The consistency of the trends in the deaths of Russian workers and firefighters is moderate and positive, but statistically unreliable. The leading circumstances of industrial injuries among firefighters were personal negligence (40.1%), falls from height (13.5 %), road traffic accidents (12.6 %), structural failures and collapses (10.7 %), exposure to extreme temperatures (4.1 %). The above circumstances accounted for 81% of the industrial injuries. The major circumstances of death were fatal injuries associated with structural failures and collapses (24.6 %), road traffic accidents (22 %), poisoning by combustion products (12.9 %), with explosion of gas cylinders or gas-air mixture (11.3 %) and falls from height (9.5 %). These circumstances accounted for 80.3 % of total on-duty deaths of firefighters.

Conclusion. With exact and accurate recording of all injuries, traumatism is a manageable process. Analysis of the types of activities and circumstances of injury (including fatal outcomes) will help prevent industrial injuries among firefighters and reduce on-duty death rates.

Keywords: trauma, traumatism, death at work, occupational safety, firefighter, fire, EMERCOM of Russia.

References

1. Aleksanin S.S., Bobrinev E.V., Evdokimov V.I. [et al.]. Pokazateli professional'nogo travmatizma i smernosti u sotrudnikov Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby Rossii (1996–2015 gg.) [Indicators of occupational traumatism and mortality in employees of Russian state fire service (1996–2015)]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2018. N 3. Pp. 5–25. DOI: 10.25016/2541-7487-2018-0-3-05-25. (In Russ.)
2. Belen'kii V.M., Putin V.S. Prognozirovaniye pokazatelei travmatizma sotrudnikov Federal'noi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii [Prediction of injury rates for employees of the Federal Fire Service of the EMERCOM of Russia]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti* [Occupational Safety in Industry]. 2018. N 10. Pp. 56–59. (In Russ.)
3. Bobrinev E.V., Putin V.S. Travmatizm sotrudnikov pozharnoi okhrany po dnyam nedeli i chasam sutok [Traumatism of fire protection staff by days of week and by hours of day]. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti* [Technology of technosphere safety]. 2014. N 2 (54). P. 16. (In Russ.)

4. Evdokimov V.I., Aleksanin S.S., Bobrinev E.V. Analiz pokazatelei zabolevaemosti, travmatizma, invalidnosti i smernosti sotrudnikov Gosudarstvennoi protivopozharnoi sluzhby Rossii (1996–2015 gg.) : monografiya [Analysis of morbidity, traumatism, disability and mortality rates in employees of the Russian State Fire Service (1996–2015) : monograph]. Sankt-Peterburg. 2019. 167 p. (Seriya Zabolevaemost' voennosluzhashchikh [Series Morbidity in Military Personnel]. Iss. 7). (In Russ.)
5. Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P., Vetoshkin A.A. Sravnenie pokazatelei travmatizma voennosluzhashchikh Vooruzhennykh sil Rossiiskoi Federatsii i Respubliki Belarus' (2003–2020 gg.) : monografiya [Comparison of injury rates of servicemen of the Armed Forces of the Russian Federation and the Republic of Belarus (2003–2020)]. Sankt-Peterburg 2021. 97 p. (Seriya Zabolevaemost' voennosluzhashchikh [Series Morbidity in Military Personnel]. Iss. 17). (In Russ.)
6. Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P. [et al.]. Analiz pokazatelei travmatizma ofitserov Vooruzhennykh sil Rossiiskoi Federatsii i Respubliki Belarus' (2003–2020 gg.) [Analysis of traumatism in officers of the Armed Forces of the Russian Federation and the Republic of Belarus (2003–2020)]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2021. N 3. Pp. 43–58. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-3-43-58. (In Russ.)
7. Kalimullina K.I., Dudina S.A., Khristolyubova E.A. Analiz okhrany truda i prognozirovaniye proizvodstvennogo travmatizma v podrazdeleniyakh GPS MChS Rossii [The analysis of labor protection and forecasting of operational injuries in divisions of State fire service of EMERCOM of Russia]. *Gumanitarnyi traktat* [Humanitarian treatise]. 2019. N 61. Pp. 86–91. (In Russ.)
8. Matyushin A.V., Poroshin A.A., Kharin V.V. Faktornyi podkhod k otsenke travmatizma pozharnykh [Factorial approach to assessing the injury rate of firefighters]. *Aktual'nye problemy pozharnoi bezopasnosti* [Actual problems of fire safety]: Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 2015. P. 222–227. (In Russ.)
9. Omelaeva A., Tokhtash N. Psikhologicheskie prichiny proizvodstvennogo travmatizma spasatelei [Psychological causes of occupational injury rate of rescuers]. *Pozharnaya i tekhnosfernaya bezopasnost': problemy i puti sovershenstvovaniya* [Fire and technospheric safety: problems and ways of improvement]. 2021. N 2. Pp. 264–272. (In Russ.)
10. Poroshin A.A., Kharin V.V., Bobrinev E.V. [et al.]. Bank statisticheskikh dannykh po zabolevaemosti, travmatizmu, invalidnosti i gibeli lichnogo sostava podrazdelenii MChS Rossii pri vypolnenii sluzhebnykh obyazannostei : svidetel'stvo o registratsii bazy dannykh RU 2015621061, 13.07.2015 [Bank of statistical data on morbidity, injury, disability and death of personnel of the EMERCOM of Russia units in the performance of official duties: database registration certificate RU 2015621061, publ. 07/13/2015]. (In Russ.)
11. Poroshin A.A., Shishkov M.V., Mashtakov V.A. [et al.]. Zavisimost' travmatizma pozharnykh ot slozhnosti pozhara [Dependence of the traumatism of firemen on complexity of the fire]. *Pozharnaya bezopasnost'* [Fire safety]. 2013. № 2. S. 92–94. (In Russ.)
12. Putin V.S. Analiz vozrasta i stazha travmirovannykh sotrudnikov pozharnoi okhrany [The analysis of injuries of the personnel of FPS GPS of EMERCOM of Russia in activities for 2012–2016]. *Okhrana i ekonomika truda* [Social & labour research]. 2012. N 2. Pp. 25–27. (In Russ.)
13. Putin V.S. Analiz travmatizma lichnogo sostava FPS GPS MChS Rossii po vidam deyatel'nosti za 2012–2016 gody [The analysis of injuries of the personnel of FPS GPS of EMERCOM of Russia in activities for 2012–2016]. *Sistemy bezopasnosti* [Security systems]: Scientific. Conf. Proceedings. Moskva. 2017. N 26. Pp. 208–211. (In Russ.)
14. Tuzhikov E.N., Perevalov A.S., Shavaleev M.R. [et al.]. Analiz okhrany truda i prognozirovaniye proizvodstvennogo travmatizma v podrazdeleniyakh FPS GPS po Sverdlovskoi oblasti [The analysis of labor protection and forecasting of operational injuries in divisions of FPS of GPS across Sverdlovsk region]. *Tekhnosfernaya bezopasnost'* [Technosphere safety]. 2018. N 4. Pp. 152–157. (In Russ.)
15. Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Y. [et al.]. Otsenka professional'nogo riska i tyazhesti narushenii zdorov'ya v podrazdeleniyakh Federal'noi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii [Assessment of occupational risks and severity of health disorders in the divisions of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2021. N 2. Pp. 62–69. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-62-69. (In Russ.)
16. Shchetinin S.A. Analiz chastoty i posledstviy travmatizma v Rossii [Analysis of the frequency and consequences of accidents in Russia]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2015. N 2. P. 48. URL: <http://vestnik.mednet.ru> (In Russ.)
17. Brushlinsky N.N., Ahrens M., Sokolov S.V., Wagner P. World of Fire Statistics = Мировая пожарная статистика = Die Feuerwehrstatistik der Welt : Report = отчет = Bericht [Electronic resource] / Center of Fire Statistics of CTIF. [S. I.]. 2016–2021. URL: <http://www.ctif.org>.
18. Concha-Barrientos M., Nelson D.I., Fingerhut M. [et al.]. Global burden due to occupational injury. *American Journal of Industrial Medicine*. 2005. Vol. 48, N 6. P. 470–481. DOI:10.1002/ajim.20226.
19. Takala J., Härmäläinen P., Saarela K.L. [et. al.]. Global Estimates of the Burden of Injury and Illness at Work in 2012. *J. Occup. Envir. Hyg.* 2014. Vol. 11. P. 326–337. DOI: 10.1080/15459624.2013.863131.

Received 29.10.2021

For citing: Evdokimov V.I., Putin V.S., Vetoshkin A.A., Artyukhin V.V. Obstoystel'stva proizvodstvennogo travmatizma i gibeli lichnogo sostava Federal'noi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii (2010–2020 gg.). *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 5–19. (In Russ.)

Evdokimov V.I., Putin V.S., Vetoshkin A.A., Artyukhin V.V. The circumstances of work-related injuries and death of the personnel of the Federal Fire Service of the EMERCOM of Russia (2010–2020). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 5–19. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19

ВЛИЯНИЕ КУМУЛЯЦИИ ДИОКСИНОВ В ЛИПИДАХ КРОВИ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕАЛКОГОЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНИ ПЕЧЕНИ У ПОЖАРНЫХ

¹Поликлиника № 1 Медико-санитарной части МВД России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области (Россия, Санкт-Петербург, Малая Морская ул., д. 10);

²Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

³Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6)

Актуальность. Во время выполнения профессиональных задач по пожаротушению на организм пожарных, помимо вредных физических факторов, действуют токсические продукты горения, среди которых не последнюю роль играют диоксины – группа опасных химических веществ, способных к кумуляции в жировой ткани. При этом первой мишенью диоксинов на пути детоксикации ксенобиотиков является печень.

Цель – выявить особенности формирования неалкогольной жировой болезни печени у пожарных Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России в зависимости от концентрации диоксинов липидов в крови.

Методология. Обследовали 121 пожарного, из которых 63 человека страдали жировой дистрофией печени на разных стадиях, и 125 прочих сотрудников и работников МЧС России, которые не принимали непосредственного участия в пожаротушении, из них жировую дистрофию имели 65 человек. Оценили показатели углеводного и жирового обмена, диоксинов в липидах крови, метаболического синдрома и некоторых объективных данных печени.

Результаты и их анализ. Анализ влияния диоксинов на формирование неалкогольной жировой болезни печени свидетельствует о разном патогенезе у пожарных и прочих сотрудников МЧС России, не подвергавшихся влиянию токсических продуктов горения. У пожарных, страдающих неалкогольной жировой болезнью печени, показатели глюкозы, индекса инсулинорезистентности, массы тела и коэффициента атерогенности, высокие значения которых характерны для метаболического синдрома, были статистически достоверно меньше, чем в группе пациентов других профессий. При этом аланинаминотрансфераза, наоборот, в группе пожарных с неалкогольной жировой болезнью печени оказалась больше, чем в группе лиц других профессий, что может свидетельствовать о большем повреждении печени у пожарных.

Заключение. На основании полученных результатов, можно предположить, что основным этиологическим фактором формирования неалкогольной жировой болезни печени у пожарных может служить ее поражение токсическими продуктами горения, в том числе диоксинами.

Ключевые слова: пожар, пожаротушение, пожарный, токсикология, диоксины, нарушение микробиома, микробиота кишечника, неалкогольная жировая болезнь печени, жировая дистрофия печени.

Введение

Современная концепция, предложенная Всемирной организацией здравоохранения и Международной организацией труда, ориентирована на сохранение здоровья и обеспечение безопасности работников в процессе трудовой деятельности за счет определенных социальных гарантий. Трудовая деятельность пожарных связана с высоким риском для здоровья и жизни, что требует для этого контингента особенного правового статуса, более широких льгот и повышенных социальных гарантий, чем в отношении работников, не под-

вергающихся угрозе жизни при выполнении профессиональных задач.

Однако на сегодняшний день законодательная база нашей страны, регламентирующая правовой статус пожарных, учитывая специфику их профессиональной деятельности, не эффективна и требует серьезной доработки. Статья 9 Федерального закона от 21.12.1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» в редакции от 11.06.2021 г., которая должна регламентировать страховые гарантии сотрудникам и работникам Государственной противопожарной службы, не раскрыва-

Гацура Вера Юрьевна – врач-терапевт поликлиники № 1, Мед.-санитар. часть МВД России по Санкт-Петербургу и Ленинградской обл. (Россия, 191186, Санкт-Петербург, Малая Морская ул., д. 10), e-mail: veraga734@gmail.com;

Бацков Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., зав. клинич. отдела гастроэнтерологии и гепатологии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: bs_hep@mail.ru;

✉ Пятибрат Елена Дмитриевна – д-р мед. наук доц., каф. госпит. терапии, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: e5brat@yandex.ru

ет полностью уровень социальных гарантий в области сохранения здоровья, а посвящена выплатам семье при гибели сотрудников и работников. Нормативные акты, регулирующие контроль за состоянием здоровья пожарных, относятся к другим ведомствам и закреплены в ст. 4 Федерального закона от 28 марта 1998 г. № 52-ФЗ «Об обязательном государственном страховании жизни и здоровья военнослужащих, граждан, призванных на военные сборы, лиц рядового и начальствующего состава органов внутренних дел Российской Федерации, Государственной противопожарной службы, сотрудников учреждений и органов уголовно-исполнительной системы, сотрудников войск национальной гвардии Российской Федерации, сотрудников органов принудительного исполнения Российской Федерации» в редакции от 27 декабря 2019 г., что не позволяет учитывать влияние профессиональных вредных факторов пожаротушения.

Несовершенство правовой базы по охране здоровья пожарных приводит к тому, что профилактические осмотры нередко проводятся формально и не дают возможности мониторинга по выявлению хронических интоксикаций продуктами горения. Их оценивают только при госпитализации по поводу острых отравлений, которые регистрируются как несчастные случаи на производстве. В настоящее время в системе МЧС России исследования по оценке условий труда пожарных при выполнении профессиональных задач проводятся редко, а длительное воздействие продуктов горения на организм пожарных не регистрируется [10].

Во время пожаротушения, помимо физических факторов: высокой температуры окружающей среды, обрушения строительных конструкций, задымленности и др., пожарные подвергаются влиянию токсических продуктов горения, наибольшую опасность из которых представляют формальдегид, оксид углерода, диоксид азота, производные синильной кислоты, бензол, толуол, а также вещества с высоким кумулятивным эффектом и очень длительным периодом выведения, в число которых входят диоксины и диоксиноподобные вещества. Важная особенность диоксинов проявляется в высоком уровне влияния на метаболизм человека даже при крайне низких концентрациях, определяемых в пикограммах. Отравление диоксинами характеризуется выраженными нарушениями регуляции метаболизма [5]. Хронические интоксикации и нарушения метаболизма проявляются, пре-

имущественно, поражением печени, поэтому в отличие от сердечно-сосудистых заболеваний, преобладающих в популяции, у пожарных среди причин временной нетрудоспособности на первом месте стоят заболевания желудочно-кишечного тракта, четверть из которых приходится на неалкогольную жировую болезнь печени [4]. В то же время, поражение печени, проявляющееся ее жировым перерождением, является важным проявлением интоксикации.

Таким образом, учитывая недостаточное количество работ, направленных на изучение комплексного воздействия на организм пожарных во время пожаротушения стойких органических загрязнителей, входящих в состав продуктов горения, исследование, раскрывающее особенности механизмов формирования заболеваний печени, безусловно, актуально.

Цель – проанализировать и оценить влияние диоксинов на формирование неалкогольной жировой болезни печени у сотрудников Федеральной противопожарной службы (ФПС) МЧС России.

Материал и методы

В клиническом отделе гастроэнтерологии и гепатологии Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург) обследовали 121 пожарного и 125 прочих сотрудников и работников ФПС МЧС России, которые не принимали непосредственного участия в пожаротушении. Возраст пожарных был ($36,5 \pm 5,5$) лет, стаж работы в ФПС МЧС России – ($11,7 \pm 6,5$) лет, других сотрудников – ($39,5 \pm 4,5$) и ($41,5 \pm 5,5$) лет соответственно. Статистически достоверных различий групп по возрасту и стажу работы не выявлено.

У обследованных лиц получено добровольное согласие на использование полученных результатов в научных исследованиях.

Неалкогольная жировая болезнь печени (НАЖБП) – хроническое заболевание печени метаболического генеза при исключении употребления алкоголя в токсических дозах, использования стеатогенных медикаментов или врожденных нарушений, обусловленное накоплением липидов в гепатоцитах, морфологически проявляющаяся стеатозом, стеатогепатитом, фиброзом, циррозом или аденокарциномой [6]. Частота НАЖБП постоянно растет и достигает в настоящее время размеров эпидемии: этой патологией страдают

Таблица 1

Характеристика обследованных сотрудников ФПС МЧС России

Нозология	Пожарные		Прочие сотрудники	
	группа	n (%)	группа	n (%)
Жировая дегенерация печени (K76.0 по МКБ-10)	1-я	63 (52,1)	3-я	65 (52,0)
Заболевания печени отсутствуют	2-я	58 (47,9)	4-я	60 (48,0)
Всего		121 (100,0)		125 (100,0)

около 30% взрослого населения западных стран и 15% – Азии. НАЖБП включает в себя ряд нозологических форм, для международной сопоставимости которых используют нижеприведенные коды по МКБ-10:

- K76.0 – жировая дегенерация печени, не классифицированная в других рубриках;
- K73.0 – хронический персистирующий гепатит, не классифицированный в других рубриках;
- K73.9 – хронический гепатит неуточненный;
- K74.6 – другой и неуточненный цирроз печени.

В связи с этим, учитывая единую для них этиологию и патогенез, среди гастроэнтерологов и гепатологов принято эти заболевания объединять в понятие неалкогольная жировая болезнь печени. Жировая дегенерация печени (K76.0) является начальной стадией НАЖБП, поэтому поддерживая сложившуюся международную клиническую практику, в представленном исследовании жировую дегенерацию печени также будем называть НАЖБП [9].

Среди обследованных пожарных и других сотрудников МЧС России НАЖБП встречалась только в форме жировой дегенерации печени. Распределение обследованных по группам представлено в табл. 1.

Проводили ультразвуковое исследование органов брюшной полости, эластографию и динамическую ультразвуковую холецистографию (ДУХГ) конвексным датчиком 3,5 МГц на аппарате «Siemens-Omnia».

Определение лабораторных показателей осуществляли на биохимическом анализаторе «Konelab 30i» (Финляндия). Оценивали аланинаминотрансферазу (АлАТ) и аспартатаминотрансферазу (АсАТ), углеводный обмен по уровню глюкозы в крови натощак и инсулина с использованием стандартных наборов фирмы «DRG Elisa» (Германия). Индекс инсулинорезистентности (НОМА) рассчитывали по формуле, предложенной D.R. Matthews и соавт. [12]: индекс НОМА = уровень глюкозы (ммоль/л) × инсулин (мЕД/л) / 22,5.

Исследовали в крови содержание триглицеридов (ТГ), общего холестерина (ОХС),

холестерина липопротеинов высокой плотности (ХС ЛПВП) и низкой плотности (ХС ЛПНП), неэстерифицированных (свободных) жирных кислот (НЭЖК). Коэффициент атерогенности (КА) определяли по формуле: $КА = ОХС - ХС ЛПВП / ХС ЛПНП$.

Индекс массы тела определяли по формуле Кетле:

$$ИМТ = M/P^2;$$

где M – масса тела, кг;

P – рост, м.

ОТБ – отношение окружности талии к окружности бедер. Методика расчета: измерить окружность талии над пупком в сантиметрах, не втягивая живот, затем измерить окружность бедер в самой широкой части в сантиметрах, разделить показатели окружности талии и окружности бедер.

Концентрацию диоксинов и полихлорированных бифенилов (ПХБ) оценивали на приборе «Finnigan MAT 95 XP – Hewlett-Packard HP 6890 Plus». Фракции диоксинов разделяли в колонке фирмы «Phenomenex Zebron – ZB-5» (5% – фенил, 95% – диметилполисилоксан). Оценивали эквивалент токсичности, рекомендуемый Всемирной организацией здравоохранения, WHO-TEQ (World Health Organization – Toxic Equivalence Quantity), который демонстрирует массу взвешенных по токсичности для смесей полихлорированных бифенилов (ПХБ), полихлорированных дибензопарадиоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) [2, 5]. Исследование проводили в Северо-Западном научном центре гигиены и общественного здоровья (Санкт-Петербург).

По концентрации WHO-TEQ в липидах крови обследованных пожарных разделили на 3 подгруппы:

- менее 100 пг/г (n = 41);
- от 101 до 350 пг/г (n = 37);
- более 350 пг/г (n = 43).

Для оценки состояния микробиоты кишечника выполняли исследование микробных маркеров в крови методом газовой хроматографии – масс-спектрометрии на хроматографе «Agilent 7890» с масс-селективным детек-

тором «Agilent 5975C» («AgilentTechnologies», США). Метод основан на количественном определении маркерных веществ микроорганизмов (жирных кислот, альдегидов, спиртов и стероидов) непосредственно в клиническом материале. Данный метод предоставляет возможность разложения суперпозиции всего пула микробных маркеров, что позволяет оценить вклад от каждого из сотен видов микроорганизмов, обитающих в различных системах и органах. Исследование микробиоты кишечника провели в научно-исследовательском отделе биоиндикации Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никитина МЧС России. Более подробно метод описан в публикациях [2, 3].

Материалы, полученные в ходе исследования, статистически обработали по стандартным программам для персональных ЭВМ (Excel, Statistica 6.0). Результаты проверили на нормальность распределения признаков. В тексте представлены средние арифметические величины и их среднее квадратическое отклонение ($M \pm SD$). Оценку значимости различий показателей анализировали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и их анализ

В структуре заболеваемости органов пищеварения (XI класс по МКБ-10), составившей 40,1% от общего числа встречающихся нозологических форм, у пожарных преобладали хронические гастриты и гастродуодениты (K29 по МКБ-10) – 29,9%, хронический панкреатит (K86 по МКБ-10) – 21,6%, гастроэзофагеальная рефлюксная болезнь (K21 по МКБ-10) – 19,5%, жировая дегенерация печени (K76.0 по МКБ-10) – 16,8%, язвенная болезнь (K25 по МКБ-10) – 5%, хронический гепатит (K73.0 по МКБ-10) – 1,6%.

Как правило, наблюдаемая НАЖБП в группах сотрудников ГПС МЧС России выявлялась при помощи инструментальных и лабораторных исследований. В табл. 2 представлен сравнительный анализ биохимических показателей крови у сотрудников с НАЖБП (1-я и 3-я группа) и у которых НАЖБП не была выявлена (2-я и 4-я группа). Оказалось, что содержание глюкозы в сыворотке крови, как важнейшего энергетического субстрата, в 1-й группе пожарных на 25% меньше, чем в 3-й ($p < 0,05$). Показатели аланинаминотрансферазы у пожарных 1-й группы были статистически достоверно больше, чем у сотрудников 3-й группы ($p < 0,05$), что свидетельствует о более выраженном клиническом изменении печени у пожарных. В то же время, концентрация инсулина и показатели индекса НОМА отмечались достоверно меньше в 1-й группе, что показывает менее выраженное снижение чувствительности к инсулину.

При этом показатели триглицеридов в крови в группах с НАЖБП достоверно не отличаются. Показатели холестерина липопротеидов высокой плотности (ХС ЛПВП) в 1-й группе были на 38% больше, чем в 3-й группе ($p < 0,05$), и достоверно не отличаются от данных во 2-й группе пожарных, что свидетельствует о более низкой атерогенности в 1-й группе, чем во 2-й, так как снижение концентрации ХС ЛПВП является важным атерогенным маркером. Коэффициент атерогенности у пациентов 3-й группы в 2 раза выше, чем 1-й, что позволяет судить о различающихся механизмах формирования заболевания в этих группах.

Анализ данных, полученных с помощью эластографии, свидетельствует о первичном поражении печени в обеих группах с НАЖБП, но при этом эластичность ткани органа

Таблица 2

Биохимические показатели крови в группах сотрудников МЧС России, $M \pm SD$

Показатель	Группа				$p < 0,001$
	1-я	2-я	3-я	4-я	
АлАТ, ЕД/л	$68,7 \pm 0,6$	$32,2 \pm 0,6$	$59,6 \pm 0,4$	$21,2 \pm 0,3$	1–3; 1–2; 3–4
АсАТ, ЕД/л	$47,3 \pm 0,5$	$36,4 \pm 0,5$	$45,8 \pm 0,6$	$17,5 \pm 0,4$	1–3; 2–4; 3–4
НЭЖК, ммоль/л	$0,8 \pm 0,1$	$0,5 \pm 0,1$	$1,2 \pm 0,1$	$0,4 \pm 0,2$	1–3; 1–2; 3–4
Глюкоза, ммоль/л	$4,8 \pm 0,2$	$3, \pm 0,6$	$5,4 \pm 0,3$	$4, \pm 0,2$	1–3; 1–2; 2–4; 3–4
Инсулин, мЕД/л	$12, \pm 0,4$	$11,2 \pm 0,3$	$16, \pm 0,5$	$12,6 \pm 0,4$	1–3; 1–2; 2–4; 3–4
ТГ, ммоль/л	$2,62 \pm 0,03$	$2,3 \pm 0,06$	$2,54 \pm 0,02$	$1,2 \pm 0,03$	1–3; 1–2; 2–4; 3–4
ОХ, ммоль/л	$5,94 \pm 0,05$	$4,9 \pm 0,05$	$7,35 \pm 0,05$	$4,1 \pm 0,07$	1–3; 1–2; 2–4
ХС ЛПВП, ммоль/л	$3,62 \pm 0,07$	$3,6 \pm 0,08$	$2,2 \pm 0,03$	$2,7 \pm 0,6$	1–3; 2–4; 3–4
ХС ЛПНП, ммоль/л	$2,56 \pm 0,04$	$2,4 \pm 0,04$	$4,6 \pm 0,05$	$1,8 \pm 0,04$	1–3; 2–4; 3–4
КА	$1,92 \pm 0,03$	$1,8 \pm 0,02$	$3, \pm 0,04$	$1,3 \pm 0,05$	1–3; 2–4; 3–4
Индекс НОМА	$2,62 \pm 0,06$	$1,7 \pm 0,05$	$3,76 \pm 0,04$	$2,3 \pm 0,06$	1–3; 1–2; 3–4

в 3-й группе достоверно больше, чем во 2-й, что определяет у пожарных большую степень поражения (см. табл. 2). Во 2-й и 4-й группе клинические исследования не проводились в связи с отсутствием заболеваний печени и желчевыводящих путей.

Результаты, полученные при ДУХГ, свидетельствуют, что в 1-й группе с НАЖБП определяется существенное отклонение ряда значений. По данным ДУХГ, у пожарных выявлены нарушения моторно-эвакуаторной функции желчного пузыря, диагностировано преобладание гипомоторной дисфункции в сочетании со сладж-синдромом, что является признаком высокой предрасположенности к развитию холецистолитиаза. Выявленные особенности могут объясняться нарушением состава желчи в сочетании с ее физико-химической нестабильностью из-за поражения печени (см. табл. 2).

Обращают на себя внимание более низкие значения ИМТ и ОТБ у пациентов 1-й группы по сравнению с 3-й, что свидетельствует о большей степени предрасположенности к ожирению лиц 3-й группы, которые не участвуют в пожаротушении (табл. 3).

Поражение печени, связанное с жировым перерождением, часто является следствием хронической интоксикации и сопровождается нарушением обмена жирорастворимых витаминов, порфиринового обмена и регуляции инсулина. При НАЖБП имеется прямая зависимость продукции триглицеридов в гепатоците и содержания в нем жирных кислот [11]. Основными этиологическими факторами считают высококалорийное питание, малоподвижный образ жизни и генетическую предрасположенность, связь этих факторов приводит к гиперлипидемии, а также к активации липолиза, что, в свою очередь, вызывает избыточное образование незатерифицированных жирных кислот (НЭЖК). При этом гликогенолиз в печени стимулируется посредством активации β -клеток поджелудочной железы за счет липотоксического действия НЭЖК, что является дополнительным предиктором формирования инсулинорезистентности. При этом инсулин стимулирует ацетил-КоА-кар-

боксилазу и синтетазу НЭЖК, которые инициируют липогенез, приводящий к стеатозу. Инсулинорезистентность создает условия для увеличения липолиза в жировой ткани, при этом избыток НЭЖК поступает в печень. Увеличению концентрации НЭЖК в печени также способствует висцеральное ожирение. В итоге количество жирных кислот в цитоплазме гепатоцитов резко возрастает, формируется жировая дистрофия гепатоцитов. На следующем этапе под действием окислительного стресса формируется воспалительная реакция с развитием стеатогепатита [7, 11]. Принципиальную роль в патогенезе НАЖБП играет инсулинорезистентность. При формировании НАЖБП происходит динамичный процесс, при котором стеатоз печени и инсулинорезистентность потенцируют действие друг друга. Исходя из сказанного, можно предположить, что показатели биохимического анализа крови свидетельствуют о различиях в патогенезе формирования НАЖБП у пожарных и лиц других профессиональных групп.

В предыдущей нашей статье [2] показана связь воздействия токсических продуктов горения, в том числе диоксинов, с нарушением микробиома пристеночной флоры кишечника у пожарных при выполнении профессиональных задач по пожаротушению. Проведенные ранее исследования [4] выявили, что у пожарных в структуре заболеваемости значимыми являются болезни органов пищеварения (XI класс по МКБ-10), в том числе НАЖБП.

Предположили, что предиктором развития патологии печени, которая обезвреживает вещества, может служить ее токсическое повреждение, усугубляемое наличием выраженного нарушения микробиома [3, 13]. Оказалось, что у пожарных 1-й и 2-й группы в 35,5% случаев концентрация диоксинов в липидах крови превышала 350 пг/г, в 30,5% – находилась в пределах от 101 до 350 пг/г и в 34% – составляла менее 100 пг/г (табл. 4).

Среди 63 пожарных с НАЖБП у 31 (49,2%) концентрация диоксинов в липидах крови определялась выше 350 пг/г, у 18 (28,5%) – в пределах от 101 до 350 пг/г и только у 14 (22,2%) – менее 100 пг/г. Нарушение

Таблица 3

Инструментальные и антропометрические показатели в группах сотрудников с НАЖБП, М $\pm$ SD

Показатель	Группа		p <	Показатель	Группа		p <
	1-я	3-я			1-я	3-я	
Эластография, кПа	9,1 $\pm$ 0,7	8,2 $\pm$ 0,6	0,001	ИМТ, кг/м ²	23,8 $\pm$ 1,7	36,3 $\pm$ 0,8	0,001
ДУХГ (коэффициент тонуса)	1,3 $\pm$ 0,3	1,5 $\pm$ 0,4	0,001	ОТБ, ед	0,9 $\pm$ 0,2	1,2 $\pm$ 0,2	0,001

Таблица 4

Показатели концентрации диоксинов (WHO_{PCDD/F, PCB}-TEQ) в группах сотрудников МЧС России, n (%)

Показатель	Группа				p < 0,001
	1-я	2-я	3-я	4-я	
Диоксины в липидах крови (пг/г), в том числе:					1–3; 1–2; 1–4; 2–4; 3–2
менее 100	568,3 ± 31,5	48,3 ± 2,8	468,7 ± 27,2	43,6 ± 2,9	1–2
от 101 до 350	82,5 ± 1,9		73,1 ± 2,3		1–2
более 350	322,7 ± 5,4		268, ± 8,3		1–2
	987,4 ± 12,7		794, ± 19,2		1–2

микробиома пристеночной флоры кишечника было у 54 (85,7%) пожарных с НАЖБП, при этом концентрация диоксинов в липидах крови составляла у них от 101 до 350 пг/г.

Заключение

Данные, полученные в исследовании, свидетельствуют о различных механизмах формирования неалкогольной жировой болезни печени у пожарных и сотрудников МЧС России других профессий. Установлена тесная взаимосвязь развития метаболического синдрома и неалкогольной жировой болезни печени [1, 7, 12]. Однако у большинства

обследуемых пожарных с неалкогольной жировой болезнью печени признаки метаболического синдрома были минимальными или полностью отсутствовали. При этом показатели аланинаминотрансферазы, наоборот, оказалась больше, а гипомоторная функция желчного пузыря и эластичность печени были сниженными, что свидетельствует о большем повреждении печени у пожарных. Можно полагать, что основным этиологическим фактором формирования неалкогольной жировой болезни печени у пожарных является влияние на печень токсических продуктов горения.

Литература

1. Балукова Е.В., Успенский Ю.П. Неалкогольная жировая болезнь печени и метаболический синдром // Поликлиника. 2014. Спецвыпуск № 1. Гастроэнтерология. С. 45–48.
2. Гацура В.Ю., Бацков С.С., Санников М.В. [и др.]. Состояние резидентной микробной ассоциации кишечника и ее взаимосвязь с концентрацией диоксинов в липидах крови у пожарных // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 3. С. 77–82. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-77-82.
3. Гриневич В.Б., Сас Е.И., Ефимов О.И., Денисов Н.Л. Роль микробно-тканевого комплекса кишечника в развитии хронического системного воспаления и синдрома инсулинорезистентности у больных неалкогольной жировой болезнью печени // Вестн. Сев.-Зап. гос. мед. ун-та им. И.И. Мечникова. 2010. Т. 2, № 4. С. 19–24.
4. Евдокимов В.И., Бобринев Е.В. Случаи заболеваемости с трудопотерями у сотрудников подразделений МЧС России и работающего населения России // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2019. № 4. С. 24–32. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-24-32.
5. Крийт В.Е., Санников М.В., Сладкова Ю.Н., Пятибрат А.О. Влияние полиморфизмов генов детоксикации ксенобиотиков и стажа работы на уровень кумуляции диоксинов в организме сотрудников МЧС России // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2020. № 2. С. 55–68. DOI: DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-55-68.
6. Лазебник Л.Б., Голованова Е.В., Туркина С.В. [и др.]. Неалкогольная жировая болезнь печени у взрослых: клиника, диагностика, лечение. Рекомендации для терапевтов, третья версия // Эксперим. и клинич. гастроэнтерология. 2021. № 1. С. 4–52. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-185-1-4-52.
7. Макаров И.О., Боровкова Е.И., Шеманаева Т.В., Казаков Р.Д. Современное представление о неалкогольной жировой болезни печени, как о проявлении метаболического синдрома // Врач-аспирант. 2012. Т. 50, № 1.5. С. 685–692.
8. Родионов Г.Г., Шантырь И.И., Светкина Е.В. [и др.]. Оценка пристеночной микробиоты кишечника здоровых людей методом газовой хромато-масс-спектрометрии // Трансляционная медицина. 2017. Т. 4, № 6. С. 34–42. DOI: 10.18705/2311-4495-2017-4-6-34-42.
9. Российское общество по изучению печени (РОПИП). URL: <https://rsls.ru>.
10. Рукавишников В.С., Лахман О.Л., Дорогова В.Б., Бодиенкова Г.М. Профилактика профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний у пожарных: (метод. рекомендации). Ангарск, 2006. 52 с.
11. Mosina L., Korobkov D., Mokina E. [et al.]. Non-alcoholic fatial diseases of the liver: historical aspect of the formation of nosological unit, etiology and pathogenetic peculiarities of this pathology (literature review) // Бюллетень науки и практики = Bulletin of Science and Practice. 2018. Vol. 4, N 12. P. 182–189. DOI: 10.5281/zenodo.2256509.

12. Mosina L.M., Korobkov D.M., Stepanov N.Yu. [et al.]. On the question of some correlation links of the metabolic syndrome and nonalcoholic fatial liver disease // International Research Journal. 2019. N 1-1 (79). C. 132–134. DOI: 10.23670/IRJ.2019.79.1.025.

13. Mouzaki M., Comelli E.M., Arendt B.M. [et al.]. Intestinal microbiota in patients with nonalcoholic fatty liver disease // Hepatology. 2013. Vol. 58, N 1. P. 120–127. DOI: 10.1002/hep.26319.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.
Поступила 10.09.2021 г.

Участие авторов: В.Ю. Гацура – разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных и написание первого варианта статьи; С.С. Бацков – анализ полученных данных, транслитерация списка литературы, редактирование окончательного варианта статьи; Е.Д. Пятибрат – анализ полученных данных, методическое сопровождение, редактирование окончательного варианта статьи.

Для цитирования. Гацура В.Ю., Бацков С.С., Пятибрат Е.Д. Влияние кумуляции диоксинов в липидах крови на формирование неалкогольной жировой болезни печени у пожарных // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 20–27. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-20-27

The effect of accumulation of dioxins in blood lipids on the formation of non-alcoholic fatty liver disease in firefighters

Gatsura V.Yu.¹, Batskov S.S.², Pyatibrat E.D.³

¹ Medical and sanitary unit of the Ministry of Internal Affairs of Russia in St. Petersburg and the Leningrad region (10, Malaya Morskaya Str., St. Petersburg, 191186, Russia);

² Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

³ Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

Vera Yuryevna Gatsura – General practitioner of polyclinic N 1 of Medical and sanitary unit of the Ministry of Internal Affairs of Russia in St. Petersburg and the Leningrad region (10, Malaya Morskaya Str., St. Petersburg, 191186, Russia), e-mail: veraga734@gmail.com;

Sergey Sergeevich Batskov – Dr. Med Sci. Prof., Head of Gastroenterology and Hepatology Department, The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: medicine@arterm.spb.ru;

✉ Elena Dmitrievna Pyatibrat – Dr. Med Sci. Associate Prof. of hospital therapy Department, Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: e5brat@yandex.ru.

Abstract

Relevance. During firefighting, in addition to harmful physical factors, there are toxic combustion products, including dioxins – a group of dangerous chemicals capable of accumulating in adipose tissue. At the same time, the first target of dioxins on the path of detoxification of xenobiotics is the liver.

Intention. To identify the features of the formation of non-alcoholic fatty liver disease in firefighters of Federal Fire Service (FFS) of EMERCOM of Russia, depending on blood lipid concentrations of dioxins.

Methodology. There were examined 121 firefighters (63 of them with fatty liver dystrophy at various stages) and 125 other employees of the EMERCOM of Russia (65 of them with fatty dystrophy) not involved in firefighting. The indicators of carbohydrate and fat metabolism, dioxins in the blood, metabolic syndrome and some liver parameters were assessed.

Results and Discussion. Based on the analysis, effects of dioxins on the formation of non-alcoholic fatty liver disease indicate different pathogenesis in firefighters vs other employees of the EMERCOM of Russia not affected by toxic combustion products. Firefighters with non-alcoholic fatty liver disease had significantly lower levels of glucose, insulin resistance index, body mass index and atherogenicity coefficient vs other employees (high values of the above parameters are typical for the metabolic syndrome). At the same time, alanine transaminase activity was higher in firefighters with non-alcoholic fatty liver disease vs other employees, thus indicating greater liver damage.

Conclusion. Based on the results obtained, it can be assumed that non-alcoholic fatty liver disease in firefighters is mainly caused by toxic combustion products, including dioxins.

Keywords: fire, firefighting, firefighter, toxicology, dioxins, microbiome disorder, intestinal microbiota, non-alcoholic fatty liver disease, fatty liver dystrophy, non-alcoholic steatohepatitis.

References

1. Balukova E.V., Uspenskii Yu.P. Nealkogol'naya zhirovaya bolezni i metabolicheskii sindrom [Nonalcoholic fatty liver disease and metabolic syndrome]. *Poliklinika* [Polyclinic]. 2014. N 1. Gastroenterologiya [Gastroenterology]. Pp. 45–48. (In Russ.)

2. Gatsura V.Yu., Batskov S.S., Sannikov M.V. [et al.]. Sostoyanie rezidentnoi mikrobnai assotsiatsii kishechnika i ee vzaimosvyaz' s kontsentratsiei dioksinov v lipidakh krovi u pozharnykh [The state of the resident intestinal microbial association and its relationship with concentrations of dioxins in blood lipids of firefighters]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problem bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2021. N 3. Pp. 77–82. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-77-82. (In Russ.)
3. Grinevich V.B., Sas E.I., Efimov O.I., Denisov N.L. Rol' mikrobnno-tkanevogo kompleksa kishechnika v razviti khronicheskogo sistemnogo vospaleniya i sindroma insulinorezistentnosti u bol'nykh nealkogol'noi zhirovoi bolezniyu pecheni [The role of gut microbial-tissue complex in development of chronic system inflammation and insulin-resistance in patients with non-alcoholic fatty liver disease]. *Vestnik Severo-Zapadnogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta im. I.I. Mechnikova* [Herald of the Northwestern state medical university named after I.I. Mechnikov]. 2010. Vol. 2, N 4. Pp. 19–24. (In Russ.)
4. Evdokimov V.I., Bobrinev E.V. Sluchai zabolevaemosti s trudopoteryami u sotrudnikov podrazdelenii MChS Rossii i rabotayushchego naseleniya Rossii [Cases of morbidity with work days lost among employees of the EMERCOM of Russia and the working population in Russia]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problem bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2019. N 4. Pp. 24–32. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-24-32. (In Russ.)
5. Kriit V.E., Sannikov M.V., Sladkova Yu.N., Pyatibrat A.O. Vliyaniye polimorfizmov genov detoksikatsii ksenobiotikov i stazha raboty na uroven' kumulyatsii dioksinov v organizme sotrudnikov MChS Rossii [Influence of xenobiotic detoxication gene polymorphisms and experience on the level of accumulation of dioxins in EMERCOM of Russia employees]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problem bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2020. N 2. Pp. 55–68. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-2-55-68. (In Russ.)
6. Lazebnik L.B., Golovanova E.V., Turkina S.V. [et al.]. Nealkogol'naya zhirovaya bolezniyu pecheni u vzroslykh: klinika, diagnostika, lechenie. Rekomendatsii dlya terapevtov, tret'ya versiya [Non-alcoholic fatty liver disease in adults: clinic, diagnostics, treatment. Guidelines for therapists, third version]. *Ekspierimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya* [Experimental and clinical gastroenterology]. 2021. N 1. Pp. 4–52. DOI: 10.31146/1682-8658-ecg-185-1-4-52. (In Russ.)
7. Makarov I.O., Borovkova E.I., Shemanaeva T.V., Kazakov R.D. Sovremennoe predstavlenie o nealkogol'noi zhirovoi bolezniyu pecheni, kak o proyavlenii metabolicheskogo sindroma [Modern concepts of nonalcoholic fatty liver disease, as a manifestation of metabolic syndrome]. *Vrach-aspirant* [Postgraduate Doctor]. 2012. Vol. 50, N 1.5. Pp. 685–692. (In Russ.)
8. Rodionov G.G., Shantyr I.I., Svetkina E.V. [et al.]. Otsenka pristenochnoi mikrobioty kishechnika zdorovykh lyudei metodom gazovoi khromato-mass-spektrometrii [Evaluation of the wall intestinal microbiota of healthy people by gas chromatography-mass spectrometry method]. *Translyatsionnaya meditsina* [Translational medicine]. 2017. Vol. 4, N 6. Pp. 34–42. DOI: 10.18705/2311-4495-2017-4-6-34-42. (In Russ.)
9. Rossiiskoe obshchestvo po izucheniyu pecheni (ROPIP) [Russian Society for the Study of the Liver]. URL: <https://rsls.ru>
10. Rukavishnikov V.S., Lakhman O.L., Dorogova V.B., Bodienkova G.M. Profilaktika professional'nykh i proizvodstvenno-obuslovlennykh zabolevaniy u pozharnykh [Prevention of occupational and production-related diseases in firefighters]. Angarsk. 2006. 52 p. (In Russ.)
11. Mosina L., Korobkov D., Mokina E. [et al.]. Non-alcoholic fatial diseases of the liver: historical aspect of the formation of nosological unit, etiology and pathogenetic peculiarities of this pathology (literature review). *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulletin of Science and Practice]. 2018. Vol. 4, N 12. Pp. 182–189. DOI: 10.5281/zenodo.2256509.
12. Mosina L.M., Korobkov D.M., Stepanov N.Yu. [et al.]. On the question of some correlation links of the metabolic syndrome and nonalcoholic fatty liver disease. *International Research Journal*. 2019. N 1-1. Pp. 132–134. DOI: 10.23670/IRJ.2019.79.1.025.
13. Mouzaki M., Comelli E.M., Arendt B.M. [et al.]. Intestinal microbiota in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Hepatology*. 2013. Vol. 58, N 1. Pp. 120–127. DOI: 10.1002/hep.26319.

Received 10.09.2021

For citing. Gatsura V.Y., Batskov S.S., Pyatibrat E.D. Vliyaniye kumulyatsii dioksinov v lipidakh krovi na formirovaniye nealkogol'noi zhirovoi bolezniyu pecheni u pozharnykh. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problem bezopasnosti v chrezvychainykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 20–27. (In Russ.)

Gatsura V.Y., Batskov S.S., Pyatibrat E.D. The effect of accumulation of dioxins in blood lipids on the formation of non-alcoholic fatty liver disease in firefighters. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 20–27. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-20-27

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И ТЕХНОЛОГИИ НУТРИЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПОСТРАДАВШИХ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ С ДЛИТЕЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ СОЗНАНИЯ ВСЛЕДСТВИЕ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России
(Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Актуальность. Эпидемиологические исследования свидетельствуют о высокой частоте черепно-мозговых травм (ЧМТ) в России, странах Европы и США. Главной причиной ЧМТ является дорожно-транспортный травматизм. Хронические катаболические процессы, характерные для пациентов с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ, могут препятствовать процессам восстановления и улучшению функционального состояния головного мозга. Организация лечебного питания данной категории пациентов требует индивидуального подхода на основании расчетов метаболических потребностей, а также своевременного и адекватного субстратного обеспечения нутриентами.

Цель – оценить эффективность специализированных питательных смесей для энтерального питания и стандартной госпитальной диеты в протертом виде и разработать технологии нутриционной поддержки пострадавших в чрезвычайных ситуациях с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ.

Методология. В период с 2016 по 2020 г. в отделе медицинской реабилитации Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России наблюдались 126 пациентов с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ: основная группа ($n = 84$) получала специализированные питательные смеси для энтерального питания, контрольная группа ($n = 42$) – стандартную диету в протертом виде. Проводилась оценка эффективности питания пациентов с последующей разработкой технологии нутриционной поддержки пострадавших с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ.

Результаты и их анализ. Полученные данные свидетельствовали о большей эффективности нутриционной поддержки специализированными смесями для энтерального питания по сравнению со стандартной госпитальной диетой в протертом виде. Установлены статистически значимые различия показателей трофологического статуса в группах: по индексу массы тела ($p = 0,03$), окружности плеча ($p < 0,001$), окружности мышц плеча ($p < 0,001$), отклонению фактической массы тела от рекомендуемой ($p = 0,03$), по некоторым показателям крови: общему белку ($p < 0,001$), альбумину ($p < 0,001$) и абсолютному числу лимфоцитов ($p = 0,03$). Выявлена достоверная положительная динамика в виде снижения числа пациентов с белково-энергетической недостаточностью средней и тяжелой степени ($p = 0,013$) в основной группе.

Заключение. Предложенные алгоритмы искусственного лечебного питания, разработанные и научно обоснованные технологии нутриционной поддержки у пострадавших в чрезвычайных ситуациях с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ, на основании оценки эффективности специализированных питательных смесей для энтерального питания и стандартной госпитальной диеты в протертом виде, позволяют диагностировать признаки недостаточности питания, проводить своевременную алиментацию и, тем самым, улучшить трофологический статус.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, дорожно-транспортное происшествие, черепно-мозговая травма, нарушение сознания, трофологическая недостаточность, нутриционная поддержка, энтеральное питание.

Введение

Эпидемиологические исследования свидетельствуют о высокой частоте черепно-мозговых травм (ЧМТ) в России (около 600 тыс. человек в год – до 4 случаев и больше на 1000 человек населения в год) [6]. В России, как и в развитых странах Европы и США, по-прежнему главной причиной ЧМТ является

дорожно-транспортный травматизм, составляющий от 50 до 70% случаев [7]. Летальность при тяжелой ЧМТ остается на уровне 30–80%, не имея тенденции к снижению [8, 9].

Многим пострадавшим с тяжелым поражением головного мозга удается сохранить жизнь, однако, у части из них могут развиваться посттравматические длительные на-

✉ Никифоров Михаил Владиславович – врач-терапевт, отд. мед. реабилитации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: m.v.nikiforov@yandex.ru;

Королев Андрей Анатольевич – д-р мед. наук, зав. отд. мед. реабилитации, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: dr.andrei.korolev@mail.ru

рушения сознания [2, 9]. Для данной группы пациентов характерны нарушения иммунного статуса, хронические инфекционные осложнения, сохраняющиеся катаболические процессы, которые в совокупности приводят к истощению резервов организма и развитию трофологической недостаточности [1–3]. Важной составляющей комплексного лечения в таком случае являются коррекция трофического гомеостаза организма и адекватное субстратное обеспечение необходимыми нутриентами.

Цель – оценить эффективность специализированных питательных смесей для энтерального питания и стандартной госпитальной диеты в протертом виде и разработать технологии нутриционной поддержки у пострадавших в чрезвычайных ситуациях (ЧС) с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ.

Материал и методы

Обследовали 126 пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ, проходящих курс медицинской реабилитации в отделе медицинской реабилитации Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург) в период с 2016 по 2020 г. Возраст пациентов составлял от 18 до 87 лет, средний возраст – $(35,1 \pm 1,3)$ года. Мужчин было 102, средний возраст – $(36,3 \pm 1,4)$ года, женщин – 24, средний возраст – $(29,9 \pm 2,6)$ года.

Согласно возрастной классификации ВОЗ, пациенты соответствовали возрастным группам: молодой возраст (18–44 года) – 99 (78,6%) человек, средний возраст (45–59 лет) – 20 (15,9%), пожилой возраст (60–74 года) – 4 (3,2%), старческий возраст (75–90 лет) – 3 (2,4%) пациента. Превалирующим контингентом пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ являлась группа молодого возраста.

В исследование включали пациентов с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ в ЧС. Критериями включения были:

- длительность ЧМТ более 1 мес;
- уровень сознания – вегетативное или состояние минимального сознания;
- возраст – старше 18 лет;
- продолжительность курса стационарной медицинской реабилитации с возможностью проведения нутриционной поддержки в течение 4 нед.

Из исследования исключали пациентов, имеющих отягощенный анамнез и сопутствующую ургентную патологию. Критериями исключения явились:

- нестабильная гемодинамика;
- лихорадочный синдром и системная воспалительная реакция;
- дисфункция кишечника (синдром нарушенного пищеварения);
- заболевания внутренних органов в стадии декомпенсации.

Согласно дизайну исследования, при первичном осмотре проводили сбор анамнеза, клиническое обследование и определение уровня сознания. Применяли стандартизованный комплексный подход к осмотру и оценке пациентов с хроническими нарушениями сознания с использованием протокола ведения пациентов в вегетативном состоянии и минимального сознания травматического генеза и пересмотренной шкалы восстановления после комы (Coma Recovery Scale-Revised, CRS-R) [10], а с 2018 г. – русифицированной версии пересмотренной шкалы CRS-R [4].

Хронические нарушения сознания в виде вегетативного состояния оказались у 17 (13,5%) пациентов (мужчин – 13, женщин – 4), состояния минимального сознания – у 109 (86,5%) пациентов (мужчин – 89, женщин – 20). Вне зависимости от гендерной принадлежности основную долю среди пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ занимают пациенты с признаками минимального сознания, что является благоприятным фактором, влияющим на реабилитационный прогноз.

У всех пациентов имелись признаки нейрогенной дисфагии с преимущественным нарушением оральной фазы. На момент включения в исследование вариантом реализации питания был зондовый метод. Несмотря на сроки давности ЧМТ и международные стандарты, по которым при необходимости проведения больным зондового питания продолжительностью более 4 нед показано наложение стомы [4], у пациентов до момента включения в исследование алиментация осуществлялась через назогастральный зонд ($n = 56$, 44,4%) или гастростому ($n = 70$, 55,6%). Это, прежде всего, было обусловлено дефектом оказания медицинской помощи при этапном лечении пациентов с длительными нарушениями сознания ввиду отсутствия как должных знаний среди медицинского персонала, так и в некоторых случаях возможности выполне-

ния хирургического вмешательства с целью установки стомы. На этапе проведения курса медицинской реабилитации в отделе медицинской реабилитации Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России группе пациентов с назогастральным зондом выполняли наложение пункционной эндоскопически ассистированной гастростомы.

Из 126 пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ после оценки трофологического статуса были сформированы 2 группы, сопоставимые по возрасту, гендерному составу и клиническим признакам нарушения сознания:

1-я (основная) – $n = 84$ (66,7%), средний возраст – $(29,6 \pm 12,8)$ года, в том числе: мужчин было 68 (81%), средний возраст – $(32,3 \pm 13,9)$ года, женщин – 16 (19%), средний возраст – $(23 \pm 6,32)$ года. Алиментацию планировали на основании определения потребности в энергии и белке расчетным методом, в качестве нутриционной поддержки использовали специализированные питательные смеси для энтерального питания;

2-я (контрольная) – $n = 42$ (33,3%), средний возраст – $(33,3 \pm 17,0)$ лет, в том числе мужчин было 34 (81%), средний возраст – (56 ± 13) лет, женщин – 8 (19%), средний возраст – $(25,7 \pm 13,3)$ года. Оценивали потреб-

ности в энергии и белке расчетным методом, алиментацию проводили с использованием стандартной госпитальной диеты (в протертом виде).

Пострадавшим в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ, проходящим курс медицинской реабилитации, выполнили обследование, включающее клинические (объективный осмотр с оценкой трофологического статуса), соматометрические (антропометрические измерения), лабораторные (определение показателей клинического и биохимического анализов крови, мочевины в суточной моче) методы, определение метаболических потребностей (расчет энергетических потребностей по уравнению Харриса–Бенедикта, потребности в белке).

На основании приведенных данных, для оценки трофологического статуса, определения метаболических потребностей, проведения нутриционной поддержки и определения ее эффективности у пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ разработали дизайн исследования (рис. 1).

Из рис. 1 видно, что в исследование были включены 126 пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ. На 1-м этапе были выполнены оценка и анализ трофологического статуса (сбор анамне-



Рис. 1. Дизайн оценки трофологического статуса, определения метаболических потребностей и проведения нутриционной поддержки пострадавших с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ.

за и общий объективный осмотр, диагностика признаков нарушения питания и наличия инфекционных осложнений). На основании полученных результатов, определили метаболические потребности (энергетические и пластические) и рассчитали объемы алиментации. В дальнейшем случайным методом провели распределение пациентов по группам сравнения, основным отличием которых был вариант реализации питания (нутриционная поддержка с применением специализированной питательной смеси для энтерального питания и стандартная госпитальная диета для зондового введения в протертом виде). Через 28 дней в каждой группе выполнили сравнительный анализ показателей трофологического статуса. Полученные результаты позволили провести оценку эффективности специализированных питательных смесей для энтерального питания и стандартной госпитальной диеты в протертом виде (для зондового введения) и разработать технологии нутриционной поддержки.

Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech 1.2.0 и ресурсов электронных таблиц Microsoft Excel. Количественные показатели оценивали на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро–Уилка (при числе обследуемых менее 50) или критерия Колмогорова–Смирнова (при числе обследуемых более 50). Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывали с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95% доверительного интервала (95% ДИ). В случае отсутствия нормального распределения количественные данные представляли с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q_1 ; Q_3).

Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполняли с помощью U -критерия Манна–Уитни. Категориальные данные описывали с указанием абсолютных

значений и процентных долей. Сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности выполняли с помощью точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10). Вероятность ошибки (p) считали статистически значимой при $p \leq 0,05$. Графические характеристики результатов построили по программе Microsoft Excel.

Результаты и их анализ

Определение метаболических потребностей. Известно, что потребности пострадавших в ЧС с ЧМТ в энергии могут быть определены с использованием метода непрямой калориметрии, который отражает фактический расход энергии в течение времени [4]. Данная методика наиболее часто применяется в острый период ЧМТ в условиях отделений реанимации и интенсивной терапии.

Для определения метаболических потребностей у пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ в качестве метода определения энергопотребности использовали уравнение Харриса–Бенедикта. Оно позволило определить как уровень основного обмена, так и действительного расхода энергии с применением коэффициентов метаболической поправки.

В табл. 1 представлены данные о величине основного обмена и действительного расхода энергии в группах, выполненные расчетным методом после оценки трофологического статуса. На основании полученных результатов, представленных в табл. 1, и медианы массы тела в 1-й группе (55,1 кг), показатель энергопотребности для пострадавших составил 39,7 ккал/(кг·сут), во 2-й группе при средней массе тела ($58,3 \pm 4,7$) кг – 38,2 ккал/(кг·сут).

У мужчин показатели действительного расхода энергии и потребности в пластическом субстрате в 1-й и 2-й группе были больше, чем у женщин, так как величина энергопотребности зависит от роста и массы тела пациента ($p < 0,001$). Показатель действительного рас-

Таблица 1

Величина основного обмена и действительного расхода энергии в группах

Показатель	Группа	
	1-я, $Me (Q_1; Q_3)$	2-я, $M \pm SD (95\% \text{ ДИ})$
Уровень основного обмена, ккал/сут	1445,5 (1333,5; 1576,8)	1484,3 $\pm$ 126,1 (1445,0–1523,6)
Действительный расход энергии, ккал/сут	2168,5 (2000,2; 2365,5)	2226,7 $\pm$ 189,1 (2167,8–2285,6)
Показатель энергопотребности, ккал/(кг·сут)	39,7 (37,3; 42,5)	38,2 $\pm$ 2,58
Потребность в белке, в том числе:		
на 1-е сутки, г/сут	90,3 (83,4; 98,5)	92,7 $\pm$ 1,22
на 1 кг массы тела, г/(кг·сут)	1,7 (1,6; 1,8)	1,59 $\pm$ 0,02

хода энергии в 1-й группе у мужчин был 2231,5 (2102,0–2386,2) ккал/сут, у женщин – 1969,0 (1833,8–2015,2) ккал/сут, во 2-й – (2276,3 ± 163,3) и (2016,0 ± 144,8) ккал/сут.

Таким образом, при проведении нутриционной поддержки в 1-й группе объем алиментации производился из расчета энергии 2169 ккал/сут [39 ккал/(кг·сут)], потребности в белке – 90 г/сут [1,7 г/(кг·сут)]. Полученные целевые показатели соответствовали в среднем 1,5 л жидкой гиперкалорической полимерной смеси для энтерального питания. Субстратное обеспечение было ориентировано на общую энергетическую квоту и содержание основных макронутриентов, при этом на 1 г вводимого азота приходилось 125 небелковых килокалорий.

Во 2-й группе объем алиментации производился из расчета энергии 2227 ккал/сут [38 ккал/(кг·сут)], потребность в белке – 93 г/сут [1,6 г/(кг·сут)]. Объем стандартной диеты составлял 2 л в протертом виде и не корректировался индивидуально в зависимости от рассчитанных показателей энергии и белка.

Проведенный расчет показал достаточно высокие показатели основного обмена и необходимого расхода энергии у больных в группах. Различий в показателях, представленных в табл. 1, не выявлено. Далее укажем каким образом изначально равноценный на-

бор нутриентов станет использоваться организмом в зависимости от типа питания.

Динамика соматометрических показателей. Для оценки эффективности нутриционной поддержки специализированными питательными смесями для энтерального питания и стандартной госпитальной диеты в протертом (зондовом) виде выполнено сравнение динамики показателей трофологического статуса в группах. Результаты соматометрических данных оценивались на 1-й и 28-й день проводимой алиментации (табл. 2). Как правило, проводимое лечение, в том числе с нутриционной поддержкой, оптимизировало соматометрические сведения у пострадавших. Показатель индекса массы тела изначально был значимо меньшим у пациентов 1-й группы по сравнению со 2-й ($p < 0,001$), однако, после лечения у больных 1-й группы он улучшился, а во 2-й группе – был также больше ($p < 0,03$), но остался неизменным в сравнении с 1-м днем лечения, аналогичная тенденция прослеживается и в динамике отклонения фактической массы тела в группах от рекомендуемой (см. табл. 2).

У пациентов 1-й группы, которым рассчитывали потребности в энергии и белке, использовали в качестве нутриционной поддержки специализированные питательные смеси для энтерального питания, на 28-й день по сравнению с данными у больных 2-й груп-

Таблица 2

Анализ динамики соматометрических показателей в группах

Показатель	Группа	День наблюдения	Me (Q ₁ ; Q ₃)	p <
Индекс массы тела, кг/м ²	1-я	1-й	18,1 (16,6; 18,9)	0,001
	2-я		19,1 (18,4; 20,1)	
	1-я	28-й	18,6 (17,1; 19,4)	0,03
	2-я		19,1 (18,3; 19,9)	
Окружность плеча, см	1-я	1-й	21,5 (20,5; 23,0)	0,001
	2-я		21,8 (21,0; 22,5)	
	1-я	28-й	22,5 (22,0; 23,5)	
	2-я		21,5 (21,0; 22,5)	
Кожно-жировая складка над трицепсом, мм	1-я	1-й	5,0 (4,0; 6,0)	
	2-я		6,0 (4,0; 8,0)	
	1-я	28-й	6,0 (4,0; 6,0)	
	2-я		6,0 (4,0; 8,0)	
Окружность мышц плеча, см	1-я	1-й	20,1 (19,2; 20,7)	0,001
	2-я		20,0 (19,5; 20,9)	
	1-я	28-й	20,9 (20,1; 21,6)	
	2-я		19,9 (19,1; 20,6)	
Отклонение фактической массы тела от рекомендуемой, %	1-я	1-й	74,5 (67,0; 78,0)	0,001
	2-я		78,0 (75,2; 83,0)	
	1-я	28-й	77,0 (69,8; 80,0)	0,03
	2-я		78,0 (76,0; 82,0)	

пы были лучшими показатели индекса массы тела ($p < 0,05$), отклонения фактической массы тела от рекомендуемой ($p < 0,05$), окружности плеча ($p < 0,001$) и мышц ($p < 0,001$).

Можно полагать, что положительной динамике трофологического статуса, улучшению мышечного и жирового депо, а также прибавке массы тела способствовало применение специализированных питательных смесей для энтерального питания по сравнению со стандартной госпитальной диетой в протертом (зондовом) виде.

Динамика лабораторных показателей.

Сравнение динамики лабораторных показателей позволило определить наиболее приемлемый и действенный способ алиментации для пострадавших с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ (табл. 3). Абсолютные данные общего белка в крови у пациентов 1-й группы изначально (1-й день) были меньшими, чем во 2-й ($p < 0,02$), в ходе проводимого лечения на 28-й день они стали статистически достоверно большими ($p < 0,001$). В динамике во 2-й группе показатели общего белка в крови уменьшились (см. табл. 3). В ходе проводимого лечения к 28-м суткам у пациентов 1-й группы в сравнение со 2-й группой стали достоверно большими данные альбумина в крови ($p < 0,001$) и абсолютного числа лимфоцитов ($p < 0,03$).

Анализ лабораторных показателей на фоне проведенного лечения в группах указывает на положительную динамику висцерального пула белка и иммунного статуса при использовании специализированных питательных смесей для энтерального питания, в то время как во 2-й группе при использовании госпитальной диеты в протертом виде без индивидуального и адекватного расчета субстратно-

го обеспечения отмечается их отрицательная динамика. Можно полагать, что полученные данные также свидетельствуют об эффективности нутриционной поддержки с применением специализированных питательных смесей для энтерального питания по сравнению со стандартной госпитальной диетой в протертом (зондовом) виде.

Динамика трофологического статуса.

Для оценки реализуемых вариантов питания с помощью дифференциально-диагностических критериев (масса тела, мышечное и жировое депо, висцеральный пул белка) и суммарного заключения по трофологическому статусу (совокупность соматометрических и лабораторных показателей) сравнивались типы и уровень выраженности трофологической недостаточности (табл. 4). Наглядно типы и уровень белково-энергетической недостаточности в группах показаны на рис. 2.

Недостаточность питания по МКБ-10 (E40–E46) подразделяется по типам: квашиоркор (E40) – тяжелое нарушение питания, сопровождаемое алиментарными отеками и нарушениями пигментации кожи и волос; марматический квашиоркор (E42) – тяжелая белково-энергетическая недостаточность (как E43); алиментарный маразм (E41) – менее тяжелое нарушение питания, сопровождающееся маразмом – почти полным прекращением психической деятельности человека, общим истощением; по степени: тяжелая белково-энергетическая недостаточность (E43), умеренная (E44.1) и легкая (E44.0).

У пациентов 2-й группы проведенное питание стандартной госпитальной диетой в протертом виде привело к уменьшению числа пациентов с типом белково-энергетической недостаточности «алиментарный ма-

Таблица 3

Анализ динамики лабораторных показателей в группах

Показатель	Группа	День наблюдения	Me (Q_1 ; Q_3)	$p <$
Общий белок в крови, г/л	1-я	1-й	63,5 (59,0; 68,0)	0,02
	2-я	1-й	66,5 (62,2; 71,0)	
	1-я	28-й	66,0 (64,0; 67,0)	0,001
	2-я	28-й	63,0 (60,0; 65,8)	
Альбумин в крови, г/л	1-я	1-й	32,5 (29,3; 35,5)	0,001
	2-я	1-й	34,8 (31,2; 36,4)	
	1-я	28-й	33,7 (32,4; 35,2)	
	2-я	28-й	31,2 (29,6; 33,7)	
Абсолютное число лимфоцитов, тыс.	1-я	1-й	2,0 (1,6; 2,4)	0,03
	2-я	1-й	1,9 (1,6; 2,3)	
	1-я	28-й	2,2 (1,8; 2,4)	
	2-я	28-й	1,9 (1,5; 2,1)	

Таблица 4

Динамика типа и уровня белково-энергетической недостаточности в группах

Группа	Тип недостаточности	Этап наблюдения, день		Степень недостаточности	Этап наблюдения, день	
		1-й	28-й		1-й	28-й
1-я	Алиментарный маразм	42 (50,0)	75 (89,3)	Легкая	1 (1,2)	16 (19,0)
	Маразматический квашиоркор	40 (47,6)	7 (8,3)	Умеренная	73 (86,9)	67 (79,8)
	Квашиоркор	2 (2,4)	2 (2,4)	Тяжелая	10 (11,9)	1 (1,2)
2-я	Алиментарный маразм	28 (66,7)	15 (35,7)	Легкая	11 (26,2)	5 (11,9)
	Маразматический квашиоркор	12 (28,6)	25 (59,5)	Умеренная	31 (73,8)	37 (88,1)
	Квашиоркор	2 (4,8)	2 (4,8)	Тяжелая	0 (0,0)	0 (0,0)
p		> 0,05	< 0,001	p		< 0,001
						< 0,02

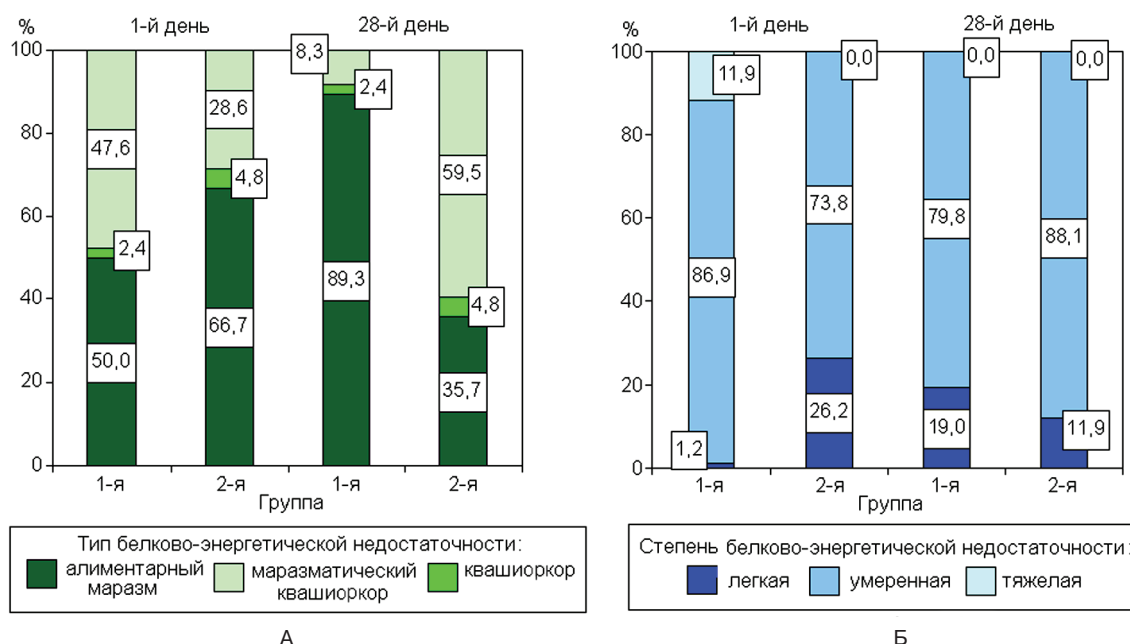


Рис. 2. Динамика типа (А) и степень (Б) белково-энергетической недостаточности в группах.

разм» и увеличению данных по смешанному типу («маразматический квашиоркор») (см. рис. 2А). Учитывая отрицательную динамику трофологического статуса (см. табл. 2) и снижение соматического и висцерального пула белка (см. табл. 3), полученные результаты могут свидетельствовать о нежелательной структуре типов белково-энергетической недостаточности у пациентов 2-й группы.

У пациентов 1-й группы наблюдалась иная динамика – за счет улучшения показателей общего белка и альбумина в крови отмечалось значительное увеличение доли пациентов с типом белково-энергетической недостаточности «алиментарный маразм» и уменьшение – со смешанным типом (см. рис. 2А). Полагаем, что полученная структура типов белково-энергетической недостаточности у пациентов 1-й группы была более оптимальной. Действительно, при сравнении типа белково-энергетической недостаточности в 1-й день статистически значимых разли-

чий в структуре в группах не обнаружено, а на 28-й день выявлены достоверные различия в группах в зависимости от вариантов проводимого питания ($p < 0,001$) (см. табл. 4).

Анализируя динамику уровней белково-энергетической недостаточности, оказалось, что во 2-й группе не было пациентов с тяжелой степенью, а в 1-й группе таких больных было 10 (11,9%) (см. рис. 2Б), что обусловило статистически достоверные различия ($p < 0,001$) (см. табл. 4). Однако в ходе проведенного лечения для нормализации белково-энергетической недостаточности оказалась более предпочтительна нутриционная поддержка с использованием специализированных питательных смесей для энтерального питания, которая проводилась больным 1-й группы. Например, в 1-й группе увеличилась доля больных с легкой степенью белково-энергетической недостаточности, а во 2-й группе – доля таких пациентов уменьшилась (см. рис. 2Б). Структура белково-энергетической

недостаточности по степени проявлений в группах статистически достоверно различалась ($p < 0,02$) (см. табл. 4). Полученные результаты позволяют утверждать, что нутриционная поддержка в 1-й группе улучшает питание и способствует проявлению белково-энергетической недостаточности у пациентов с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ в более легкой степени.

Технологии нутриционной поддержки пострадавших на этапе медицинской реабилитации. Нутриционная поддержка является комплексом мероприятий, направленных на обеспечение относительно устойчивого трофического гомеостаза с целью оптимизации структурно-функциональных и метаболических процессов в организме и его адаптационных резервов [4]. При проведении нутриционной поддержки необходимо придерживаться основных принципов: своевременность назначения (как при наличии признаков истощения, так и при имеющихся рисках развития трофологической недостаточности), адекватность проведения (достаточное субстратное обеспечение и мониторинг метаболического ответа организма по ассимиляции нутриентов) и оптимальность сроков проведения (до полного купирования явлений гиперметаболизма–гиперкатаболизма, стабилизации показателей трофологического статуса и восстановления оптимального естественного питания). При наличии дисфункции трофической цепи с целью улучшения ассимиляции нутриентов возможно дополнительное использование фармаконутриентов (ферментов, пробиотиков, антиоксидантов и др.) [4].

Полученные в ходе проведенного исследования результаты анализа эффективности специализированных питательных смесей для энтерального питания и стандартной госпитальной диеты в протертом виде позволили нам разработать и научно обосновать технологии нутриционной поддержки пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ на этапе медицинской реабилитации (рис. 3).

При проведении стационарного этапа медицинской реабилитации пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ после сбора анамнеза и объективного осмотра необходимо оценить наличие очагов хронических инфекций. При наличии инфекционных осложнений (наиболее характерных для данной группы пациентов инфекций дыхательных, мочевыводящих путей

и трофических изменений кожи) вне зависимости от состояния трофологического статуса необходимо начать комплекс мероприятий, включающий как санацию очагов инфекции с проведением системной противомикробной терапии при необходимости, так и активную нутриционную поддержку. Выполнение данного пособия позволит своевременно уменьшить риски развития трофологической недостаточности.

При отсутствии инфекционных осложнений необходимо провести комплексную оценку трофологического статуса для своевременной диагностики нарушений питания с использованием соматометрических (см. табл. 2) и лабораторных (см. табл. 3) показателей. На основании заключения трофологического статуса при наличии гипотрофии и признаков белково-энергетической недостаточности или эйтрофии и высоких рисках развития трофологической недостаточности, следует начать проведение активной нутриционной поддержки. В случае отсутствия признаков трофологической недостаточности рекомендовано проведение динамического наблюдения и оценки статуса питания 1 раз/нед.

С учетом наличия у обследуемой группы нейрогенной дисфагии вариантами реализации алиментации является зондовый метод, осуществляемый через назогастральный зонд или гастростому. При наличии назогастрального зонда и планировании осуществления зондового питания более 4 нед целесообразно решение вопроса о наложении перкутанной эндоскопической гастростомы [4]. После выбора варианта введения питания необходимо рассчитать индивидуальные потребности в питательных субстратах. В качестве метода определения энергетических потребностей в питательных веществах возможно использование формулы Харриса–Бенедикта (с внесением соответствующих коэффициентов метаболической поправки в зависимости от конкретной клинической ситуации), на основании которого определяется потребность в пластическом субстрате. Расчетный показатель потребности в белке рекомендовано учитывать до момента определения суточных потерь азота. Целесообразное базисное обеспечение питательными веществами пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ в среднем должно соответствовать следующим объемам: энергия – не менее 35–40 ккал/(кг·сут), белок – 1,5 г/(кг·сут).

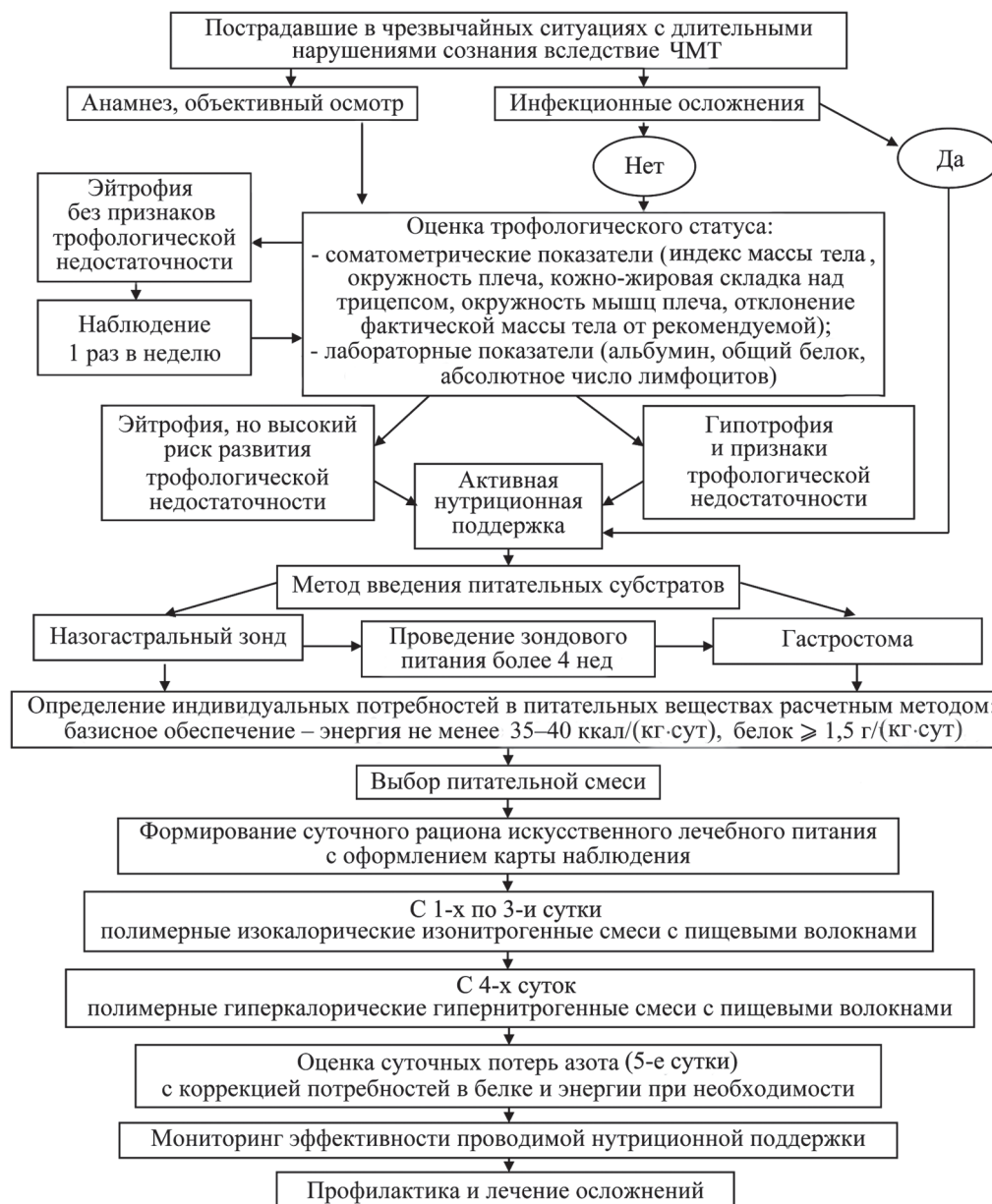


Рис. 3. Технологии нутриционной поддержки пострадавших в ЧС с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ на этапе медицинской реабилитации.

Перед составлением протокола искусственного лечебного питания необходимо выбрать необходимую питательную смесь. Для увеличения эффективности нутриционной поддержки у пострадавших с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ на этапе медицинской реабилитации требуется индивидуальный подход к выбору специализированных смесей для энтерального питания.

Нутриционную поддержку следует начать с болюсного введения полимерных изокалорических изонитрогенных питательных смесей с пищевыми волокнами для зондового

питания (каждые 2 ч в объеме не более 250 мл в течение 20 мин). При хорошей переносимости проводимого искусственного лечебного питания через 3 дня рекомендован перевод на гиперкалорические гипернитрогенные питательные смеси с пищевыми волокнами (болюсное введение по 250 мл в течение 20 мин). Суточный объем алиментации должен соответствовать исходно рассчитанным метаболическим потребностям. На 5-й день активной нутриционной поддержки необходимо оценить суточные потери азота для расчета азотистого баланса и коррекции потребности в белке при необходимости.

С целью оценки эффективности проводимой нутриционной поддержки следует проводить динамический мониторинг не реже 1 раза в 2 нед таких показателей трофологического статуса, как индекс массы тела, кожно-жировая складка над трицепсом, окружность плеча и мышц, отклонение фактической массы тела от рекомендуемой, общий белок и альбумин в крови, абсолютное число лимфоцитов.

При формировании суточного рациона искусственного лечебного питания пострадавших с длительными нарушениями сознания вследствие ЧМТ и оформлении соответствующего протокола обязательно следует проводить профилактику и своевременное лечение возможных осложнений. При возникновении функциональных нарушений органов пищеварения (после исключения острой инфекционной и абдоминальной патологии) требуется оценить правильность проведения питания ухаживающим персоналом (соблюдение асептических мер, скорости введения питания и др.), изменить скорость и вариант реализации зондового питания (прекращение болюсного введения с последующим переходом на непрерывное капельное введение энтерального питания), а также добавить энтеральную терапию (ферментная, пре- и про-

биотическая, энтеросорбенты). При сохранении дисфункции желудочно-кишечного тракта возможно использование полужидких смесей длительностью не более 7 дней с дальнейшим поэтапным переходом на полимерные. В случае возникновения болезней органов пищеварения, несмотря на коррекцию проводимой алиментации, целесообразно рассмотреть вариант реализации частичного или полного парентерального питания.

Заключение

Таким образом, предложенные алгоритмы искусственного лечебного питания и разработанные и научно обоснованные технологии нутриционной поддержки пострадавших в чрезвычайных ситуациях с длительными нарушениями сознания вследствие черепно-мозговой травмы, на основании оценки эффективности специализированных питательных смесей для энтерального питания и стандартной госпитальной диеты в протертом виде, позволяют диагностировать признаки недостаточности питания, проводить своевременную алиментацию и, тем самым, улучшить трофологический статус. Полученные данные могут учитываться при разработке и формировании клинических рекомендаций по лечебному питанию пациентов.

Литература

1. Вайншенкер Ю.И., Ивченко И.М., Цинзерлинг В.А. [и др.]. Инфекционные факторы повреждения головного мозга при длительных бессознательных состояниях // *Анналы клинич. и эксперим. неврологии*. 2014. Т. 8, № 3. С. 21–29
2. Кондратьева Е.А. *Вегетативное состояние (этиология, патогенез, диагностика и лечение) : монография*. СПб., 2014. 361 с.
3. Лейдерман И.Н., Белкин А.А., Рахимов Р.Т. [и др.]. Влияние вертикализации на динамику показателя энергопотребности покоя у пациентов с синдромом безответного бодрствования // *Журн. им. Н.В. Склифосовского. Неотложная мед. помощь*. 2020. Т. 9, № 3. С. 356–362. DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-3-356-362.
4. Луфт В.М., Афончиков В.С., Дмитриев А.В. [и др.]. *Руководство по клиническому питанию : монография / С.-Петербург. науч.-исслед. ин-т скорой помощи им. И.И. Джанелидзе*. СПб., 2016. 492 с.
5. Мочалова Е. Г., Легостаева Л. А., Зимин А. А. [и др.]. Русскоязычная версия пересмотренной шкалы восстановления после комы — стандартизированный метод оценки пациентов с хроническими нарушениями сознания // *Журн. неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. Спецвыпуски*. 2018. Т. 118, № 3-2. С. 25–31. DOI: 10.17116/jnevro20181183225-31.
6. Овсянников Д.М., Чехонацкий А.А., Колесов В.Н. [и др.]. Социальные и эпидемиологические аспекты черепно-мозговой травмы // *Саратов. науч.-медиц. журн.* 2012. Т. 8, № 3. С. 777–785.
7. Фирсов С.А. *Патогенетические основы медицинского обеспечения при сочетанной черепно-мозговой и скелетной травме, ассоциированной с алкогольной интоксикацией : автореф. дис. ... д-ра мед. наук*. Архангельск, 2015. 35 с.
8. Andriessen T.M., Horn J., Franschman G. [et al.]. Epidemiology, severity classification, and outcome of moderate and severe traumatic brain injury: a prospective multicenter study // *J. Neurotrauma*. 2011. Vol. 28, N 10. P. 2019–2031. DOI: 10.1089/neu.2011.2034.
9. Coronado V.G., McGuire L.C., Sarmiento K. [et al.]. Trends in traumatic brain injury in the U.S. and the public health response: 1995–2009 // *J. Safety Res.* 2012. Vol. 43, N 4. P. 299–307. DOI: 10.1016/j.jsr.2012.08.011.

10. Donkin J.J., Vink R. Mechanisms of cerebral edema in traumatic brain injury: therapeutic developments // Curr. Opin. Neurol. 2010. Vol. 23, N 3. P. 293–299. DOI: 10.1097/WCO.0b013e328337f451.
11. Giacino J.T., Kalmar K., Whyte J. The JFK Coma Recovery Scale-Revised: measurement characteristics and diagnostic utility // Archives of physical medicine and rehabilitation. 2004. Vol. 85, N 12 P. 2020–2029. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.02.033.

Поступила 07.09.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Вклад авторов: М.В. Никифоров – разработка дизайна исследования, сбор первичных данных, их анализ, написание статьи; А.А. Королев – разработка дизайна исследования, редактирование окончательного варианта статьи.

Для цитирования. Никифоров М.В., Королев А.А. Оценка эффективности и технологии нутриционной поддержки пострадавших в чрезвычайных ситуациях с длительными нарушениями сознания вследствие черепно-мозговой травмы // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 28–39. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-28-39

Evaluation of the effectiveness and technology of nutritional support of victims in emergency situations with a long-term impairment of consciousness due to traumatic brain injury

Nikiforov M.V., Korolev A.A.

Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Mikhail Vladislavovich Nikiforov – General Practitioner, Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: m.v.nikiforov@yandex.ru;

Andrei Anatol'evich Korolev – Dr Med. Sci., Head of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: dr.andrei.korolev@mail.ru

Abstract

Relevance. Epidemiological studies indicate an extremely high incidence of traumatic brain injury (TBI) in Russia, Europe and the USA. The main cause of TBI is road traffic injuries. Chronic catabolic processes, typical for patients with long-term impairment of consciousness due to TBI, can interfere with the recovery process and improvement of the functional state of the brain. The organization of nutrition for this category of patients requires an individual approach based on calculations of metabolic needs, as well as timely and adequate substrate supply of nutrients.

Intention. To evaluate the effectiveness of specialized nutritional supplements for enteral nutrition vs pureed diet and to develop technologies for nutritional support for victims in emergencies with a long-term impairment of consciousness due to TBI.

Methodology. Between 2016 and 2020, in the Department of Physical and Rehabilitation Medicine of the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine the study included 126 patients with long-term impairment of consciousness due to TBI. The main group (n = 84) received specialized nutritional supplements for enteral nutrition, the control group (n = 42) – a pureed diet. Evaluation of the effectiveness of specialized nutritional supplements for enteral nutrition and a pureed diet was carried out, followed by the development of nutritional support technology for victims of emergencies with long-term impairment of consciousness due to TBI.

Results and Discussion. The data obtained indicated the effectiveness of nutritional support with specialized nutritional supplements for enteral nutrition in comparison with a pureed diet. Statistically significant differences were revealed when comparing trophological status indicators depending on the types of food provided (BMI (p = 0.03), shoulder circumference (p < 0.001), shoulder muscle circumference (p < 0.001), deviation of the actual body weight from the recommended body weight (p = 0.03), total serum protein (p < 0.001), serum albumin (p < 0.001), absolute lymphocyte count (p = 0.03)). A significant decrease in the number of patients with moderate and severe protein-energy malnutrition (PEM) (p = 0.013) in the main group was revealed.

Conclusion. The proposed algorithms and scientifically grounded technologies of nutritional support for victims of emergencies with long-term impairment of consciousness due to TBI, which are based on the assessment of the effectiveness of specialized nutritional supplements for enteral nutrition and a standard hospital pureed diet help to diagnose malnutrition, realize feeding and improve indicators of the trophological status.

Keywords: emergency, road traffic injury, traumatic brain injury, impaired consciousness, trophological insufficiency, nutritional support, enteral nutrition.

References

1. Vainshenker Yu.I., Ivchenko I.M., Tsinzerling V.A. [et al.]. Infektsionnye faktory povrezhdeniya golovnogo mozga pri dlitel'nykh bessoznatel'nykh sostoyaniyakh [Infectious factors of the brain damage in the long-term unconscious states]. *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii* [Annals of clinical and experimental neurology]. 2014. Vol. 8, N 3. Pp. 21–29. (In Russ.)
2. Kondrat'eva E.A. Vegetativnoe sostoyanie (etiologiya, patogeneza, diagnostika i lechenie) : monografiya [Vegetative state (etiology, pathogenesis, diagnosis and treatment) : monograph]. Sankt-Peterburg. 2014. 361 p. (In Russ.)
3. Leiderman I.N., Belkin A.A., Rakhimov R.T. [et al.]. Vliyaniye vertikalizatsii na dinamiku pokazatelya energopotrebnosti pokoya u patsientov s sindromom bezotvetnogo bodrstvovaniya [The influence of verticalization on the dynamics of the energy demand at rest in patients with unresponsive wakefulness syndrome]. *Zhurnal im. N.V. Sklifosovskogo Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'* [Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care]. 2020. Vol. 9, N 3. Pp. 356–362. DOI: 10.23934/2223-9022-2020-9-3-356-362. (In Russ.)
4. Luft V.M., Afonchikov V.S., Dmitriev A.V. [et al.]. Rukovodstvo po klinicheskomu pitaniyu: monografiya [Clinical nutrition guide : monograph]. Sankt-Peterburg. 2016. 492 p. (In Russ.)
5. Mochalova E.G., Legostaeva L.A., Zimin A.A. [et al.]. Russkoyazychnaya versiya peresmotrennoy shkaly vosstanovleniya posle komy – standartizirovannyi metod otsenki patsientov s khronicheskimi narusheniyami soznaniya [The Russian version of Coma Recovery Scale-revised — a standardized method for assessment of patients with disorders of consciousness]. *Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova* [S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry]. Special issue. 2018. Vol. 118, N 3-2. Pp. 25–31. DOI: 10.17116/jnevro20181183225-31. (In Russ.)
6. Ovsyannikov D.M., Chekhonatskii A.A., Kolesov V.N. [et al.]. Sotsial'nye i epidemiologicheskie aspekty cherepno-mozgovoy travmy [Social and epidemiological aspects of craniocerebral trauma (review)]. *Saratovskii nauchno-meditsinskii zhurnal* [Saratov journal of medical scientific research]. 2012. Vol. 8, N 3. Pp. 777–785. (In Russ.)
7. Firsov S.A. Patogeneticheskie osnovy meditsinskogo obespecheniya pri sochetannoi cherepno-mozgovoi i skeletnoi travme, assotsirovannoi s alkohol'noi intoksikatsiei [Pathogenetic basics of medical support for combined traumatic brain and skeletal injury associated with alcohol intoxication] : Abstract dissertation PhD Med. Sci. Arkhangel'sk. 2015. 35 p. (In Russ.)
8. Andriessen T.M., Horn J., Franschman G. [et al.]. Epidemiology, severity classification, and outcome of moderate and severe traumatic brain injury: a prospective multicenter study. *J. Neurotrauma*. 2011. Vol. 28, N 10. Pp. 2019–2031. DOI: 10.1089/neu.2011.2034.
9. Coronado V.G., McGuire L.C., Sarmiento K. [et al.]. Trends in traumatic brain injury in the U.S. and the public health response: 1995–2009. *J. Safety Res.* 2012. Vol. 43, N 4. Pp. 299–307. DOI: 10.1016/j.jsr.2012.08.011.
10. Donkin J.J., Vink R. Mechanisms of cerebral edema in traumatic brain injury: therapeutic developments. *Curr. Opin. Neurol.* 2010. Vol. 23, N 3. Pp. 293–299. DOI: 10.1097/WCO.0b013e328337f451.
11. Giacino J.T., Kalmar K., Whyte J. The JFK Coma Recovery Scale-Revised: measurement characteristics and diagnostic utility. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004. Vol. 85, N 12. Pp. 2020–2029. DOI: 10.1016/j.apmr.2004.02.033.ë

Received 07.09.2021

For citing: Nikiforov M.V., Korolev A.A. Otsenka effektivnosti i tekhnologii nutritsionnoi podderzhki postradavshikh v chrezvychaynykh situatsiyakh s dlitel'nymi narusheniyami soznaniya vsledstvie cherepno-mozgovoy travmy. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 28–39. (In Russ.)

Nikiforov M.V., Korolev A.A. Evaluation of the effectiveness and technology of nutritional support of victims in emergency situations with a long-term impairment of consciousness due to traumatic brain injury. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 28–39. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-28-39

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ СТАЦИОНАРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

¹Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет
им. акад. И.П. Павлова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8);

²Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Актуальность. Развитие компьютерных технологий последние годы все больше внедряется в медицинскую сферу. Современные программы позволяют выполнить имитационное моделирование медицинского подразделения в режиме повседневной деятельности и при чрезвычайных ситуациях, позволяют спрогнозировать необходимое количество персонала и коечную емкость.

Цель – изучить возможности компьютерного имитационного моделирования для оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в чрезвычайных условиях.

Методология. При помощи программного обеспечения разработана имитационная модель реально существующего стационарного отделения скорой медицинской помощи, произведены эксперименты с формированием чрезвычайных ситуаций, результаты сравнивались с данными, полученными на практике.

Результаты и их анализ. При поступлении 50 пациентов/ч оптимальным решением стало перепрофилирование 5 коек палаты динамического наблюдения в реанимационные и размещение 10 дополнительных коек в зале ожидания, а также выделение дополнительного персонала на случай чрезвычайной ситуации: 8 врачей, 6 медицинских сестер и 2 санитаря, 4 медрегистратора. В эксперименте для работы в условиях 1-й волны пандемии COVID-19 емкости отделения оказалось достаточной для приема 164 больных за 24 ч, длительность их пребывания в отделении составила $(110,0 \pm 4,6)$ мин. Во время 2-й волны возникла необходимость применения имитационного моделирования целиком для всего медицинского учреждения, а не только для отдельных структурных подразделений.

Заключение. Планирование работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в условиях чрезвычайной ситуации предполагает готовность к массовому поступлению больных. Тактические вопросы в данном случае целесообразно решать заблаговременно с использованием современных технологий, таких как компьютерное имитационное моделирование.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, пандемия, COVID-19, организация здравоохранения, скорая медицинская помощь, компьютерное моделирование.

Введение

В последние годы для решения проблем здравоохранения все более широко применяется компьютерное имитационное моделирование [13–15, 18]. Имитационная модель отражает множество параметров, логику и закономерности динамики моделируемого объекта во времени и пространстве [3, 5, 7].

В мировой практике распространено использование модели в планировании работы отделений и клиник в различных ситуациях [2, 17]. Внедрение этой технологии может помочь устранить стратегические ошибки, которые часто закладываются еще на этапе проектирования на уровне компьютерной модели [4, 12]. С 2013 г. в России начал меняться под-

✉ Теплов Вадим Михайлович – канд. мед. наук, руков. отд. скорой мед. помощи, доц. каф. скорой мед. помощи и хирургии повреждений, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: vadteplov@mail.ru;

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р мед. наук проф., чл.-кор. РАН, директор, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: medicine@nrcerm.ru;

Цебровская Екатерина Андреевна – врач стационарного отд-ния скорой мед. помощи, ассистент каф. скорой мед. помощи и хирургии повреждений, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: tserina@bk.ru;

Белаш Василий Алексеевич – врач стационар. отд-ния скорой мед. помощи, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: vasobelash@gmail.com;

Бuryкина Валерия Владимировна – врач стационар. отд-ния скорой мед. помощи, ассистент каф. скорой мед. помощи и хирургии повреждений, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: burylera@yandex.ru;

Багненко Сергей Федорович – д-р мед. наук проф., академик РАН, ректор, Первый С.-Петерб. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова (Россия, 192236, Санкт-Петербург, ул. Льва Толстого, д. 6–8), e-mail: bagnenko_spb@mail.ru

ход к оказанию скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи в стационарных условиях. Он предполагает создание в многопрофильных больницах стационарных отделений скорой медицинской помощи (СтОСМП) [1]. Данные подразделения являются «входными воротами» в стационар, и прогнозирование их работы в чрезвычайных ситуациях различного характера играет значительную роль для всего медицинского учреждения.

Цель – изучить возможности компьютерного имитационного моделирования для оптимизации работы СтОСМП в различных чрезвычайных условиях. Для этого решались следующие задачи: создание модели, приближенной к реально функционирующему отделению; моделирование работы отделения в различных чрезвычайных ситуациях и последующая практическая реализация модели.

Материал и методы

В рамках проводимых исследований опирались на компьютерную модель СтОСМП, созданную в Первом Санкт-Петербургском государственном медицинском университете им. акад. И.П. Павлова [9, 10]. Для реализации проекта была выбрана программа Flexsim HealthCare, разработанная в 2003 г. компанией «Flexsim Software Products Inc.», применяемая для моделей учреждений здравоохранения [<https://healthcare.flexsim.com/flexsim-hc/>]. Она поддерживает различные технологии создания имитационных моделей и их комбинации, что позволяет определить пропускную способность, сбалансированность производственных линий, проверить новые методы планирования и оптимизировать производственные процессы [6, 8]. Каждая модель может быть представлена в трехмерной виртуальной реальности, что делает ее более наглядной для оценки полученных результатов.

Полученные компьютерные расчеты статистически сравнивали с реальными сроками пребывания пациентов по данным используемой в университете медицинской информационной системы, для чего применялся t-критерий Стьюдента при сравнении средних величин.

Результаты и их анализ

При моделировании СтОСМП сначала была построена 3D-модель отделения, представлены основные объекты («рабочие места» и «движимые объекты»), выделены три основ-

ные «рабочие зоны» отделения: «зеленая» – зал ожидания на 40 посадочных мест; «желтая» – палата динамического наблюдения на 10 коек; «красная» – палата реанимации и интенсивной терапии на 5 коек, предназначенных для размещения пациентов в зависимости от тяжести их состояния и объема выполняемых лечебно-диагностических процедур. Объемно-планировочная модель была создана в соответствии с имевшимися архитектурными планами (рис. 1).

Далее был осуществлен предварительный анализ функционирования отделения, для чего использовались базы данных медицинской информационной системы, позволившие определить среднее число тех или иных обследований и консультаций, выполненных поступающим больным в течение реального года, сроки пребывания пациентов и распределение их по зонам отделения. Был осуществлен реальный хронометраж времени обследований. В модель было внесено действующее штатное расписание: в течение суток в отделении работают 2 врача (врач-анестезиолог-реаниматолог и врач скорой медицинской помощи), 3 медицинские сестры, 1 санитар, 1 медицинский регистратор.

Далее были построены алгоритмы следования пациента внутри отделения с формированием так называемого «бизнес-процесса». В него были внесены возможные логистические решения внутри СтОСМП, в том числе потребность в том или ином обследовании, консультациях и сроках, рассчитанная на предстоящем этапе.

Сравнение оригинала с моделью было осуществлено с помощью 10000 электронных медицинских карт и одного года «модельного» времени работы. Реальный срок пребывания пациента в отделении составил $(4,70 \pm 0,17)$ ч, а в модели – $(5,10 \pm 0,12)$ ч. Отсутствие значимых различий ($p > 0,05$) позволило предположить, что модель соответствует реальности.

Эксперимент № 1 был направлен на определение необходимых изменений в оснащении и штатном расписании отделения в условиях предполагаемой чрезвычайной ситуации (поступление 50 человек в течение 1 ч) при наличии достаточного времени на подготовку. После ряда проведенных опытов и анализа визуальных данных, предлагаемых 3D-моделью, удалось достичь эффективного функционирования отделения за счет увеличения вдвое коечной емкости «красной» и «желтой» зон. Для этого пришлось перепро-



Рис. 1. 3D-модель СтОСМП, созданная в Первом Санкт-Петербургском государственном медицинском университете им. акад. И.П. Павлова.

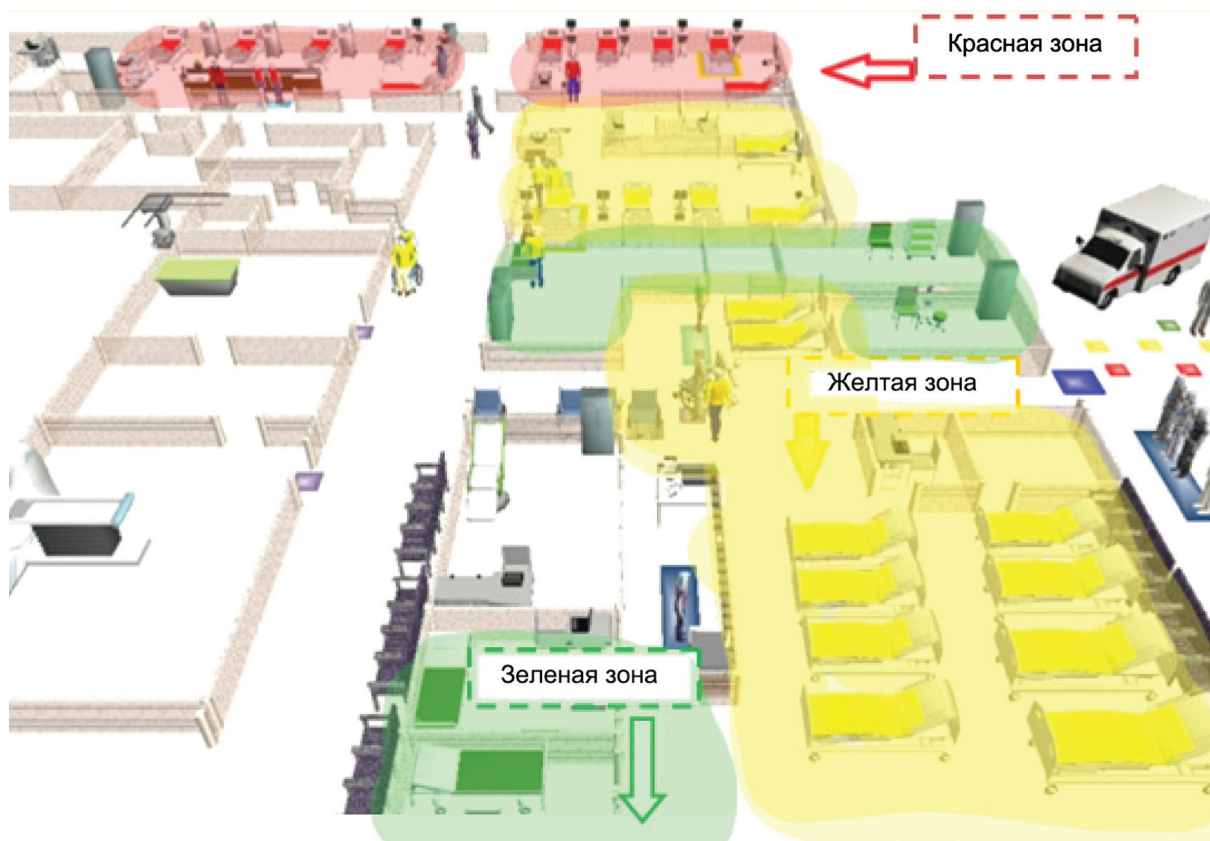


Рис. 2. 3D-модель СтОСМП в условиях массового поступления больных.

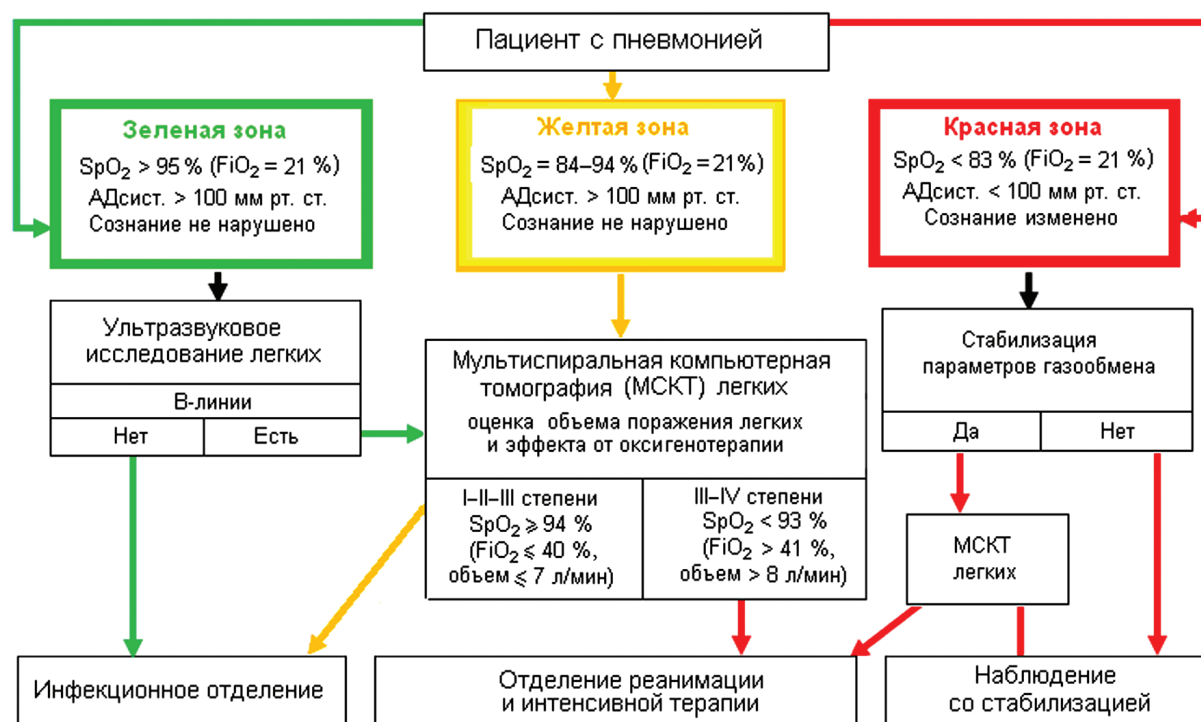


Рис. 3. Алгоритм приема пациента с подозрением на новую коронавирусную инфекцию (COVID-19).
УЗИ – ультразвуковое исследование; МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография; ОРИТ – отделение реанимации и интенсивной терапии; пути следования потока пациентов: зеленый; желтый; красный.

филировать часть палаты динамического наблюдения (перепрофилирование 5 коек в реанимационные) и зала ожидания (выделение из резерва 10 дополнительных коек) (рис. 2), а также создать штатное расписание на случай чрезвычайной ситуации: 2 врача-анестезиолога-реаниматолога, 6 врачей скорой медицинской помощи, 6 медицинских сестер и 2 санитаря, 4 медрегистратора.

Эксперимент № 2. В модели СтОСМП перепрофилировали приемное отделение стационара, работающего в условиях чрезвычайной ситуации биолого-социального характера, например пандемия COVID-19 [11]. Эксперимент проводился в связи с реально планируемым созданием в университетской клинике Центра для лечения пациентов с новой коронавирусной инфекцией (COVID-19). В отделении должны были осуществлять прием и сортировку пациентов с одновременным проведением комплекса лечебных и диагностических мероприятий. Исходя из опубликованного международного опыта [16], а также опираясь на Временные рекомендации [Временные рекомендации по профилактике, диагностике и лечению новой коронавирусной инфекции COVID-19. Версия 6 (24 апр. 2020 г.): утв. Минздравом России] по профилактике, диагностике и лечению новой коро-

вирусной инфекции COVID-19, был разработан алгоритм приема пациентов (рис. 3).

В основу алгоритма легло проведение сортировки поступавших больных с определением их дальнейшей маршрутизации и обеспечением максимального объема обследования в приемном отделении. 1-м этапом предполагалось оценить витальные функции, основное внимание уделялось эффективности газообмена и стабильности гемодинамики. На основании полученных данных планировалось размещение пациента в упомянутых выше «зонах» отделения. В дальнейшем, в зависимости от эффекта от оксигенотерапии и результатов инструментального обследования, определяли маршрутизацию пациента.

Для формирования модели использовали соотношение: 10% пациентов реанимационного профиля, 70% пациентов в средней степени тяжести и 20% пациентов в удовлетворительном состоянии, так как предполагалось, что силами бригад скорой медицинской помощи в университет будут госпитализированы в основном тяжелые и среднетяжелые больные. В ходе эксперимента было определено, что эффективно осуществлять прием и лечение пациентов можно при наличии 3 медицинских регистраторов, 1 сортировочной медсестры и 4 врачебно-сестринских

бригад. Коечного фонда отделения оказалось достаточно, чтобы принимать до 164 больных с COVID-19 за 24 ч. При этом длительность нахождения пациентов в отделении составила ($110,0 \pm 4,6$) мин, а время ожидания бригады скорой медицинской помощи не превышало 10 мин. Поступивший получал полный объем обследования и, при необходимости, ему могли проводить терапию, направленную на стабилизацию состояния, вплоть до проведения искусственной вентиляции легких и реанимационных мероприятий

В реальности в течение первого месяца 1-й волны COVID-19 в приемное отделение поступили 865 пациентов с новой коронавирусной инфекцией. Всем им были выполнены инструментальные и лабораторные обследования в необходимом объеме, проводились требуемые лечебные мероприятия немедленно с момента госпитализации в стационар. По мере снижения числа госпитализируемых сокращалось количество дежурного персонала отделения. К концу месяца остались лишь 2 врачебно-сестринские бригады и 1 медицинский регистратор. Среднее время нахождения больного в приемном отделении при ретроспективном анализе составило ($115,0 \pm 5,8$) мин, что достоверно не отличалось от наших расчетных данных, полученных при помощи имитационного моделирования ($p > 0,05$).

В то же время, количество пациентов во время 2-й волны COVID-19 показало, что имитационное моделирование одного структурного подразделения в отрыве от всей клиники при изменении расчетных данных не всегда является эффективным. Минимальные требования в части обеспечения 70 % коечного фонда медицинскими газами, изложенные в Приложении № 10 к приказу Минздрава от 19.03.2020 г. № 198н «О временном порядке организации работы медицинских организаций в целях реализации мер по профилактике и снижению рисков распространения новой коронавирусной инфекции COVID-19», в реальности оказались недостаточными в связи с серьезным утяжелением контингента больных. Из 250

коек, развернутых в ноябре 2020 г. в университете, было обеспечено кислородом 175. Этого не хватало для размещения пациентов и привело к длительной их задержке в палатах динамического наблюдения, реанимации и интенсивной терапии приемного отделения, где продленное лечение получили 432 пациента, из них 348 человек находились в отделении от 6 ч до 1 сут, 74 – до 3 сут, а 10 – более длительное время. Данная проблема значительным образом увеличила нагрузку на медицинский персонал, который не только осуществлял прием вновь поступивших больных, но и – лечение задержавшихся пациентов. Среднее время пребывания госпитализированных больных, находившихся в приемном отделении менее 6 ч, составило ($125,0 \pm 2,2$) мин, что достоверно превысило расчетные данные в модели ($p < 0,05$). Ситуацию удалось стабилизировать увеличением коек в инфекционных отделениях, оснащенных кислородом, до 210, что составило 84 % от всего коечного фонда.

Заключение

Компьютерное имитационное моделирование позволяет прогнозировать работу отделения, а эксперименты с моделью дают возможность определить оптимальное штатное расписание и коечный фонд для повседневных условий и различных чрезвычайных ситуаций. Практическая реализация полученных данных обеспечила эффективную работу университетской клиники при перепрофилировании в инфекционный стационар во время пандемии новой коронавирусной инфекции COVID-19. Тем не менее, к методике необходимо относиться с определенной осторожностью, так как непредусмотренное изменение реальных обстоятельств, например, структуры входящего потока пациентов, может привести к значительному расхождению с расчетами. Для предотвращения подобных ситуаций необходимо осуществлять имитационное моделирование с различными входными данными, а также воспроизводить работу не одного структурного подразделения, а медицинского учреждения в целом.

Литература

1. Багненко С.Ф., Полушин Ю.С., Мирошниченко А.Г. Организация работы стационарного отделения скорой медицинской помощи : метод. рекомендации : 2-е изд., перераб. и доп. М. : ГЭОТАР-Медиа, 2018. 64 с.
2. Боев В.Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов. СПб. : ВАС, 2011. 404 с.
3. Борщев А. В. Как строить красивые и полезные модели сложных систем // Имитационное моделирование: теория и практика : материалы конф. ИММОД-2013. Казань, 2013. С. 21–34.
4. Карасев Н.А., Кислухина Е.В., Васильев В.А. Использование теории массового обслуживания в организации лечебного процесса на госпитальном этапе скорой медицинской помощи // Вестн. междунар. акад. наук (рус. секция). 2006. № 1. С. 65–68.
5. Куликова О.М., Овсянников Н.В., Ляпин В.А. Имитационное моделирование деятельности медицинских учреждений на примере Омска // Наука о человеке: гуманитар. исслед. 2014. № 4 (18). С. 219–225.
6. Куракова Н.А. Информатизации здравоохранения как инструмент создания саморегулируемой системы организации медицинской помощи // Врач и информац. технологии. 2009. № 2. С. 9–27.
7. Маликов Р.Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 : учеб. пособие. Уфа : Изд-во БГПУ, 2013. 296 с.
8. Пальмов С.В., Жуйкова А.А. Обзор возможностей системы имитационного моделирования Flexsim в сфере здравоохранения // Междунар. науч.-исслед. журн. 2018. № 1 (67). С. 124–127. DOI: 10.23670/irj.2018.67.082.
9. Теплов В.М., Цебровская Е.А., Карпова Е.А. [и др.]. Применение имитационного моделирования для оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи // Скорая мед. помощь. 2019. № 2. С. 14–19.
10. Теплов В.М., Цебровская Е.А., Комедев С.С. [и др.]. Применение имитационного моделирования для оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в многопрофильном стационаре в условиях перепрофилирования медицинского учреждения на прием пациентов с новой коронавирусной инфекцией // Скорая мед. помощь. 2020. № 4. С. 11–16.
11. Уйба В.В., Верзилин Д.Н., Максимова Т.Г. Организация медицинской помощи при ликвидации последствий техногенных катастроф: аналитико-имитационное моделирование // Имитационное моделирование: теория и практика : материалы конф. ИММОД-2007. СПб., 2007. С. 207–210.
12. Якимов И. М., Кирпичников А. П. Имитационное моделирование вероятностных объектов в системе Flexsim // Вестн. технол. ун-та. 2016. № 21. С. 170–173.
13. Cook D.A., Hatala R., Brydges R. [et al.]. Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis // JAMA. 2011. Vol. 306, N 9. P. 978–988. DOI: 10.1001/jama.2011.1234.
14. Dong Y., Chbat N.W., Gupta A. [et al.]. Systems modeling and simulation applications for critical care medicine // Ann. Intensive Care. 2012. Vol. 2, N 18. P. 582–592. DOI: 10.1186/2110-5820-2-18.
15. Herasevich V., Pickering B.W., Dong Y. [et al.]. Informatics infrastructure for syndrome surveillance, decision support, reporting, and modeling of critical illness // Mayo Clin. Proc. 2010. Vol. 85, N 3. P. 247–254. DOI: 10.4065/mcp.2009.0479.
16. Leclerc T., Donat N., Donat A. [et al.]. Prioritisation of ICU treatments for critically ill patients in a COVID-19 pandemic with scarce resources // Anaesthesia and Critical Care & Pain Medicine. 2020. Vol. 39, N 3. P. 333–339. DOI: 10.1016/j.accpm.2020.05.008.
17. Lloyd G.C., Bair A.E. Discrete event simulation of emergency department activity: a platform for system-level operations research // Academic Emergency Medicine. 2006. Vol. 11, N 11. P. 1177–1185. DOI: 10.1197/j.aem.2004.08.021.
18. Young T. An agenda for healthcare and information simulation // Health Care Manage Sci. 2005. Vol. 8, N 3. P. 189–196. DOI: 10.1007/s10729-005-2008-8.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.
Поступила 24.04.2021 г.

Участие авторов: В.М. Теплов – методология исследования, планирование целей и задач, написание первого варианта статьи; С.С. Алексанин – анализ материала статьи, предложения по дальнейшему исследованию проблемы; Е.А. Цебровская – создание компьютерной модели, эксперименты с ней, изучение нормативно-правовых источников; В.А. Белаш – проведение статистической обработки и анализа основных показателей работы отделения в реальности; В.В. Бурыкина – статистическая обработка и анализ основных показателей работы отделения в экспериментах, перевод на английский язык; С.Ф. Багненко – методология исследования, редактирование окончательного варианта статьи.

Для цитирования: Теплов В.М., Алексанин С.С., Цебровская Е.А., Белаш В.А., Бурыкина В.В., Багненко С.Ф. Возможности компьютерного имитационного моделирования в оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 40–47. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-40-47

Possibilities of computer simulation in optimizing the work of the inpatient emergency department in emergency situations

Teplov V.M.^o, Aleksanin S.S.², Tsebrovskaya E.A.¹, Belash V.A.¹, Burykina V.V.¹, Bagnenko S.F.¹

¹Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University
(6–8, Lev Tolstoy Str., St. Petersburg, 197022, Russia);

²The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Vadim Mikhailovich Teplov – PhD Med. Sci., head of the Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: vadteplov@mail.ru;

Sergey Sergeevich Aleksanin – Dr. Med. Sci., Prof., Corresponding Member, Russian Academy of Sciences, director, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation, Medicine EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: medicine@nrcerm.ru;

Ekaterina Andreevna Tsebrovskaya – doctor, Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: tserina@bk.ru;

Vasily Alekseevich Belash – doctor, Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: vasobelash@gmail.com

Valeria Vladimirovna Burykina – doctor, Department of Emergency Medical Care, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: burylera@yandex.ru;

Sergey Fedorovich Bagnenko – Dr. Med. Sci. Prof., Member of the Russian Academy of Sciences, rector, Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University (6–8, Lev Tolstoy Str., St.-Petersburg, 197022, Russia), e-mail: bagnenko_spb@mail.ru

Abstract

Relevance. The development of computer technology in recent years is increasingly being introduced into the medical field. Modern programs make it possible to perform imitation modeling of a medical unit in the mode of daily activities and in emergency situations, allow predicting the required number of personnel and bed capacity.

Intention. To study the possibilities of computer simulation to optimize the work of an inpatient emergency department in emergency conditions.

Methodology. With the help of software, a simulation model of a real inpatient emergency department was developed, experiments were carried out with the formation of emergency situations, the results were compared with data obtained in practice.

Results and Discussion. Upon admission of 50 patients per hour, the optimal solution was the conversion of 5 beds of the dynamic observation ward into intensive care beds and the placement of 10 additional beds in the waiting room, as well as the allocation of additional personnel in case of an emergency: 8 doctors, 6 nurses and 2 paramedics, 4 medical registrars. In the experiment of work in the conditions of the first wave of the COVID-19 pandemic, the capacity of the department was sufficient to admit 164 patients in 24 hours, the duration of their stay in the department was (110.0 ± 4.6) minutes. The second wave demonstrated the need to apply simulation modeling as a whole for the entire medical institution, and not just for individual structural units.

Conclusion. Planning the work of an inpatient emergency department in an emergency requires preparedness for massive admission of patients. In this case, it is advisable to solve tactical issues in advance, using modern technologies, such as computer simulation.

Keywords: emergency, pandemic, COVID-19, healthcare organization, emergency care, computer modeling.

References

1. Bagnenko S.F., Polushin Yu.S., Miroshnichenko A.G. Organizatsiya raboty statsionarnogo otdeleniya skoroi meditsinskoi pomoshchi [Organization of work of the inpatient emergency department]. Moscow. 2018. 64 p. (In Russ.).
2. Boyev V.D. Issledovaniye adekvatnosti GPSS World i AnyLogic pri modelirovani diskretno-sobytiynykh protsessov [Investigation of the adequacy of GPSS World and AnyLogic in the modeling of discrete-event processes]. Saint-Petersburg. 2011. 404 p. (In Russ.).
3. Borshchev A. V. Kak stroit' krasivyye i poleznyye modeli slozhnykh sistem [How to build beautiful and useful models of complex systems]. *Imitatsionnoye Modelirovaniye: teoriya i praktika*: [Simulation Modeling: Theory and Practice]: Scientific. Conf. Proceedings, IMMOD-2013. Kazan. 2013. Pp. 21–34. (In Russ.).
4. Karasev N.A., Kislukhina Ye.V., Vasil'yev V.A. Ispol'zovaniye teorii massovogo obsluzhivaniya v organizatsii lechebnogo protsessa na gospital'nom etape skoroy meditsinskoy pomoshchi [The use of the queuing theory in the organization of the medical process at the hospital stage of emergency medical care]. *Vestnik mezhdunarodnoy akademii nauk (russkaya sektsiya)* [Bulletin of the International Academy of Sciences (Russian section)]. 2006. N 1. Pp. 65–68. (In Russ.).
5. Kulikova O.M., Ovsyannikov N.V., Lyapin V.A. Imitatsionnoye modelirovaniye deyatel'nosti meditsinskikh uchrezhdeniy na primere Omska [Simulation modeling of the activities of medical institutions on the example of Omsk]. *Nauka o cheloveke: gumanitarnyye issledovaniya*. [Human Science: Humanities Research]. 2014. N 4. Pp. 219–225. (In Russ.).
6. Kurakova N.A. Informatizatsii zdravookhraneniya kak instrument sozdaniya samoreguliruyemoy sistemy organizatsii meditsinskoy pomoshchi [Informatization of healthcare as a tool for creating a self-regulatory system for organizing medical care]. *Vrach i informatsionnyye tekhnologii* [Physician and information technology]. 2009. N 2. Pp. 9–27.

7. Malikov R.F. Praktikum po imitatsionnomu modelirovaniyu slozhnykh sistem v srede AnyLogic 6 [Workshop on simulation of complex systems in the AnyLogic 6]. Ufa. 2013. 296 p. (In Russ.).
8. Pal'mov S.V., Zhuykova A.A. Obzor vozmozhnostey sistema imitatsionnogo modelirovaniya Flexsim v sfere zdoravookhoroneniya. [Review of possibilities of Flexsim imitation modeling system in healthcare]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International research journal]. 2018. N 1. Pp. 124–127. DOI: 10.23670/irj.2018.67.082. (In Russ.).
9. Teplov V.M., Tsebrovskaya E.A., Karpova E.A. [et al.]. Primeneniye imitatsionnogo modelirovaniya dlya optimizatsii raboty statsionarnogo otdeleniya skoroy meditsinskoy pomoshchi [Application of simulation modeling to optimize the work of the inpatient emergency department]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency medical care]. 2019. N 2. Pp. 14–19. (In Russ.).
10. Teplov V.M., Tsebrovskaya E.A., Komedelev S.S. [et al.]. Primeneniye imitatsionnogo modelirovaniya dlya optimizatsii rabotystatsionarnogo otdeleniya skoroy meditsinskoy pomoshchi v mnogoprofil'nom statsionare v usloviyakh pereprofilirovaniya meditsinskogo uchrezhdeniya na priyem patsiyentov s novoy koronavirusnoy infektsiyey [The use of simulation modeling to optimize the operation of an inpatient emergency department in a multidisciplinary hospital in the context of a re-profiling of a medical institution to receive patients with a new coronavirus infection]. *Skoraya meditsinskaya pomoshch'* [Emergency medical care]. 2020. N 4. P. 11–16. (In Russ.).
11. Uyba V.V., Verzilin D.N., Maksimova T.G. Organizatsiya meditsinskoy pomoshchi pri likvidatsii posledstviy tekhnogennykh katastrof: analitiko-imitatsionnoye modelirovaniye [Organization of medical care during the elimination of the consequences of man-made disasters: analytical and simulation modeling]. *Imitatsionnoye modelirovaniye: teoriya i praktika*: [Simulation Modeling: Theory and Practice]: Scientific. Conf. Proceedings, IMMOD-2007. Saint-Petersburg/2007. Pp. 207–210. (In Russ.).
12. Yakimov I. M., Kirpichnikov A. P. Imitatsionnoye modelirovaniye veroyatnostnykh ob"yektov v sisteme Flexsim [Simulation of probabilistic objects in the Flexsim system]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Technological University Bulletin]. 2016. N 21. Pp. 170–173. (In Russ.).
13. Cook D.A., Hatala R., Brydges R. [et al.]. Technology-enhanced simulation for health professions education: A systematic review and meta-analysis. *JAMA*. 2011. Vol. 306, N 9. Pp. 978–988. DOI: 10.1001/jama.2011.1234.
14. Dong Y., Chhat N.W., Gupta A. [et al.]. Systems modeling and simulation applications for critical care medicine. *Ann. Intensive Care*. 2012. Vol. 2, N 18. Pp. 582–592. DOI: 10.1186/2110-5820-2-18.
15. Herasevich V., Pickering B.W., Dong Y. [et al.]. Informatics infrastructure for syndrome surveillance, decision support, reporting, and modeling of critical illness. *Mayo Clin. Proc.* 2010. Vol. 85, N 3. Pp. 247–254. DOI: 10.4065/mcp.2009.0479.
16. Leclerc T., Donat N., Donat A. [et al.]. Prioritisation of ICU treatments for critically ill patients in a COVID-19 pandemic with scarce resources. *Anaesthesia and Critical Care & Pain Medicine*. 2020. Vol. 39, N 3. Pp. 333–339. DOI:10.1016/j.accpm.2020.05.008.
17. Lloyd G.C., Bair A.E. Discrete event simulation of emergency department activity: a platform for system-level operations research. *Academic Emergency Medicine*. 2006. Vol. 11, N 11. Pp. 1177–1185. DOI: 10.1197/j.aem.2004.08.021.
18. Young T. An agenda for healthcare and information simulation. *Health Care Manage Sci.* 2005. Vol. 8, N 3. Pp. 189–196. DOI: 10.1007/s10729-005-2008-8.

Received 24.04.2021

For citing. Teplov V.M., Aleksanin S.S., Tsebrovskaya E.A., Belash V.A., Burykina V.V., Bagnenko S.F. Vozmozhnosti komp'yuternogo imitatsionnogo modelirovaniya v optimizatsii raboty statsionarnogo otdeleniya skoroy meditsinskoy pomoshchi v chrezvychaynykh situatsiyakh. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 40–47. (In Russ.).

Teplov V.M., Aleksanin S.S., Tsebrovskaya E.A., Belash V.A., Burykina V.V., Bagnenko S.F. Possibilities of computer simulation in optimizing the work of the inpatient emergency department in emergency situations. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 40–47. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-40-47.

ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ НЕШТАТНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ СЛУЖБЫ МЕДИЦИНЫ КАТАСТРОФ МИНИСТЕРСТВА ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6)

Актуальность. Одним из важных принципов лечебно-эвакуационного обеспечения пострадавшего населения в чрезвычайных ситуациях (ЧС) является максимальное приближение медицинской помощи к очагу массовых санитарных потерь. Достичь этого возможно привлечением медицинских работников различного профиля в составе нештатных формирований службы медицины катастроф (СМК). В ходе подготовки нештатных формирований у руководителей медицинских организаций (военно-медицинских организаций) возникают проблемные вопросы различного клинического и организационного характера.

Цель – выявить и изучить актуальные проблемные вопросы в профессиональной деятельности медицинских работников, привлекаемых в составе различных нештатных формирований Службы медицины катастроф Минобороны России для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС, и определить их иерархию по значимости среди медицинских работников.

Методология. Осуществлен опрос 440 медицинских работников, которые участвовали в работе нештатных формирований СМК. Исходно сформулировали 10 разноплановых проблемных вопросов, ответы на которые были получены по 3-балльной системе оценок: неважная проблема – 1 балл; важная проблема – 2 балла; очень важная проблема – 3 балла. Оценены результаты анкетирования, проведен факторный анализ значимости исследуемых проблемных вопросов.

Результаты и их анализ. Наиболее значимыми проблемными вопросами стали недостаточная оснащенность нештатных формирований СМК необходимым медицинским имуществом и низкая подготовленность медицинских сотрудников при оказании помощи за рубежом. В ходе факторного анализа были сформированы 3 фактора, суммарная дисперсия которых составила 52,7 %. 1-й фактор (30,3 % дисперсии) сгруппировал проблемы по недостаточному обеспечению нештатных формирований СМК необходимым медицинским имуществом, некачественной подготовке медицинских работников, несоблюдению условий их труда и защиты интересов при выполнении функциональных обязанностей в зоне ЧС, что связано, в том числе, с недостаточной базовой основой нормативных правовых документов. 2-й фактор охарактеризован как плохо проработанный порядок функционирования нештатных формирований СМК. Вклад 2-го фактора в общую дисперсию исходных признаков составил 12,3 %. 3-й фактор с долей 10,1 % сгруппировал вопросы по некачественной теоретической и практической готовности к деятельности специалистов нештатных формирований СМК в ЧС.

Заключение. Примененная методика изучения актуальных проблемных вопросов профессиональной деятельности медицинских работников из состава нештатных формирований СМК позволила достоверным образом сформировать структуру и предложить методологические подходы к разрешению. Первый подход – совершенствование организации работы нештатных формирований СМК с фокусировкой на наиболее значимых проблемных вопросах. Второй подход – проведение более углубленных исследований в области организации подготовки медицинских работников нештатных формирований СМК с привлечением широкого круга специалистов (экспертов) различного уровня. Третий – отработка учебного взаимодействия между медицинскими работниками нештатных формирований СМК с постановкой и решением задач, соответствующих анализируемым в данном исследовании актуальным проблемам. Возможность своевременного отклика органов управления медицинским обеспечением СМК на имеющиеся запросы со стороны врачей-специалистов, принимающих участие в ликвидации медико-санитарных последствий ЧС в составе нештатных формирований, благоприятно скажется на эффективности их функционирования и положительно отразится на общей системе лечебно-эвакуационного обеспечения Всероссийской службы медицины катастроф.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, медицина катастроф, нештатное формирование, организация здравоохранения, медицинская помощь.

✉ Овчаренко Александр Павлович – адъюнкт каф. организации здравоохранения и общ. здоровья, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: ovcharenko.aleksander2018@yandex.ru;

Лемешкин Роман Николаевич – д-р. мед. наук, проф. каф. организации и тактики мед. службы, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: lemeshkinroman@rambler.ru;

Русев Илья Трифонович – д-р мед. наук проф., зав. каф. организации здравоохранения и общ. здоровья, Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6), e-mail: jatros@mail.ru

Введение

Основой организации оказания медицинской помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях (ЧС) является система этапного лечения пострадавших с их эвакуацией по назначению. На основании статьи 13 приказа Министерства здравоохранения Российской Федерации от 1 ноября 2020 г. № 1202н «Об утверждении Порядка организации и оказания Всероссийской службой медицины катастроф медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, в том числе медицинской эвакуации», медицинская помощь пострадавшим в ЧС оказывается выездными бригадами скорой медицинской помощи, бригадами экстренного реагирования, медицинскими работниками многопрофильного госпиталя, медицинских организаций, оказывающих помощь в амбулаторных и стационарных условиях, а также штатными и нештатными формированиями (госпитали, отряды, бригады, группы), которые при возникновении ЧС поступают в оперативное подчинение органов управления Всероссийской службы медицины катастроф соответствующего уровня.

Для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС и усиления аварийно-спасательных формирований в МЧС России временно создаются нештатные формирования: специальные мобильные медицинские бригады с целью оказания пострадавшим в зоне ЧС первичной медико-санитарной помощи в экстренной форме, в состав которых, кроме медицинских специалистов, при необходимости могут включаться специалисты других профилей (психологи, водители и т. п.) из числа сотрудников МЧС России, прошедших обучение по программе «Спасатель Российской Федерации» и получивших соответствующую квалификацию [1]. Медицинские специалисты, кроме сохранения соответствующего уровня подготовки по своему основному профилю, должны повышать свою квалификацию в рамках дополнительных профессиональных программ («Медицина чрезвычайных ситуаций», «Авиамедицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях» и т. п.) [2].

Перечень и состав нештатных формирований Службы медицины катастроф (СМК) Минобороны России формируется в соответствии со спектром поражающих факторов и их диапазона при возникновении ЧС природного и техногенного характера, а также со структурой санитарных потерь. При их формировании учитываются организационно-штатная структура медицинских воинских

частей и организаций, уровень подготовки медицинских работников, возможность работы военно-медицинских организаций после откомандирования бригад (групп) к месту ликвидации медико-санитарных последствий ЧС [13].

Специалистами Всероссийского центра медицины катастроф «Защита» были сформулированы варианты применения нештатных формирований СМК: развертывание в виде этапа медицинской эвакуации на границе или в очаге ЧС, проведение медицинской разведки, определение границ очага, мест с подъездными путями для удобного и безопасного развертывания, передача и прием оперативной информации с запросом дополнительных сил и средств, организация ведомственного и межведомственного взаимодействия, проведение медицинской сортировки, оказание медицинской помощи в экстренной форме [5]. При ЧС на железнодорожном транспорте должны привлекаться нештатные формирования, созданные на базе медицинских организаций открытого акционерного общества «Российские железные дороги»: выездные врачебные бригады, в том числе по специализированной медицинской помощи [4, 8].

Не следует забывать и о профилактической направленности деятельности нештатных формирований в виде групп специалистов. Подобные группы должны обеспечить быстрое выявление возбудителей инфекционных болезней и токсинов, оценку риска и возможный уровень заражения (загрязнения) аварийно химически опасными веществами, сильнодействующими ядовитыми средствами и источниками ионизирующего излучения. Дополнительно эти группы могут осуществлять лабораторный контроль продуктов питания и воды централизованного и децентрализованного водоснабжения по санитарно-химическим, микробиологическим и вирусологическим показателям [8, 11].

В целом, для министерств, агентств и служб, входящих в состав Всероссийской службы медицины катастроф, соблюдаются единые взгляды и подходы к формированию как штатных, так и нештатных формирований. Но при этом имеются ряд проблемных организационных вопросов, характеризующих создание и функционирование данных формирований.

Цель – изучить актуальные проблемные вопросы в профессиональной деятельности медицинских работников, привлекаемых в составе различных нештатных формиро-

ваний СМК Минобороны России для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС, и определить их иерархию по значимости среди медицинских работников.

Материал и методы

Для достижения цели исследования было осуществлено анкетирование 440 специалистов (экспертов) из состава и штатных формирований военно-медицинских организаций центрального и окружного подчинения. Эксперты оценивали значимость вопросов (утверждений) по 3-балльной системе оценок: неважная проблема – 1 балл; важная проблема – 2 балла; очень важная проблема – 3 балла.

На основании анализа результатов, сформулировали 10 разноплановых проблемных вопросов (Problems, Pr). Далее Pr свели в единую исследовательскую матрицу с целью определения их конкретного вклада в деятельность медицинских работников, привлекаемых в составе различных штатных формирований Минобороны России (группы, бригады):

- Pr1 – недостаточная базовая основа в виде актуализированных нормативных правовых документов, регламентирующих деятельность медицинских работников в различных режимах ЧС и составе штатных формирований;
- Pr2 – некачественная оснащенность медицинских работников медицинскими изделиями, лекарственными средствами и санитарно-хозяйственным имуществом, необходимым для работы в зоне ЧС;
- Pr3 – слабая подготовка медицинских работников по вопросам организации медицинской эвакуации, в том числе санитарно-авиационной;
- Pr4 – несвоевременное и некачественное повышение квалификации медицинских работников из состава штатных формирований по вопросам их деятельности в условиях ЧС;
- Pr5 – недостаточная оснащенность современными средствами защиты от поражающих факторов при различных (инфекционных и неинфекционных) видах ЧС;
- Pr6 – отсутствие необходимых навыков и умений, в том числе коммуникационных, у медицинских работников в случае их привлечения для работы в составе штатных формирований за рубежом;
- Pr7 – отсутствие четкого и понятного порядка взаимодействия с органами управления и медицинскими специалистами других министерств, агентств и служб, привлекае-

мых для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС;

- Pr8 – слабая оснащенность для проведения безопасной оценки объектов окружающей среды на индикацию возбудителя инфекционной природы, химического заражения и радиационного загрязнения;
- Pr9 – несоблюдение условий труда и защита интересов медицинских работников в случае их привлечения в составе штатных формирований для выполнения своих функциональных обязанностей в зоне ЧС;
- Pr10 – низкий уровень знаний и выполнение медицинскими работниками требований порядка оказания медицинской помощи на основе клинических рекомендаций с учетом стандартов, а также медико-тактической обстановки в конкретной зоне ЧС.

Данные представлены в виде средних арифметических величин и их стандартных отклонений ($M \pm SD$), категориальные показатели – в виде единиц и долей в процентах. Оценку значимости различий частот изучаемых факторов и показателей осуществили с помощью непараметрического критерия Пирсона (χ^2), согласованность мнений экспертов оценили с помощью рангового коэффициента корреляции – коэффициента конкордации Кендалла (W) с последующим факторным анализом [6, 12]. Различия признавали статистически значимыми при значениях $p < 0,05$.

Результаты и их анализ

По результатам анкетирования наиболее значимыми проблемными вопросами были Pr2 – ($2,59 \pm 0,53$) балла, Pr6 – ($2,50 \pm 0,55$) и Pr7 – ($2,43 \pm 0,59$) балла. Распределение экспертами проблемных вопросов по их значимости показано на рис. 1.

Были определены значимые различия между рассматриваемыми проблемными вопросами, так как χ^2 Пирсона оказался равен 168,9 при уровне значимости $p < 0,001$. Для определения согласованности мнений экспертов был рассчитан коэффициент конкордации Кендалла (W), который составил 0,04. Степень согласованности экспертов оказалась высокой, что свидетельствует о едином восприятии смысловой нагрузки качеств по представленным проблемным вопросам. Большинство опрошенных экспертов по 3-балльной шкале оценили предложенные вопросы как важную и очень важную проблему (рис. 2).

Полученные результаты были подвергнуты факторному анализу, что позволило ранжированные (порядковые) ответы экспертов

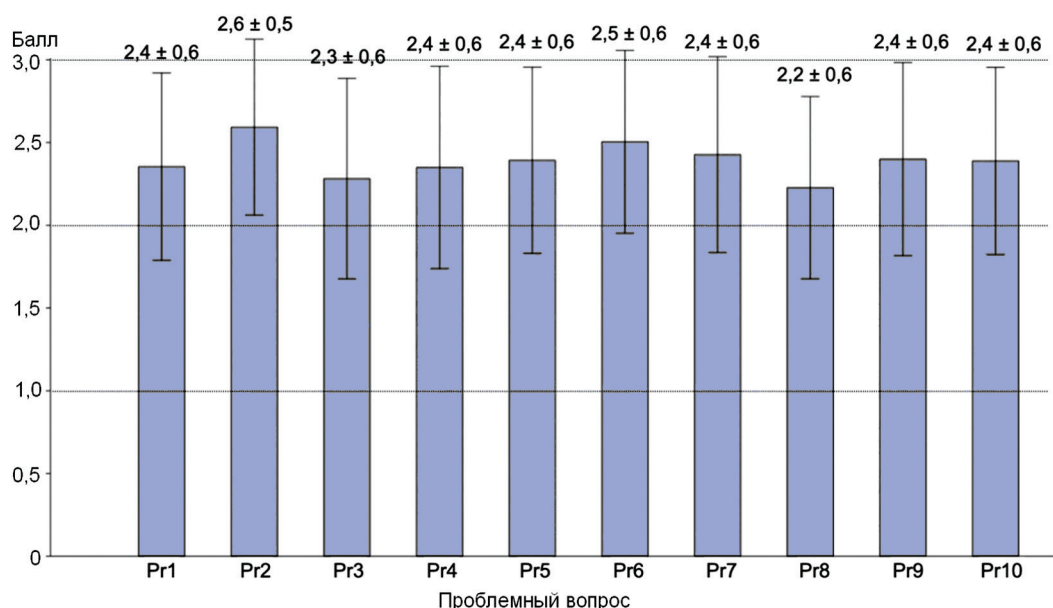


Рис. 1. Оценка проблем, сопровождающих деятельность медицинских работников в составе нештатных формирований СМК Минобороны России, $M \pm SD$.

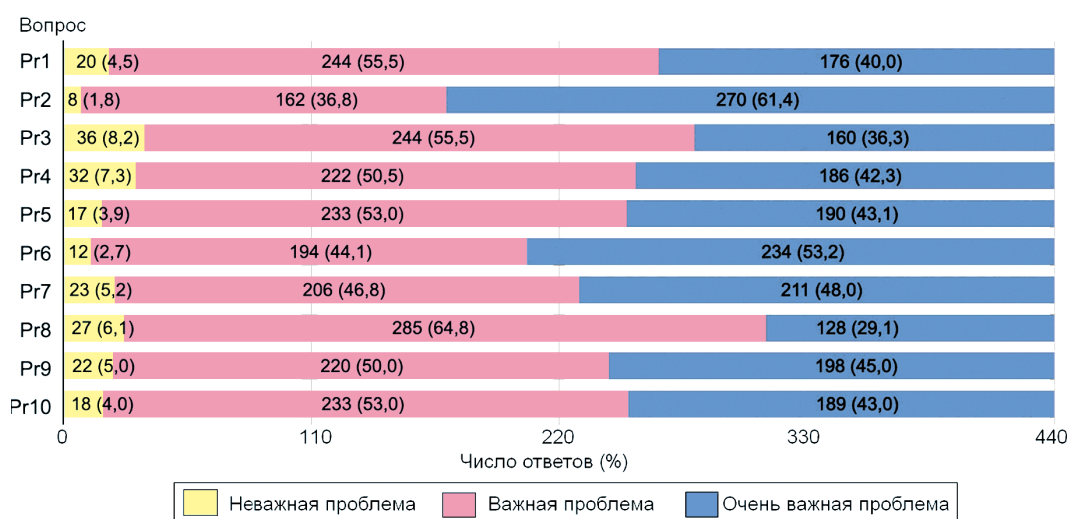


Рис. 2. Значимость проблемных вопросов, сопровождающих деятельность медицинских работников в составе нештатных формирований СМК Минобороны России, n (%).

обработать для последующей интерпретации [6]. В результате факторного анализа пространство исходных признаков было сужено до 3 факторов, характеризующих значения проблемных вопросов (рис. 3) с суммарной их дисперсией 52,7% (таблица).

При 1-м факторе, вклад которого в общую дисперсию составил 30,3% и названном «Низкий уровень обеспеченности материально-техническим и медицинским имуществом нештатных формирований СМК» или «Низкий уровень обеспеченности нештатных формирований СМК», распределились ведущие нагрузки на взаимно коррелирующие вопросы

Pr1, Pr2, Pr4 и Pr9. Оказалось, что в нештатных формированиях отмечается недостаточная оснащенность медицинскими изделиями, лекарственными средствами и санитарно-хозяйственным имуществом, медицинские работники несвоевременно и некачественно проходят повышение квалификации, не соблюдаются условия их труда и защита интересов при выполнении функциональных обязанностей в зоне ЧС, что связано, в том числе, с недостаточной базовой основой нормативных правовых документов, регламентирующих деятельность медицинских работников в различных режимах ЧС.

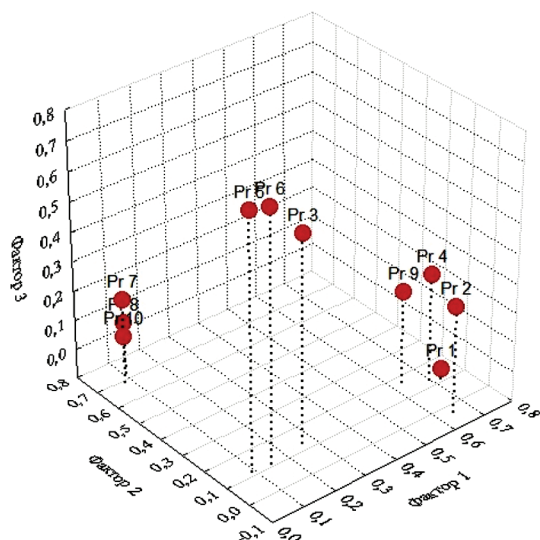


Рис. 3. График компонент (варимакс с нормализацией) в повернутом пространстве для проблемных вопросов организации работы нештатных формирований СМК Минобороны России.

Во 2-м факторе были сгруппированы вопросы Pr7, Pr8 и Pr10, нами он охарактеризован как «Низкокачественный проработанный порядок функционирования нештатных форм-

мирований СМК» или «Низкокачественное функционирование нештатных формирований СМК». Вклад 2-го фактора в общую дисперсию исходных признаков составил 12,3%.

В 3-м факторе, названном «Слабая теоретическая и практическая готовность специалистов нештатных формирований СМК к действиям по предназначению» или «Слабая готовность нештатных формирований СМК», распределились ведущие нагрузки на взаимно коррелирующие вопросы Pr5, Pr6 и Pr3. Вклад этого фактора в общую дисперсию исходных признаков составил 10,1%.

По мнению С.Ф. Гончарова и соавт., работа медицинских формирований в режиме ЧС – это совершенно особый вид деятельности, который направлен на оказание необходимого объема медицинской помощи в оптимальные сроки всем нуждающимся и проведение медицинской эвакуации по назначению [5].

В анализе деятельности нештатных формирований по субъектам России, выполненном специалистами Всероссийского центра медицины катастроф «Защита», были сформулированы варианты их применения [5]:

Матрица факторных нагрузок по проблемным вопросам нештатных формирований СМК Минобороны России

Вопрос	Содержание проблемного вопроса	Фактор		
		1-й	2-й	3-й
Pr1	Недостаточная базовая основа в виде актуализированных нормативных правовых документов, регламентирующих деятельность медицинских работников в различных режимах ЧС и составе нештатных формирований	0,72	0,11	-0,06
Pr2	Некачественная оснащенность медицинских работников медицинскими изделиями, лекарственными средствами и санитарно-хозяйственным имуществом, необходимым для работы в зоне ЧС	0,65	-0,03	0,26
Pr3	Слабая подготовка медицинских работников по вопросам организации медицинской эвакуации, в том числе санитарно-авиационной	0,26	0,13	0,60
Pr4	Несвоевременное и некачественное повышение квалификации медицинских работников из состава нештатных формирований по вопросам их деятельности в условиях ЧС	0,70	0,13	0,27
Pr5	Недостаточная оснащенность современными средствами защиты от поражающих факторов при различных (инфекционных и неинфекционных) видах ЧС	0,09	0,12	0,76
Pr6	Отсутствие необходимых навыков и умений, в том числе коммуникационных, у медицинских работников в случае их привлечения для работы в составе нештатных формирований за рубежом	0,15	0,11	0,74
Pr7	Отсутствие четкого и понятного порядка взаимодействия с органами управления и медицинскими специалистами других министерств, агентств и служб, привлекаемых для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС	0,08	0,69	0,19
Pr8	Слабая оснащенность для проведения безопасной оценки объектов окружающей среды на индикацию возбудителя инфекционной природы, химического заражения и радиационного загрязнения	0,11	0,73	0,08
Pr9	Несоблюдение условий труда и защита интересов медицинских работников в случае их привлечения в составе нештатных формирований для выполнения своих функциональных обязанностей в зоне ЧС	0,64	0,17	0,21
Pr10	Низкий уровень знаний и выполнение медицинскими работниками требований порядка оказания медицинской помощи на основе клинических рекомендаций с учетом стандартов, а также медико-тактической обстановки в конкретной зоне ЧС	0,08	0,69	0,06
Факторная нагрузка, %		30,3	12,3	10,1

- развертывание в виде этапа медицинской эвакуации на границе очага (в очаге) ЧС;
- проведение медицинской разведки и ее вариантов;
- оценка границ очага с определением места с подъездными путями для удобного и безопасного развертывания;
- передача и прием оперативной информации с запросом дополнительных сил и средств;
- организация ведомственного и межведомственного взаимодействия;
- организация и проведение медицинской сортировки;
- оказание медицинской помощи в экстренной форме.

По данным С.С. Алексанина и соавт., в состав аварийно-спасательных формирований МЧС России включены специалисты медицинского профиля, но их количество ограничено. Для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС и усиления аварийно-спасательных формирований в МЧС России создаются специальные мобильные медицинские бригады с целью оказания пострадавшим в зоне ЧС первичной медико-санитарной помощи в экстренной форме. Данное формирование является штатным, временно создаваемым на базе ведомственной медицинской организации. В состав мобильных медицинских бригад, кроме медицинских специалистов, при необходимости могут включаться специалисты других профилей (психологи, водители и т. п.) из числа сотрудников МЧС России, прошедших обучение по программе «Спасатель Российской Федерации» и получивших соответствующую квалификацию [1].

Медицинские специалисты, кроме соответствующего уровня подготовки по своему профилю, должны повышать квалификацию по дополнительной профессиональной программе («Медицина чрезвычайных ситуаций», «Авиамедицинская эвакуация пострадавших в чрезвычайных ситуациях» и т. п.) [2].

С лицами, включенными в состав мобильных медицинских бригад, должно быть заключено дополнительное соглашение к трудовому договору с возможностью ежемесячных надбавок за особые условия труда (обеспечение высокого уровня оперативно-технической готовности, специальный режим работы).

По данным В.В. Кульбачинского, при ЧС на железнодорожном транспорте должны привлекаться штатные формирования, созданные на базе медицинских организаций ОАО «Российские железные дороги» (ОАО РЖД),

такие как выездные врачебные бригады, в том числе по специализированной медицинской помощи [4]. Основная задача выездных врачебных бригад – это оказание пораженным в зоне ЧС первичной медико-санитарной помощи, а бригад специализированной медицинской помощи – указанного вида помощи непосредственно в ближайшей к зоне (очагу) ЧС медицинской организации ОАО РЖД за счет ее усиления, которая будет принимать пораженных. Состав и количество бригад определяются [8]:

- спецификой железнодорожной аварии (катастрофы);
- экономическими (ресурсными) возможностями ОАО РЖД;
- уровнем подготовки медицинских специалистов;
- наличием соответствующего правового поля деятельности бригад в условиях ЧС.

На основании действующего положения о силах и средствах ОАО РЖД, предназначенных (ориентированных) для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС на железнодорожном транспорте, количество и профиль бригад – прерогатива руководителя медицинского департамента, а состав определяется руководителем медицинской организации с учетом зоны ответственности и прогнозируемых на соответствующей территории железной дороги очагов железнодорожных аварий (катастроф).

Так, по данным М.Ф. Вилька, в зоне ЧС на железнодорожном транспорте возможны: множественные механические травмы различной локализации, закрытые черепно-мозговые, комбинированные и сочетанные, синдром длительного сдавления мягких тканей, ожоги, отравления продуктами горения или другими токсичными веществами [4].

Распоряжением ОАО РЖД от 30.11.2011 г. № 2578р «Об утверждении Положения о бригадах специализированной медицинской помощи негосударственных учреждений здравоохранения открытого акционерного общества «Российские железные дороги» в ЧС и Положения о порядке задействования выездных врачебных бригад негосударственных учреждений здравоохранения открытого акционерного общества «Российские железные дороги» в ликвидации медико-санитарных последствий ЧС» наиболее вероятными профилями бригад специализированной медицинской помощи ОАО РЖД будут хирургическая, реанимационная, травматологическая, нейрохирургическая и токсико-терапевтическая.

Обеспечение бригад специализированной медицинской помощи медицинским и санитарно-хозяйственным имуществом осуществляется за счет медицинской организации, на базе которой будет проводиться их работа в качестве усиления этапа медицинской эвакуации. Напротив, выездные врачебные бригады обеспечиваются по существующему стандарту их оснащения [7, 10].

Для профилактики заболеваний такие группы должны обеспечить экспресс и ускоренные методы диагностики (индикации) возбудителей инфекционных болезней и токсинов по эпидемиологическим показаниям и оценку риска и возможный уровень заражения (загрязнения) аварийно химически опасными веществами, сильнодействующими ядовитыми веществами и источниками ионизирующего излучения. Соответственно группы следует укомплектовать диагностическими препаратами и лабораторным оборудованием, позволяющим обеспечить индикацию возбудителей по наиболее часто встречающимся нозологическим формам. Дополнительно группы могут осуществлять лабораторный контроль продуктов питания и воды централизованного и децентрализованного водоснабжения по санитарно-химическим, микробиологическим и вирусологическим показателям [3, 7]. Кроме работы в зоне ЧС, наиболее вероятное применение нештатных подвижных групп специалистов профилактического профиля это:

- обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия в период подготовки и проведения массовых мероприятий;
- эпизоотологический мониторинг природно-очаговых инфекционных болезней на подконтрольных территориях;
- широкомасштабный лабораторный скрининг объектов окружающей среды на потенциальную опасность и риск преднамеренного применения патогенных биологических агентов в террористических целях [7, 10, 11].

Для СМК Минобороны России характерен организационный подход в виде создания нештатных формирований на базе медицинских воинских частей и организаций.

Нештатные формирования СМК Минобороны России предназначены для усиления медицинских отрядов (специального назначения) и организаций, осуществляющих массовый прием пострадавших, и формируются в Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, госпиталях центрального подчинения, их филиалах и госпиталях воен-

ных округов. Нештатные подвижные группы специалистов предназначены для участия в проведении комплекса медико-санитарных мер санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий ЧС, возникновению и распространению массовых инфекционных и неинфекционных заболеваний (отравлений, поражений) среди личного состава войск (сил) и формируются в центрах государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Перечень и состав нештатных формирований СМК Минобороны России формируется в соответствии со спектром поражающих факторов и их диапазоном при возникновении ЧС природного и техногенного характера, а также – со структурой санитарных потерь. При их формировании учитывается штатная структура медицинских воинских частей и организаций, уровень подготовки медицинских работников, возможность работы военно-медицинских организаций после откомандирования бригад (групп) к месту ликвидации медико-санитарных последствий ЧС.

Имеется серьезный опыт привлечения нештатных формирований СМК Минобороны России для ликвидации медико-санитарных последствий ЧС: захват заложников в школе № 1 г. Беслана, наводнение на юге Дальнего Востока, пожар в клубе «Хромая лошадь» (г. Пермь), ликвидация вспышки сибирской язвы на территории Ямало-Ненецкого автономного округа, помощь в борьбе с распространением коронавирусной инфекции на территории России – в Республике Дагестан (Ботлихский и Буйнакский районы), Красноярском крае (Северо-Енисейский район) и за рубежом – в Итальянской Республике, республиках Сербия, Босния и Герцеговина.

Имеется опыт создания нештатного формирования Минобороны России на базе отряда специального назначения 1602-го военно-клинического госпиталя с целью медицинского обеспечения массового спортивного мероприятия – специализированная бригада авиамедицинской эвакуации при подготовке и в ходе проведения матчей по футболу Кубка конфедераций (2017) в г. Сочи [13]. Общее количество сформированных бригад указанного профиля было 4, которые регулярно осуществляли эвакуацию пациентов с применением медицинских модулей (самолетных и вертолетных). По результатам деятельности бригад сформулированы варианты их применения:

- медицинская эвакуация раненых и пострадавших непосредственно из мест возникновения массовых санитарных потерь (в том числе с олимпийского стадиона);
- медицинская эвакуация раненых, больных и пострадавших из труднодоступных мест (в основном из горной местности);
- медицинская эвакуация раненых, больных и пострадавших военнослужащих группировки войск в военно-медицинские организации Минобороны России;
- выполнение других внезапно возникающих задач по авиамедицинской эвакуации по Южному военному округу [13].

Так, на сегодняшний день определенную сложность представляет отработка навыков командного взаимодействия в составе нештатных формирований СМК Минобороны России. Особенности комплектования личным составом бригад предусматривают привлечение медицинских работников из разных структурных подразделений Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, что не всегда положительно сказывается на ее функционировании из-за отсутствия опыта совместной работы в данной команде и слаженных действий. Отдельной проблемой следует считать привлечение нештатных формирований для ликвидации ЧС социального характера, особенно за рубежом. В частности, это:

- защищенность личного состава нештатных формирований в зоне ЧС социального характера;
- профилактические меры и защита личного состава нештатных формирований от биологических угроз;
- подготовка специалистов по вопросам международного гуманитарного права;
- оснащенность наборами и комплектами медицинского имущества для оказания медицинской помощи различным категориям пострадавших (с учетом половозрастного состава и религиозных взглядов жителей территории, где возникла ЧС);
- взаимодействие (коммуникация) со средствами массовой информации (в том числе с социальными сетями);
- управление силами нештатных формирований в критических инцидентах;
- взаимодействие с представителями военной медицины [9].

По результатам анкетирования экспертов-специалистов практически все представленные им вопросы попали в категорию важная проблема и были близки к понятию очень важная проблема. Наиболее значимыми

проблемами оказались слабая оснащенность необходимым медицинским имуществом и возможность привлечения нештатных формирований к работе за рубежом. Наименее существенными проблемными вопросами стали слабая подготовка работников по вопросам организации медицинской эвакуации и возможность проведения безопасной оценки объектов окружающей среды. В данном случае есть основания говорить о том, что последняя группа проблемных вопросов относительно нечасто возникает в практической деятельности медицинских работников при ликвидации медико-санитарных последствий ЧС.

Несмотря на статистическую значимость различий в определении влияния рассматриваемых проблемных вопросов опрошенными экспертами, следует отметить относительно небольшой разброс средних значений условных баллов между наиболее Pr2 ($2,59 \pm 0,53$) балла и наименее Pr8 ($2,23 \pm 0,55$) балла значимыми и высокую степень согласованности экспертов. Это может свидетельствовать как о достоверно высокой значимости полученных результатов анкетирования, так и о включении в опрос специалистов (экспертов) приблизительно одинакового уровня (ранга, должности), однако, большое число опрошенных (440 человек) говорит в пользу первого предположения. В будущих исследованиях подобного рода также имеет смысл заострить внимание на включении в опрос специалистов (экспертов) различных профилей, рангов и должностей для получения максимальной достоверной общей картины. В результате факторного анализа проблемных вопросов организации работы нештатных формирований СМК Минобороны России были сформированы 3 группы факторов, суммарная дисперсия которых составила 52,7%. Фундаментальные обобщающие факторы были обозначены нами как «Низкий уровень обеспеченности нештатных формирований СМК», «Низкокачественное функционирование нештатных формирований СМК», «Слабая готовность нештатных формирований СМК», а перечисление отражает их иерархическую значимость в порядке уменьшения.

Заключение

Примененная методика изучения актуальных проблемных вопросов профессиональной деятельности медицинских работников из состава нештатных формирований Службы медицины катастроф Минобороны России позволила достоверным образом оценить

их влияние и сформировать иерархическую структуру. Актуальными представляются следующие шаги:

- во-первых, это совершенствование организации работы нештатных формирований Службы медицины катастроф, начиная с фокусировки на наиболее значимых проблемных вопросах: «Недостаточная базовая основа в виде актуализированных нормативных правовых документов, регламентирующих деятельность медицинских работников в различных режимах чрезвычайной ситуации и в составе нештатных формирований» (группа признаков «Низкий уровень обеспеченности нештатных формирований Службы медицины катастроф»), «Недостаточная оснащенность современными средствами защиты от поражающих факторов различных (инфекционных и неинфекционных) видов чрезвычайных ситуаций» и «Отсутствие необходимых навыков и умений (в том числе и коммуникационных) у медицинских работников в случае их привлечения для работы в составе нештатных формирований за рубежом» (группа признаков «Низкокачественное функционирование нештатных формирований Службы медицины катастроф»), а также «Слабая оснащенность для проведения безопасной оценки объектов окружающей среды на индикацию возбудителя инфекционной природы, химического заражения и радиационного загрязнения» (группа признаков «Сла-

бая готовность нештатных формирований Службы медицины катастроф»);

- во-вторых, полученные результаты показывают актуальность проведения более углубленных исследований в данной области с привлечением широкого круга специалистов (экспертов) различного уровня;

- в-третьих, представляется необходимой отработка учебного взаимодействия между медицинскими работниками нештатных формирований Службы медицины катастроф с постановкой и решением задач, соответствующих анализируемому в данном исследовании актуальным проблемным вопросам. Организация оказания медицинской помощи при ЧС, в том числе медицинской эвакуации, напрямую зависит от управленческого воздействия на полученные и интерпретированные результаты экспертного опроса. Возможность своевременного отклика органов управления медицинским обеспечением Службы медицины катастроф Минобороны России на имеющиеся запросы со стороны врачей-специалистов, принимающих участие в ликвидации медико-санитарных последствий чрезвычайных ситуаций в составе нештатных формирований (госпитали, отряды, бригады, группы), благоприятно скажется на эффективности их функционирования и положительно отразится на общей системе лечебно-эвакуационного обеспечения, выполняемой Всероссийской службой медицины катастроф.

Литература

1. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Гудзь Ю.В. [и др.]. Мобильная медицинская бригада МЧС России: концепция, принципы и особенности формирования и работы по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Многопрофильная клиника XXI века. Инновации в медицине - 2017 : материалы междунар. науч. конгр. СПб. : Астерион, 2017. С. 28–29.
2. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Евдокимов В.И. [и др.]. Методологические аспекты создания мобильных медицинских бригад МЧС России для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Экология человека. 2017. № 11. С. 3–9.
3. Балахонов С.В., Носков А.К., Миронова Л.В. [и др.]. Различные форматы применения СПЭБ Иркутского противочумного института в современных условиях (2012–2019 гг.) // Дальневост. журн. инфекцион. патологии. 2019. № 37. С. 117–124.
4. Вильк М.Ф., Сорокин О.Н., Малюков А.Е., Базазьян А.Г. Руководство по организации медицинской сортировки пораженных в железнодорожных катастрофах. М. : МПС России, 2002. 63 с.
5. Гончаров С.Ф., Быстров С.Ф., Баранова Н.Н. [и др.]. Мобильные медицинские формирования Службы медицины катастроф Министерства здравоохранения Российской Федерации // Медицина катастроф. 2019. № 3. С. 5–11. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-3-5-11.
6. Иберла К. Факторный анализ : пер. с нем. В.М. Ивановой. М. : Статистика. 1980. 398 с.
7. Казакова Е.С., Портенко С.А., Шарова И.Н. [и др.]. Организация диагностических исследований в мобильном комплексе специализированной противоэпидемической бригады в период проведения массовых мероприятий // Пробл. особо опасных инфекций. 2014. № 2. С. 89–93.
8. Кульбачинский В.В., Семенчуков А.В., Сахаров А.В. [и др.]. К вопросу о совершенствовании подготовки и задействования мобильных медицинских формирований ОАО «РЖД» при чрезвычайных ситуациях // Актуал. пробл. транспорт. медицины. 2010. № 3 (21). С. 43–47.

9. Нечаева Н.К., Кипор Г.В., Тхозова З.М. Глобальное совещание, посвященное инициативе создания Международных медицинских бригад чрезвычайного реагирования, Бангкок, Таиланд, 12–14 июня 2019 г. // Медицина катастроф. 2019. № 3. С. 56–58. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-3-56-58.

10. Онищенко Г.Г., Кузькин Б.П., Ежлова Е.Б. [и др.]. XXVII Всемирная летняя универсиада 2013 года в Казани: обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия. Тверь : Триада, 2013. 528 с. ISBN 978-5-94789-603-9.

11. Онищенко Г.Г., Кузькин Б.П., Ракитин И.А. [и др.]. Обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия в период подготовки и проведения саммита «Группы двадцати» в Санкт-Петербурге в 2013 г. Сообщение 2. Организация и приоритетные направления работы в период проведения саммита // Пробл. особо опасных инфекций. 2013. № 4. С. 11–15.

12. Сушильников С.И., Гайдамович Н.Н., Лемешкин Р.Н. [и др.]. Профессионально-важные качества и профессиональные компетенции слушателей ординатуры, обучающихся по дисциплине «Медицина чрезвычайных ситуаций» // Воен.-мед. журн. 2017. Т. 338, № 12. С. 18–29.

13. Шелепов А.М., Папко С.В., Савченко А.В., Пильник Н.М. Особенности работы специализированной бригады авиамедицинской эвакуации при медицинском обеспечении массовых спортивных мероприятий (на примере Кубка конфедераций 2017 г.) // Вестн. Рос. Воен.-мед. акад. 2017. № 4 (60). С. 116–119.

Поступила 02.06.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Участие авторов: А.П. Овчаренко – методология и дизайн исследования, статистический анализ полученных результатов, написание первого варианта статьи; Р.Н. Лемешкин – статистический анализ результатов, подготовка окончательного варианта статьи; И.Т. Русев – методология и дизайн исследования, анализ литературных данных, редактирование статьи.

Для цитирования. Овчаренко А.П., Лемешкин Р.Н., Русев И.Т. Проблемные вопросы организации работы нештатных формирований Службы медицины катастроф Министерства обороны Российской Федерации // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 48–59. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-48-59

Problematic issues of organizing the work of supernumerary units of the Disaster Medicine Service of the Ministry of Defense of the Russian Federation

Ovcharenko A.P., Lemeshkin R.N., Rusev I.T.

Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Ovcharenko Alexander Pavlovich – PhD Student, Department of Health Organization and General Health, Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: ovcharenko.aleksander2018@yandex.ru;

Roman Nikolaevich Lemeshkin – Dr. Med. Sci., Prof. Department of Organization and Tactics of the Medical Service, Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: lemeshkinroman@rambler.ru;

Ilya Trifonovich Rusev – Dr. Med. Sci. Prof., Head of the Department of Health Organization and General Health, Kirov Military Medical Academy (6, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: jatroso@mail.ru

Abstract

Relevance. One of the important principles of medical evacuation support for the affected population in emergency situations (ES) is the maximal approaching of medical care to the focus of mass sanitary losses. This can be achieved by recruiting various medical staff as part of supernumerary units (SUs) within the Disaster Medicine Service (DMS). During SU training, chiefs of medical organizations (military medical organizations) face some various clinical and organizational problematic issues.

Intention: To identify and study relevant problematic issues of the professional practice of medical staff recruited in various SUs of the DMS of the Russian Ministry of Defense for the elimination of the ES medical and sanitary consequences, and to determine the hierarchy of these issues by their significance among medical workers.

Methodology. 440 medical professionals who participated in DMS SU activity were surveyed. Initially, 10 diverse questions were defined with answers rated from 1 to 3: not an important problem – 1 point; an important problem – 2 points; a very important problem – 3 points. The results of the survey were evaluated and a factor analysis of the significance of the studied problematic issues was carried out.

Results and Discussion. The most significant problematic issues were “the lack of supply of supernumerary units with the necessary medical equipment” and “the poor training of medical staff in providing the assistance abroad”. During the factor analysis, 3 factors were defined, the total dispersion of which was 52.7 %. The 1st factor (30.3 % of the dispersion) included the problems of insufficient supply of supernumerary units with necessary medical equipment, poor training of medical personnel, non-compliance with their working conditions and protection of interests during their activity in the emergency zone, which is related, inter alia, to a lack of basic regulatory documents. The 2nd factor was defined as a poorly developed procedure for the functioning of supernumerary units. The contribution of the second factor to the total variance of baseline traits was 12.3 %. The 3rd factor with a share of 10.1 % grouped questions on low theoretical and practical readiness of specialists from non-staff DMS formations to operate in emergency situations.

Conclusion. The used methodology for studying the topical problematic issues of the professional activities of medical personnel in supernumerary units of the DMS allowed us to reliably establish their structure and propose methodological approaches to their resolution. The first approach is to improve the organization of DMS SU activities with a focus on the most significant problematic issues. The second approach is to conduct more in-depth research in this area with involvement of a wide range of specialists (experts) at various levels. The third approach includes training interactions of DMS SU personnel when performing actual tasks and solving problematic issues under study. Timely response of DMS medical authorities to the existing requests from SU medical personnel involved in the elimination of the medical and sanitary consequences of ES will boost their effectiveness and will have a positive impact on the overall system of medical and evacuation support of the All-Russian DMS.

Keywords: emergency situation, disaster medicine, supernumerary unit, health care organization, medical care.

References

1. Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Gudzh.Yu.V. [et al.]. Mobil'naya meditsinskaya brigada MChS Rossii: kontseptsiya, printsipy i osobennosti formirovaniya i raboty po likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii [Mobile Medical Team EMERCOM of Russia: concept, principles and features of the formation and work to eliminate the consequences of emergency situations]. *Mnogoprofil'naya klinika XXI veka. Innovatsii v meditsine* – 2017 [Multidisciplinary clinic of the XXI century. Innovations in medicine - 2017] : Scientific. Conf. Proceedings. Sankt-Peterburg. 2017. Pp. 28–29. (In Russ.).
2. Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Evdokimov V.I. [et al.]. Metodologicheskie aspekty sozdaniya mobil'nykh meditsinskikh brigad MChS Rossii dlya likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii [Methodological aspects of creating mobile medical teams at Russian EMERCOM for mitigating consequences of emergency situations]. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2017. N 11. Pp. 3–9. (In Russ.).
3. Balakhonov S.V., Noskov A.K., Mironova L.V. [et al.]. Razlichnye formaty primeneniya SPEB Irkutskogo protivochumnogo instituta v sovremennykh usloviyakh (2012–2019 gg.) [Implementation in modern conditions of different formats of specialized anti-epidemic units (saeu) of the Irkutsk antiplague research institute of the Federal service for surveillance on consumers rights protection and human wellbeing (Rospotrebnadzor) (during years 2012–2019)]. *Dal'nevostochnyi zhurnal infektsionnoi patologii* [The Far Eastern Journal of Infectious Pathology]. 2019. N 37. Pp. 117–124. (In Russ.).
4. Vil'k M.F., Sorokin O.N., Malyukov A.E., Bazaz'yan A.G. Rukovodstvo po organizatsii meditsinskoi sortirovki porazhennykh v zheleznodorozhnykh katastrofakh [Guidelines for the organization of medical sorting of those affected in railway disasters]. Moskva. 2002. 63 p.
5. Goncharov S.F., Bystrov M.V., Baranova N.N. [et al.]. Mobil'nye meditsinskie formirovaniya Sluzhby meditsiny katastrof Ministerstva zdравookhraneniya Rossiiskoi Federatsii [Mobile medical formations of service for Disaster medicine of Ministry of health of Russian Federation]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2019. N 3. Pp. 5–11. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-3-5-11. (In Russ.).
6. Uberla K. Faktornyi analiz [Faktorenanalyse]. Moskva. 1980. 398 p. (In Russ.).
7. Kazakova E.S., Portenko S.A., Sharova I.N. [et al.]. Organizatsiya diagnosticheskikh issledovaniy v mobil'nom komplekse spetsializirovannoi protivoepidemicheskoi brigady v period provedeniya massovykh meropriyatiy [Management of diagnostic investigations at the premises of specialized anti-epidemic team mobile complex at the time of running mass events]. *Problemy osobo opasnykh infektsii* [Problems of particularly dangerous infections]. 2014. N 2. Pp. 89–93. (In Russ.).
8. Kulbacinskiy V.V., Semenchukov A.V., Saharov A.V. [et al.]. K voprosu o sovershenstvovanii podgotovki i zadeistvovaniya mobil'nykh meditsinskikh formirovaniy OAO «RZhD» pri chrezvychaynykh situatsiyakh [The revisited issue of training and engagement of mobile medical services of Russian railways JSC in emergency situations]. *Aktual'nye problemy transportnoi meditsiny* [Actual problems of transport medicine]. 2010. N 3. Pp. 43–47. (In Russ.).
9. Nechaeva N.K., Kipor G.V., Tkikhova Z.M. Global'noe soveshchanie, posvyashchennoe initsiative sozdaniya Mezhdunarodnykh meditsinskikh brigad chrezvychainogo reagirovaniya, Bangkok, Tailand, 12–14 iyunya 2019 g [Global meeting on the International medical emergency response teams initiative, Bangkok, Thailand, 12–14 june 2019]. *Meditsina katastrof* [Disaster medicine]. 2019. N 3. Pp. 56–58. DOI: 10.33266/2070-1004-2019-3-56-58. (In Russ.).
10. Onishchenko G.G., Kuz'kin B.P., Ezhlova E.B. [et al.]. XXVII Vsemirnaya letnyaya universiada 2013 goda v Kazani: obespechenie sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya [XXVII World Summer Universiade 2013 in Kazan: ensuring sanitary and epidemiological well-being]. Tver'. 2013. 528 p. (In Russ.).
11. Onishchenko G.G., Kuz'kin B.P., Rakitin I.A. [et al.]. Obespechenie sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya v period podgotovki i provedeniya sammita «Gruppy dvadtsati» v Sankt-Peterburge v 2013 g. Soobshchenie 2. Organizatsiya i prioritetnye napravleniya raboty v period provedeniya Sammita [Sanitary-epidemiological welfare provision in the preparations to and management of the “G-20” summit in Saint-Petersburg, 2013. Communication 2. Management and priority areas of anti-epidemic activities as regards “G-20” summit campaign]. *Problemy osobo opasnykh infektsii* [Problems of particularly dangerous infections]. 2013. N 4. Pp. 11–15. (In Russ.).
12. Sushilnikov S.I., Gaidamovich N.N., Lemeshkin R.N. [et al.]. Professional'no-vazhnye kachestva i professional'nye kompetentsii slushatelei ordinatury, obuchayushchikhsya po distsipline «Meditsina chrezvychaynykh situatsii» [Professionally important qualities and professional competencies of students of residency studying the discipline “Emergency medicine”]. *Voенно-meditsinskii zhurnal* [Military medical journal]. 2017. Vol. 338, N 12. Pp. 18–29. (In Russ.).

13. Shelepov A.M., Papko S.V., Savchenko A.V., Pil'nik N.M. Osobennosti raboty spetsializirovannoi brigady aviameditsinskoi evakuatsii pri meditsinskom obespechenii massovykh sportivnykh meropriyatii (na primere Kubka konfederatsii 2017 g.) [Features of a specialized aeromedical evacuation team work at providing medical support for mass sporting events (on the example of the 2017 FIFA confederations cup)]. *Vestnik Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii* [Bulletin of Russian Military medical Academy]. 2017. N 4. Pp. 116–119. (In Russ.).

Received 02.06.2021

For citing: Ovcharenko A.P., Lemeshkin R.N., Rusev I.T. Problemnye voprosy organizatsii raboty neshtatnykh formirovani Sluzhby meditsiny katastrof Ministerstva oborony Rossiiskoi Federatsii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 48–59. **(In Russ.)**

Ovcharenko A.P., Lemeshkin R.N., Rusev I.T. Problematic issues of organizing the work of supernumerary units of the Disaster Medicine Service of the Ministry of Defense of the Russian Federation. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 48–59. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-48-59

Вышли в свет книги



Всероссийскому центру экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России 30 лет. СПб. : ЮПИ, 2021. 246 с. Составители: В.Ю. Рыбников, Л.Б. Дрыгина, О.А. Курсина, И.В. Павлюк, Л.Н. Ребрышкина.

ISBN 978-5-905853-62-3. Тираж 200 экз.

Содержатся сведения об истории Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург), его деятельности, структуре, основных подразделениях, о медицинском и обеспечивающем персонале.

Информация представлена по разделам: общие сведения (история, основные задачи и структура, основатель и первый директор Алексей Михайлович Никифоров, администрация организации, ученый совет, почетные профессора, диссертационные советы, сотрудники, которым присвоены почетные звания, профессора и доктора науки, ветераны, профсоюзная организация, независимый этический комитет); многопрофильная специализированная клиника № 1; многопрофильная специализированная клиника № 2; консультативно-диагностическая поликлиника, централизованные медицинские подразделения; служба медицинского снабжения и обеспечения лечеб-

ного процесса; научные и образовательные подразделения; институт дополнительного профессионального образования «Экстремальная медицина»; подразделения обеспечения; приложения.



Никифоровские чтения – 2021: передовые медицинские технологии: сборник материалов научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, посвященной 30-летию со дня основания ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России / сост. О.В. Леонтьев; под ред. С.С. Алексанина; Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : ЮПИ, 2021. 106 с.

ISBN 978-5-905853-61-6. Тираж 100 экз.

Представлены тексты 36 докладов на научно-практической конференции молодых ученых с международным участием, посвященной 30-летию со дня основания ФГБУ ВЦЭРМ им. А.М. Никифорова МЧС России, проходившей 10 сентября 2021 г. в Санкт-Петербурге. Доклады посвящены актуальным проблемам медицины катастроф, экстренной и неотложной медицинской помощи.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ «ЗОЛОТОГО ЧАСА» В РАБОТЕ СЛУЖБ ЭКСТРЕННОЙ И СКОРОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ И ВЕРОЯТНЫЙ ПУТЬ ИХ РЕШЕНИЯ

Московский территориальный научно-практический центр медицины катастроф
(Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1)

Актуальность. Сумма показателей эффективности эвакотранспорта и медперсонала бригады скорой медицинской помощи будет тем выше и лучше, чем меньше времени будет затрачено на их качественную работу. Экстренная медицинская помощь может быть максимально эффективной лишь в тех случаях, когда обеспечивается максимально быстрая доставка сил и средств медицинской службы к месту нахождения пациента, где будет выполнен исчерпывающий объем медицинской помощи по экстренным и неотложным показаниям не только на месте, но и по пути эвакуации, а также осуществится скорейшая эвакуация пациента на стационарный этап медицинской помощи задолго до момента развития тяжелых патогенетических осложнений.

Цель – изучить эффективность медико-эвакуационных мероприятий служб экстренной и скорой медицинской помощи как в условиях мегаполиса, так и в отдаленных населенных пунктах, выявить основные проблемы и недостатки современной лечебно-эвакуационной системы на догоспитальном этапе и обосновать необходимость разработки и внедрения в помощь линейным бригадам экстренной и неотложной медицинской помощи новых видов санитарной авиации для внутригородских и межпунктовых условий эксплуатации.

Методология и методы. Изучены отечественные и зарубежные публикации, посвященные развитию санитарной авиации и медицинской эвакуации.

Результаты и их анализ. На основании анализа научных исследований, вскрыты основные проблемы служб медицины катастроф и скорой медицинской помощи в рамках «золотого часа». Осуществлен анализ и продемонстрирована низкая эффективность действующей системы лечебно-эвакуационных мероприятий по экстренным медицинским показаниям на догоспитальном этапе, особенно в условиях мегаполиса. Определены как преимущества, так и проблемы, и существенные недостатки в широком использовании возможностей современной санитарной авиации.

Заключение. Промежуточным и альтернативным видом традиционного санитарного и медико-эвакуационного транспорта в мире в недалеком будущем станет использование малых летательных аппаратов на новых принципах авиапередвижения. Особый интерес вызывают экспериментальные разработки беспилотных летательных аппаратов для городских пассажирских нужд зарубежных и отечественных авторов. На основе этих образцов предлагаются разработки аналогичных летательных аппаратов для нужд медицины катастроф. Внедрение таких разработок позволит принципиально повысить эффективность и улучшить качество медицинского обеспечения жителей населенных пунктов независимо от наземного дорожно-транспортного состояния не только при чрезвычайных ситуациях, но и в повседневной жизнедеятельности как на догоспитальном, так и на межгоспитальном этапах медицинской помощи.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, медицина катастроф, золотой час, экстренная медицинская помощь, скорая медицинская помощь, аэромобиль, санитарный вертолет, беспилотные летательные аппараты, санитарная авиация.

Введение

Из-за сохраняющегося роста природных и техногенных аварий и катастроф увеличивается частота тяжелой острой патологии среди населения. Как правило, в таких случаях наша медицина переключается в режим экстрен-

ной работы с целью незамедлительного оказания помощи раненым, пораженным и пострадавшим в самые кратчайшие сроки.

Несмотря на то, что некоторые сторонники доказательной медицины не признают эффективность «золотого часа», все же этот

✉ Писаренко Леонид Васильевич – д-р мед. наук проф., вед. науч. сотр., Моск. террит. науч.-практ. центр мед. катастроф (Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1), e-mail: p8060@bk.ru;

Гуменюк Сергей Андреевич – канд. мед. наук, зам. директора по мед. части, Моск. террит. науч.-практ. центр мед. катастроф (Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1), e-mail: prcemp@zdrav.mos.ru;

Федотов Сергей Алексеевич – д-р мед. наук, директор, Моск. террит. науч.-практ. центр мед. катастроф (Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1), e-mail: prcemp@zdrav.mos.ru;

Потапов Владимир Игоревич – д-р мед. наук, зав. науч. отд. организации экстрен. мед. помощи, Моск. террит. науч.-практ. центр мед. катастроф (Россия, Москва, Большая Сухаревская пл., д. 5/1, стр. 1), ORCID 0000-0001-8806-0320, e-mail: potapov48@mail.ru

спасительный час прямо или косвенно существует и к оказанию первой помощи пострадавшим в этот период нужно стремиться. Не случайно автор «золотого часа» Адамс Коули утверждал, что этот час находится между жизнью и смертью, и в этот период происходят как обратимые, так и необратимые изменения в организме [24, 26, 28–30].

Действительно, без угроз для жизни тяжелые острые патологические состояния организма могут существовать всего в течение первых 4–6 мин, пока критически расходуется запас биохимических веществ и компенсаторных механизмов в организме пациента. И уже после их быстрого и полного истощения наступает первый срок клинической смерти протяжением 3–5 мин, когда в коре и мозжечке уже возникают фокусы омертвления, а еще через 1 мин отмирает кора головного мозга.

Если же пациент находится в состоянии гипоксии, то его своевременная реанимация может быть весьма эффективной даже после 10–15 мин клинической смерти, и таких пациентов возможно вернуть к жизни, хотя не без отрицательных последствий для организма [16].

Согласно руководящим документам, экстренная медицинская помощь должна оказываться безотлагательно. Что это значит на практике?

На телефонный вызов и его принятие тратится до 4 мин, на доезд до пациента – не более 20 мин, а далее можно и не считать, ибо начало медицинской помощи экстренному пациенту в такой ситуации наступает лишь после 25 мин с момента травмы или поражения.

Если сопоставить градации «золотого часа» с этими нормативными показателями на фоне динамики отягощения состояния пациента, то становится очевидным, почему такие пациенты умирают в худшем случае до приезда скорой, а в лучшем случае – в машине скорой помощи или в приемном покое стационара. В то же время, если бы доезд до пациента был не более 5–7 мин с момента травмы, а не с момента телефонного вызова, а качественная медпомощь в виде ранней реанимации осуществлялась в течение первых 5–10 мин, то эффективность спасения жизни увеличилась бы кратно.

Так в чем же заключаются проблемы «золотого часа» в РФ?

Первая проблема – неравномерность распределения населения по территории страны. Согласно данным Росстата, в 2021 г. в России было 155 тыс. 649 населенных пунктов и толь-

ко 1113 приходится на города, которые занимают менее 1% от всей территории страны и где проживает 75% населения, в то время как на оставшейся части территории живут 25% сельских жителей в 154 тыс. 500 населенных пунктах. При этом 68% жителей России проживают в европейской части России, которая составляет всего 21% от общей территории страны. Более того, если в Москве плотность населения – более 4900 чел./км², то в северных широтах эта плотность составляет от 7 до 40 чел./100 км².

Вторая известная всем проблема – состояние наших автомобильных дорог. Практически подавляющая часть автомобильных дорог России тянется с запада на восток вдоль южных территориальных границ страны. Общая протяженность автодорог, по данным Росстата, в 2020 г. составляла 1 млн 542 тыс. 200 км. Это всего 70% от требуемой протяженности, так как 30% составляет бездорожье. И чем дальше от центра на восток и север, тем дороги становятся все хуже. В настоящее время 56% существующих автодорог не соответствуют нормативным требованиям. Даже по европейским меркам только 40% наших самых лучших автомобильных дорог с многослойным твердым покрытием соответствуют их стандартам. Для завершения качественного ремонта, реконструкции и строительства автомобильных дорог в России потребуется не менее 50 лет и 54 трлн рублей. Более того, на эту тяжелую ситуацию негативно сказываются и серьезные климатические изменения, вследствие чего увеличилась частота природных чрезвычайных ситуаций, и, в первую очередь, это паводки, наводнения и землетрясения, не предсказать и не обуздать разрушительное действие которых невозможно.

Третья проблема – это перенасыщение городских автодорог личным и служебным автотранспортом, особенно в городах с миллионным населением (мегаполисах). Достаточно сказать, что только в Москве в собственности находятся 4,7 млн автомобилей. В дополнение к ним ежедневно прибывают в Москву еще 800 тыс. автомобилей из пригородных районов. Представьте, что эти 5,5 млн автомобилей одновременно пытаются двигаться по дорогам города. Становится ясно, что в «час пик» Москва напоминает одну большую подвижную автостоянку с множеством различных мелких дорожно-транспортных происшествий, которые резко тормозят дальнейшее движение автотранспорта, средняя скорость движения которого обычно не пре-

вышает 3–7 км/ч. Закономерно возникает вопрос: сможет ли машина скорой медицинской помощи (СМП) в этих условиях доехать к экстренному или тяжелому пациенту за 5–7 мин или за это же время довести его в ближайший стационар? Ответ очевиден. И как сказал директор «Московского центра по борьбе с пробками», количество умерших из-за опоздания машин скорой медицинской помощи, простоявшей в пробке, может измеряться не тысячами, а десятками тысяч.

Четвертая проблема – радиус обслуживания станциями скорой медицинской помощи. Радиус – это плечо расстояния от пункта (станции) СМП до самого дальнего объекта, где могут находиться люди, в том числе с учетом плотности населения [2, 3, 6]. Так, в Москве этот радиус составляет не более 2 км, т. е. зона обслуживания одним подразделением СМП составляет 4 км². Согласно приказу Минздрава России от 20.06.2013 г. № 388н, средний радиус обслуживания населения в России составляет не более 15 км. Однако расстояние в других регионах России вынужденно увеличивается от 20 до 90 км, а на севере страны – в Якутии или на Чукотке это расстояние достигает 150–180 км до районной станции СМП. Бездорожье не позволяет использовать там колесный санитарный автотранспорт, поэтому в северных районах применяют в основном вертолетную санитарную авиацию.

Цель – изучить эффективность медико-эвакуационных мероприятий служб СМП, в том числе в экстренной форме как в условиях мегаполиса, так и в отдаленных населенных пунктах, выявить основные проблемы и недостатки современной лечебно-эвакуационной системы на догоспитальном этапе и обосновать необходимость разработки и внедрения в помощь линейным бригадам экстренной и неотложной медицинской помощи новых видов санитарной авиации для внутригородских и межпунктовых условий эксплуатации.

Материал и методы

Первое упоминание об успешном применении воздушного пути для медицинской транспортировки пациентов исторически относят к 1870 г., когда во время прусско-французской войны из осажденного Парижа Полю Бέρту удалось успешно организовать эвакуацию глубоко в тыл на воздушных шарах 160 раненых [2, 21], поэтому его еще называют «отцом авиационной медицины».

В современных условиях под понятием «санитарная авиация» понимают разновидность

авиации, предназначенной для оказания медицинской помощи в экстренной форме в условиях плохой транспортной доступности или большой удаленности от медицинских учреждений, в поиске и спасении воздушных судов и пассажиров, терпящих бедствие, а также для быстрой транспортировки больных и пострадавших, когда этого требует тяжесть их состояния. И это большое подспорье в решении проблем «золотого часа» [25, 27, 31].

Понятие «золотого часа» в военной медицине является ключевым при оказании помощи раненым. Полноценная медицинская помощь до 60 мин спасала жизнь 90% раненых. Задержка в оказании помощи на 2 ч сохраняла жизнь только 10% раненых [21, 23]. И это доказано многими войнами и вооруженными конфликтами. Так, «золотой час» в израильской военно-медицинской службе еще в 1973 г. сокращен до 43 мин. Если во время войны Судного дня в 1973 г. умерли до 35% раненых израильских солдат, то во время операции «Неприступная скала» в июле–августе 1973 г. безвозвратные потери среди раненых не превысили 6%.

В Израиле считают, что проблема «золотого часа» может быть решена только в результате радикального изменения всей многоуровневой структуры оказания помощи раненым. Тут важно все: индивидуальные аптечки, перевязочные средства, медицинское снаряжение, время и способы эвакуации раненых.

Если проанализировать соотношение санитарных потерь общеизвестных войн в XX–XXI веке, то становится очевидным значение «золотого часа» для спасения жизни раненых [15]. Данные свидетельствуют: если раненый с поля боя в течение 1 ч доставлен на вертолете в госпиталь, то летальность от ранения сокращается в 15–17 раз, в то время как без использования воздушного транспорта эти показатели снижаются не более чем в 4–4,5 раза.

Поэтому к наиболее важным преимуществам санитарной авиации, особенно вертолетной, следует отнести такие как:

- 1) возможность вылета в максимально сжатые сроки;
- 2) высокая скорость прибытия специалистов-медиков на место происшествия;
- 3) прямая эвакуация пациента с места поражения в стационар;
- 4) возможность перевозки пациентов в тяжелом состоянии;
- 5) независимость от графиков рейсов авиакомпаний.

6) транспортировка осуществляется в любую точку населенного пункта или страны;

7) индивидуальный подход к решению каждой задачи и др.

Одновременно с этим следует упомянуть и об издержках, затратах и расходах на современную вертолетную медицину [5, 8]:

- средний возраст вертолетчиков в России – 53 года, 48 % пилотов – в возрасте 50–59 лет, 27 % – от 60 лет. Ежегодно из профессии уходят порядка 200 пилотов;

- летная окупаемость вертолета – 8000 летных часов;

- налет на вертолет (требуемый) ~ 900 ч/год (90 ч/мес);

- общий суточный налет с посадками на площадки – не более 8 ч, но и не более 12 посадок;

- стоимость перевозки одного пациента (с учетом расходов на амортизацию, техобслуживание, расходы на экипаж) – не менее 180 тыс. рублей (или 2400 тыс. долларов США), так как низкий налет санитарных вертолетов увеличивает расходы на содержание. Стоимость строительства наземной вертолетной площадки и ее техническое обслуживание – около 257 тыс. евро (23 млн 130 тыс. рублей) [14].

Кроме того, медицинское сопровождение пациентов сейчас обходится от 500 до 120 тыс. рублей, аренда вертолета – более 130 тыс. руб./ч, а вертолетное разнообразие в нашей санитарной авиации вносит и свои экономические коррективы [10, 20].

В настоящее время в России в области санитарной авиации работают 9 типов тяжелых и средней весовой категории вертолетов как отечественного, так и зарубежного производства [5]. Основная масса комплектующих поставляется 5 разными зарубежными фирмами, что существенно сказывается как на рыночной стоимости вертолетов, достигающей десятка миллионов долларов за единицу, так и на трудностях их технического содержания и обслуживания. Мало того, что эти машины очень дорогостоящие, так расход авиатоплива на 100 км пути зашкаливает, составляя от 100 до 300 л на 100 км полета [20].

В итоге необходимо акцентировать внимание и на недостатках современной санитарной авиации [2, 22]. К ним относятся:

- высокая стоимость закупки, эксплуатации и обслуживания летательных аппаратов;

- практически отсутствие легких вертолетных аппаратов;

- трудности с организацией полетов над крупными городами;

- полное отсутствие инфраструктуры для использования вертолетов – нет площадок для базирования, заправки, технического обслуживания и посадки вертолетов;

- трудности с организацией полетов в плохих метеоусловиях;

- высокие показатели резких перепадов высоты, а также шумности и вибрации летательных аппаратов;

- высокий уровень аварийности и авиакатастроф;

- плохая организация оперативной радиосвязи в России;

- значительные трудности взаимодействия между организациями;

- в России нет службы, объединяющей спасателей и медиков;

- большая проблема подготовки летного состава – в России не осталось вертолетных училищ гражданской авиации;

- проблема переподготовки и лицензирования пилотов для работы на зарубежных объектах санитарных вертолетов;

- крайне малые показатели наработки летных часов;

- низкая заработная плата вертолетного состава и др.

К этим недостаткам следует отнести относительные и прямые медицинские противопоказания к авиаперелету:

- острые инфекционные заболевания;

- кома и терминальные состояния;

- неконтролируемые психические расстройства;

- острая форма кессонной болезни;

- симптомы воздушной эмболии;

- острая кровопотеря с показателями гематокрита менее 30 %;

- инфаркт миокарда в острой стадии;

- острая сердечная недостаточность;

- отек легких;

- анемия;

- бронхиальная астма в остром периоде;

- тяжело протекающая беременность;

- внутричерепная гипертензия средней тяжести;

- невправленная грыжа;

- неиммобилизованные повреждения опорно-двигательного аппарата;

- реабилитационный период после операций на органах зрения;

- острая кишечная непроходимость.

На наш взгляд, промежуточным и альтернативным видом традиционного санитарного и медико-эвакуационного транспорта в мире в недалеком будущем станет использование

малых летательных аппаратов на новых принципах авиационного передвижения [11, 17]. Тем более, что в последние годы они находят достаточно широкое применение в экономике многих стран: разведке очагов пожаров в труднодоступных местностях [18], поиске людей и оказании им первой помощи при чрезвычайных ситуациях [6, 12, 19], доставке медикаментов и медицинского оборудования [1, 13], контроле за экологической обстановкой, военном деле и пр.

Например, 23-летний Алек Момонт – студент Технологического университета в голландском г. Делфте создал беспилотный летательный аппарат (БПЛА) со встроенным дефибриллятором и минимальным набором для реанимации и помощи при инфаркте миокарда (ориентировочная цена – 19 тыс. долларов США). БПЛА оснащен также камерой, чтобы медицинские работники могли дистанционно управлять процессом реанимации. Среднее время прибытия машины скорой помощи в Нидерландах составляет от 10 до 12 мин. Легкий беспилотник передвигается со скоростью 100 км/ч, его радиус действия составляет 12 км, и на месте происшествия он может быть уже через 1 мин, что позволяет увеличить шансы выживания пострадавших [7].

Представляем, на наш взгляд, наиболее важные преимущества использования БПЛА для санитарной эвакуации пострадавших и больных:

- 1) БПЛА являются экологически чистым и безопасным видом санитарного транспорта;
- 2) использование БПЛА возможно в условиях населенных пунктов, независимо от плотности населения, а также от состояния и загруженности автодорог, технических и других препятствий;
- 3) санитарные БПЛА будут наиболее значимы при оказании медицинской помощи при чрезвычайных ситуациях, природных, техногенных авариях и катастрофах;
- 4) при массовых санитарных потерях санитарные БПЛА могут использоваться под единым диспетчерским управлением как раздельно, так и в составе подразделения (например эскадрильи БПЛА);
- 5) использование БПЛА для эвакуации пациентов потребует меньше медицинских работников и обслуживающего персонала, чем в традиционных условиях;
- 6) время прибытия медицинских бригад на санитарном БПЛА к пациенту не будет превышать 5 мин, а его эвакуация – не более 10 мин,

что кратно сократит эффективность и качество использования «золотого часа» и увеличит число обслуженных пациентов за смену;

7) полеты БПЛА могут осуществляться в любое время суток как на предельно малых высотах и коротких расстояниях, так и при их увеличении;

8) каждая человеко-миля эвакуации пострадавшего будет обходиться в 4 раза дешевле, чем наземными транспортными средствами;

9) закупочная стоимость БПЛА более чем в 15 раз дешевле санитарного вертолета;

10) исчезнет необходимость в дорогостоящей подготовке пилотов для БПЛА;

11) оснащение БПЛА современными высокотехнологичными аккумуляторными батареями с малыми весовыми и габаритными размерами облегчит общую массу аппаратов и обеспечит быстреею их зарядку от бытовой сети переменного тока. Вспомогательным бортовым двигателем-генератором тока может рассматриваться экологичный водородный двигатель;

11) разработка, серийное производство и оснащение отечественной медицины, особенно на догоспитальном этапе, БПЛА неизбежно становится жизненной необходимостью в современных условиях развития человеческой цивилизации.

Предлагаем некоторые зарубежные и отечественные экспериментальные разработки, которые в самом ближайшем будущем выйдут на воздушные просторы городов и сел, а также могут быть привлекательными и рассматриваться в качестве городского малого санитарного авиационного транспорта. Мировой уровень средств, затрачиваемых на разработку, как следствие этого объемов производства БПЛА в России, составляет около 1%. На рынке лидируют компании из США (64%), Франции (9%), Израиля (5%), Японии, Канады и Швеции – по 3% [1]. Так, на вооружении армии США состоит беспилотный летающий эвакуационный аппарат (БПЛА) ДП-14 [4]:

– проект его разработан еще в 2010 г. и рассчитан на эвакуацию 1 раненого с поля боя;

– оснащен собственной навигационной системой и самостоятельно облетает препятствия, корректирует маршрут полета и даже выбирает место для посадки;

– не требуется взлетная полоса;

– длина – 2 м, ширина – 60 см, внутренний грузовой отсек – 0,6 м³;

– крейсерская скорость – до 132 км/ч;

- выдерживает порывы ветра до 20,7 м/с;
- полезная нагрузка – 200 кг на 2,4 ч полета.

Беспилотник «Корморант» или «воздушный мул» разработан в 2011 г. и сейчас состоит на вооружении в армии Израиля, а также на снабжении в сельском хозяйстве этой страны (рис. 1):

- вертикальный взлет и посадка, предназначен для эвакуации населения из зоны бедствий и раненых с поля боя;
- масса – 1,5 т;
- грузоподъемность – до 500 кг;
- крейсерская скорость – 185 км/ч;
- пребывание в полете – до 5 ч;
- оборудован 5 внутренними винтами, связанными жидкотопливным двигателем, что позволяет пролетать под линиями электропередач, а также двумя хвостовыми тяговыми электромоторами;
- имеет собственную автоматическую навигационную систему и работает в режимах JPS и ГЛОНАС;
- в автоматическом режиме может проводить обеззараживание территорий. В сельском хозяйстве используется для опрыскивания полей удобрениями и ядохимикатами.

Беспилотный самолет «Лилиум Джет» («Lilium Jet», Европейское космическое агентство) с вертикальным взлетом и посадкой:

- вместимость – до 5 человек;
- собственная масса – 440 кг;
- взлетная масса – 640 кг;
- общая мощность 32 электродвигателей – 320 кВт;
- крейсерская скорость – 300 км/ч;
- убирающиеся шасси;
- интеллектуальное компьютерное управление для автоматического взлета и посадки;
- аккумуляторные батареи с зарядкой от сети 220 V – 15 мин;

- практически не требует инфраструктуры;
- экологичен и гораздо тише традиционных самолетов и вертолетов.

Автоаэромобиль «Поп Ап Концепт» (Pop Up) (Франция) (рис. 2) – ключевым элементом беспилотной системы является пассажирская капсула, которая присоединяется как к автомобильной базе (колесам), так и к 4-винтовому квадрокоптеру (см. рис. 2, сверху):

- модель рассчитана пока на 2 пассажиров;
- длина – 2,5 м, ширина – 1,5 м;
- система самостоятельно выбирает более удобный способ передвижения по заданным параметрам;
- если нужно, то модуль прилетает к пассажирам с капсулой и квадрокоптером, если выгоднее ехать по земле, поездка будет осуществляться в наземной капсуле на шасси;
- модуль, который не используется, доберется до зарядной станции в автоматическом режиме и будет ожидать вызова;
- наземная капсула с 2 электродвигателями, выдающими около 58,8 кВт;
- скорость – до 100 км/ч, запас хода – 130 км;
- производительность летательной капсулы – около 132,4 кВт;
- дальность полета – 100 км;
- зарядка аккумуляторов – 15 мин.

Гибридный 5-местный самолет «Три-Фан-600» (США):

- состоит из композитных материалов с неподвижными крыльями;
- рассчитан на 5 пассажиров, и при необходимости управлять гибридным самолетом может 1 пилот;
- скорость передвижения – около 640 км/ч, расстояние – до 1900 км;
- вертикальный взлет и посадку обеспечивают 3 пропеллера, которые поднимают са-



Рис. 1. БПЛА «Корморант» или «воздушный мул» (Израиль)
[<https://scioinfotech.com/cormorant-israel-vtol/>].



Рис. 2. Французский БПЛА «Поп Ап Концепт»
[<https://www.Carstyling.ru/resources/entries/4922/Italdesign-Airbus-Pop-Up-Flying-Car-Concept-2017-02.jpg>].

молет в небо на высоту около 9000 м за 90 с, а затем 2 из них поворачиваются перпендикулярно земле и двигают самолет в горизонтальной плоскости. 3-й пропеллер закрывается, чтобы не вредить аэродинамике аппарата;

– цена – 10–12 млн долларов США.

Наша отечественная разработка – пилотно-беспилотный аэромобиль «Формула» (рис. 3). У него нет пропеллеров, поэтому нет нужды ни в аэродроме, ни в вертолетной площадке. Это устройство совмещает в себе БПЛА и самолет, и они дублируют друг друга.



Рис. 3. Российский пилотно-беспилотный аэромобиль «Формула» (Сколково, Россия)

[<https://360n.ru/news/people/95277-voronezhskie-startapery-podelilis-snimkami-letayuschey-skoroy-pomoschi-i-politsii/>].



Рис. 4. Беспилотный аэромобиль «Фляттер» компании «Сайенкс» (Россия)

[<https://360n.ru/news/people/95277-voronezhskie-startapery-podelilis-snimkami-letayuschey-skoroy-pomoschi-i-politsii/>].

В его основе лежит революционная технология – разработанная электрическая турбина «Вентури» с 52 миниатюрными турбинными двигателями и динамическое крыло, позволившие избавиться от пропеллеров и сохранить компактные размеры летающего автомобиля:

– динамическое крыло создано по образу крыльев у птиц и управляется компьютером, что позволяет четко маневрировать аппаратом как в ручном, так и в автономном режиме;

– вместо крыльев возможно использовать 2 заднебоковых электродвигателя для движения аппарата вперед, что важно в городских условиях движения. Дополнительную роль играет феномен ускорения газовой среды при помощи сопла «Лавала», в форме которого выполнен внутренний корпус турбины;

– раскладные крылья позволяют «такси» останавливаться на обычных парковочных местах;

– дальность полета – до 450 км;

– крейсерская скорость – до 320 км/ч.

Беспилотный аэромобиль «Фляттер» с вертикальным взлетом и посадкой воронежской компании «Сайенкс» (Россия) (рис. 4):

– нет крыльев и винтов и безопасен для окружающих;

– паркуется на стандартном автопарковочном месте;

– габаритная длина – 5 м и ширина – 2 м;

– снаряженная масса – 600 кг, грузоподъемность – 250 кг;

– максимальная дальность полета – до 150 км;

– время полета – 1 ч, крейсерская скорость – до 120 км/ч;

– высота полета – до 1500 м;

– точность маневрирования при взлете/посадке – 0,2 м;

– экологичная силовая установка – 8 электромоторов;

– из-за сложной технической начинки «Фляттер» пока способен взять на борт только 2 человек плюс 50 кг багажа;

– базовая стоимость – 200 тыс. долларов США.

В перспективе кабина будет вмещать несколько врачей, 1 или 2 пациентов и специальное медицинское оборудование.

Заключение

Аэромобили уже скоро могут стать реальностью – их разработкой занимаются десятки компаний по всему миру, а некоторые из них уже тестируют свои прототипы. Сейчас вопрос

стоит не столько за технологиями как таковыми, сколько за составлением правил, обеспечением безопасности полетов и ценой такого рода аппаратов в интересах государства.

В случае реализации одного из проектов по созданию беспилотных летательных аппаратов в интересах медицинской службы и оте-

чественного здравоохранения можно было бы охватить экстренной медицинской помощью в рамках «золотого часа» не менее чем $\frac{2}{3}$ населения и территории страны круглогодично и не только в крупных городах, но и в сельских поселениях, и на значительном удалении от стационаров.

Литература

1. Аллилуева Н. Перспективы развития беспилотных летательных аппаратов // Технологии защиты. 2015. Т. 3, № 6. URL: <http://www.tzmagazine.ru/>.
2. Багненко С.Ф., Стожаров В., Мирошниченко А.Г. Скорая медицинская помощь пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях. СПб. : КОСТА, 2007. 400 с.
3. Бегичева С.В. Модель оптимального размещения станций и филиалов скорой медицинской помощи // Наукоедение: интернет-журнал. 2016. Т. 8, № 6. Ст. 111TVN616 (9 с.). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/111TVN616.pdf>.
4. БПЛА DP-14 Hawk для эвакуации раненых // Большая военная энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: http://zonwar.ru/news5/news_875_DP-14_Hawk.html.
5. Вертолеты, сертифицированные для эксплуатации в санитарной авиации на территории Российской Федерации // Единая информационная система санитарной авиации [Электронный ресурс]. URL: <http://sanavia.info/vertolety-i-samolety-sanaviatsii/>.
6. Герасимов С.В., Ковалёв В.Д., Герасимов В.П. Особенности беспилотных летательных аппаратов, применяемых в чрезвычайных ситуациях // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в техносфере и защиты населения и территорий в чрезвычайных ситуациях : сб. науч. тр. Ставрополь, 2016. С. 244–245.
7. Голландский студент поставит беспилотники на службу медицине. URL: <http://russian.rt.com/article/57107>.
8. Дзюба Т.А., Розенберг И.Н. Оптимизация размещения центров скорой помощи с учетом нечетких данных // Известия ЮФУ. Техн. науки [Электронный ресурс]. 2001. № 4 (22). С. 76–86.
9. Зубарев А.К. Совершенствование параметров городской логистики (на примере транспортного обеспечения деятельности городских станций скорой медицинской помощи) // Нов. ун-т. Сер. Экономика и право. 2012. № 1 (11). С. 14–19.
10. Итуэлла Дж., Милгейта М., Ньюмена П. Экономическая теория. М. : ИНФРА-М, 2004. 931 с.
11. Коляда Е. Вертолеты останутся без пилотов // Авиатранспортное обозрение [Электронный ресурс]. 25 окт. 2019. URL: <http://www.ato.ru/content/vertolety-ostanutsya-bez-pilotov>.
12. Коннова Л.А., Бончук Г.И. Об истории беспилотных летательных аппаратов и перспективах их использования в практике спасательных работ // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. 2016. № 3 (32). С. 67–77.
13. Коннова Л.А., Котенко П.К. Футуристические проекты по созданию беспилотных транспортных средств для оказания экстренной медицинской помощи и эвакуации раненых и пострадавших из зоны боевых действий/чрезвычайной ситуации // Медицинская помощь при травмах и неотложных состояниях в мирное и военное время. Новое в организации и технологиях: четвертый всерос. конгр. СПб. : Человек и здоровье, 2019. С. 124–126.
14. Матвеев Е. Сколько стоит вылет санитарного вертолета? [Электронный ресурс]. 27.11.2009. URL: <https://www.aex.ru/docs/2/2009/11/27/876/>.
15. Медик В.А., Пильник Н.М., Юрьев В.К. Санитарные потери в войнах XX века. М. : Медицина, 2002. 240 с.
16. Назаров И.П. Интенсивная терапия в критической медицине. Красноярск, 2007. 264 с.
17. Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : сб. науч. докл. и ст. II науч.-практ. конф. / Минобороны России. Коломна, 2017. 337 с.
18. Подрезов Ю.В. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов для мониторинга чрезвычайных лесопожарных ситуаций // Пробл. безопасности и чрезв. ситуаций. 2019. № 3. С. 64–72.
19. Солдатов Е.А., Кульнев С.В., Швеи В.А., Бигунец В.Д. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов в интересах медицинской службы в ходе ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2010. № 2. С. 50–55.
20. Стоимость медицинского вертолета, самолета, медсопровождения и организации лечения от компании «Санитарная авиация» // Санитарная авиация [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sanaviation.ru/ru/stoimost-uslug>.
21. Шульман А. «Золотой час» раненого солдата // Армейский вестн. [Электронный ресурс]. URL: <https://army-news.info/2014/09/zolotoj-chas-ranenogo-soldata/>.

22. Яшина Е.Р., Шиндин Б.А., Генералов А.В. История, состояние и перспективы санитарной авиации в Российской Федерации и в системе медицинских учреждений Управления делами Президента Российской Федерации // *Кремлевская медицина. Клинич. вестн.* 2013. № 2. С. 82–89.
23. Birmingham L.E., Richner G., Moran M. [et al.]. Timeliness of Care for Injured Patients Initially Seen at Freestanding Emergency Departments // *Quality Management in Health Care.* 2020. Vol. 29, N 2. P. 95–99. DOI: 10.1097/QMH.0000000000000252.
24. David E.C. R.A. Cowley, the “Golden Hour,” the “Momentary Pause,” and the “Third Space” // *The American Surgeon.* 2017. Vol. 83, N 12, P. 1401–1406.
25. Dominguez O.H., Grigorian A., Lekawa M. [et al.]. Helicopter Transport Has Decreased Over Time and Transport from Scene or Hospital Matters // *Air. Medical. Journal.* 2020. Vol. 39, N 4. P. 283–290. DOI: 10.1016/j.amj.2020.04.006.
26. Duke M., Tatum D., Sexton K. [et al.]. When Minutes Fly by: What is the True “Golden Hour” for Air Care? // *The American Surgeon.* 2018. Vol. 84, N 6. P. 862–867.
27. González R.P., Cummings G.R., Phelan H.A. [et al.]. Does increased emergency medical services pre-hospital time affect patient mortality in rural motor vehicle crashes? A statewide analysis // *The American Journal of Surgery.* 2009. Vol. 197, N 1. P. 30–34. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2007.11.018.
28. Hu W., Freudenberg V., Gong H., Huang B. The “Golden Hour” and field triage pattern for road trauma patients // *Journal of Safety Research.* 2020. Vol. 75. P. 57–66. DOI: 10.1016/j.jsr.2020.08.001.
29. Lerner E.B., Moscati R.M. The golden hour: scientific fact or medical “urban legend”? // *Academic Emergency Medicine.* 2001. Vol. 8, N 7. P. 758–760. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2001.tb00201.x.
30. Okada K., Matsumoto H., Saito N. [et al.]. Revision of ‘golden hour’ for hemodynamically unstable trauma patients: an analysis of nationwide hospital-based registry in Japan // *Trauma Surgery & Acute Care Open.* 2020. Vol. 5, N 1. Art. e000405. DOI: 10.1136/tsaco-2019-000405.
31. Sy E., Amram O., Baer H.J. [et al.]. Transport Time and Mortality in Critically Ill Patients with Severe Traumatic Brain Injury // *Canadian Journal of Neurological Sciences.* 2021. Vol. 12. P. 1–9. DOI: 10.1017/cjn.2021.5.

Поступила 02.09.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Участие авторов: Л.В. Писаренко – сбор и подготовка материалов, анализ литературы, данных, написание первого варианта статьи; С.А. Гуменюк – разработка концепции исследования, редактирование рабочих материалов; С.А. Федотов – подготовка окончательного варианта статьи; В.И. Потапов – сбор и подготовка первичных материалов.

Для цитирования. Писаренко Л.В., Гуменюк С.А., Федотов С.А., Потапов В.И. Современные проблемы «золотого часа» в работе служб экстренной и скорой медицинской помощи и вероятный путь их решения // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.* 2021. № 4. С. 60–70. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-60-70.

Modern problems of the “golden hour” in the work of emergency services and emergency medical care and the likely way to solve them

Pisarenko L.V., Gumenyuk S.A., Fedotov S.A., Potapov V.I.

Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine (CEMP) of the Department of Health of the City of Moscow (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia)

✉ Leonid Vasilyevich Pisarenko – Dr. Med. Sci. Prof., Leading Researcher, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine (CEMP) of the Department of Health of the City of Moscow (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia), e-mail: p8060@bk.ru;

Sergey Andreevich Gumenyuk – PhD Med. Sci., Deputy Director for Medical Affairs, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine (CEMP) of the Department of Health of the City of Moscow (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia), e-mail: npcemp@zdrav.mos.ru;

Sergey Alekseevich Fedorov – Dr. Med. Sci., Director, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine (CEMP) of the Department of Health of the City of Moscow (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia), e-mail: npcemp@zdrav.mos.ru;

Vladimir Igorevich Potapov – Dr. Med. Sci., Head of scientific Department of the organization of emergency medical aid, Moscow Territorial Scientific and Practical Center for Disaster Medicine (CEMP) of the Department of Health of the City of Moscow (Bolshaya Sukharevskaya square, 5/1, p. 1, Moscow, 129010, Russia), ORCID 0000-0001-8806-0320, e-mail: potapov48@mail.ru

Abstract

Relevance. Effective operation of the evacuation transport and the ambulance team implies fast and high-quality assistance, including fast delivery of medical forces and assets to patients, all necessary treatment for emergency and urgent indications on the spot and also along the evacuation route, and prompt evacuation of patients to hospitals for preventing severe pathogenetic complications.

Intention. To study effectiveness of emergency medical services during medical evacuation both in a megalopolis and in remote settlements; to identify the main problems and shortcomings of the modern medical evacuation system at the pre-hospital stage; and to justify the need to develop and implement new types of air ambulance for intra-city and inter-point operating conditions to help emergency medical teams.

Methodology. Domestic and foreign publications devoted to the development of air ambulance and medical evacuation have been studied.

Results and Discussion. Based on literature analysis, the main problems of emergency medical services within "the golden hour" are revealed. The analysis was carried out and the low efficiency of the current system of medical evacuation measures for emergency medical indications at the pre-hospital stage, especially in the conditions of a megalopolis, was demonstrated. Both advantages and problems and significant disadvantages in the wide use of the capabilities of modern air ambulance are identified.

Conclusion. In the near future, small aircrafts based on new principles of air transportation will become an alternative to conventional sanitary and medical evacuation transport worldwide. Of particular interest are experimental unmanned aerial vehicles for urban passenger needs developed by foreign and domestic authors. Besides, similar aircrafts are proposed for the needs of disaster medicine. Their implementation will fundamentally increase the efficiency and improve the quality of medical care for the population of cities and villages, regardless of road traffic conditions, both in emergency situations and daily life at the pre-hospital and inter-hospital stages of medical care.

Keywords: emergency, disaster medicine, golden hour, emergency medical care, ambulance, air vehicle, ambulance helicopter, unmanned aerial vehicles, sanitary aviation.

References

1. Allilueva N. Perspektivy razvitiya bespilotnykh letatel'nykh apparatov [Prospects for the development of unmanned aerial vehicles]. *Tekhnologii zashchity* [Protection technologies]. 2015. Vol. 3, N 6. URL: <http://www.tzmagazine.ru/>. (In Russ.)
2. Bagnenko S.F., Stozharov V., Miroshnichenko A.G. Skoraya meditsinskaya pomoshch' postradavshim v dorozhno-transportnykh proisshestviyakh [Emergency medical assistance to victims of road accidents]. Sankt-Peterburg. 2007. 400 p. (In Russ.)
3. Begicheva S.V. Model' optimal'nogo razmeshcheniya stantsii i filialov skoroi meditsinskoi pomoshchi [Model of optimal location of stations and branches of ambulance service]. *Naukovedenie: internet-zhurnal* [Science of Science: Internet Journal]. 2016. Vol. 8, N 6. Art. 111TVN616 (9 p.). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/111TVN616.pdf>. (In Russ.)
4. BPLA DP-14 Hawk dlya evakuatsii ranenyykh [DP-14 Hawk UAV for evacuation of the wounded]. *Bol'shaya voennaya entsiklopediya* [Big military Encyclopedia]. URL: http://zonwar.ru/news5/news_875_DP-14_Hawk.html. (In Russ.)
5. Vertolety, sertifikirovannyye dlya ekspluatatsii v sanitarnoi aviatsii na territorii Rossiiskoi Federatsii [Helicopters certified for operation in sanitary aviation on the territory of the Russian Federation]. *Edinaya informatsionnaya sistema sanitarnoi aviatsii* [Unified information system of air ambulance]. URL: <http://sanavia.info/vertolety-i-samolety-sanaviatsii/>. (In Russ.)
6. Gerasimov S.V., Kovalev V.D., Gerasimov V.P. Osobennosti bespilotnykh letatel'nykh apparatov, primenyaemykh v chrezvychaynykh situatsiyakh [Features of unmanned aerial vehicles used in emergency situations]. *Aktual'nye problemy obespecheniya bezopasnosti v tekhnosfere i zashchity naseleniya i territorii v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Actual problems of ensuring safety in the technosphere and protecting the population and territories in emergency situations] : collection of scientific works. Stavropol'. 2016. Pp. 244–245. (In Russ.)
7. Gollandskii student postavil bespilotniki na sluzhbu meditsine [Dutch student will put drones in the service of medicine]. RT. 10.31.2014. URL: <http://russian.rt.com/article/57107>. (In Russ.)
8. Dzyuba T.A., Rozenberg I.N. Optimizatsiya razmeshcheniya tsentrov skoroi pomoshchi s uchetom nechetkikh dannyykh [Optimization of the placement of ambulance centers taking into account fuzzy data]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering sciences]. 2001. N 4. Pp. 76–86. (In Russ.)
9. Zubarev A.K. Sovershenstvovanie parametrov gorodskoi logistiki (na primere transportnogo obespecheniya deyatel'nosti gorodskikh stantsii skoroi meditsinskoi pomoshchi) [Improving city logistics parameters (exemplified by urban emergency ward transport support)]. *Novyi universitet. Seriya Ekonomika i pravo* [New university. Economics & law]. 2012. N 1. Pp. 14–19. (In Russ.)
10. Ituell Dzh., Milgeit M., N'yumen P. Ekonomicheskaya teoriya [Economic theory]. Moskva. 2004. 931 p. (In Russ.)
11. Kolyada E. Vertolety ostanutsya bez pilotov [Helicopters will remain without pilots]. *Aviatransportnoe obozrenie*. 25.10.2019. URL: <http://www.ato.ru/content/vertolety-ostanutsya-bez-pilotov>. (In Russ.)
12. Konnova L.A., Bonchuk G.I. Ob istorii bespilotnykh letatel'nykh apparatov i perspektivakh ikh ispol'zovaniya v praktike spasatel'nykh rabot [History of the drones and prospects of their use in practice of rescue operations]. *Psikhologo-pedagogicheskie problemy bezopasnosti cheloveka i obshchestva* [Psychological and pedagogical safety problems of human and society]. 2016. N 3. Pp. 67–77. (In Russ.)
13. Konnova L.A., Kotenko P.K. Futuristicheskie proekty po sozdaniyu bespilotnykh transportnykh sredstv dlya okazaniya ekstretnoi meditsinskoi pomoshchi i evakuatsii ranenyykh i postradavshikh iz zony boevykh deistvii/chrezvychainoi situatsii [Futuristic projects for the creation of unmanned vehicles for the provision of emergency medical care and the evacuation of the wounded and injured from the zone of hostilities / emergency]. *Meditsinskaya pomoshch' pri travmakh i neotlozhnykh sostoyaniyakh v mirnoe i voennoe vremya. Novoe v organizatsii i tekhnologiyakh* [Medical care for injuries and emergencies in peacetime and wartime. New in organization and technology]: Scientific. Conf. Proceedings. Sankt-Peterburg. 2019. Pp. 124–126. (In Russ.)

14. Matveev E. Skol'ko stoit vylet sanitarnogo vertoleta? [How much does it cost to fly an ambulance helicopter?]. 27.11.2009. URL: <https://www.aex.ru/docs/2/2009/11/27/876/>. (In Russ.)
15. Medik V.A., Pil'nik N.M., Yur'ev V.K. Sanitarnye poteri v voynakh XX veka [Sanitary losses in the wars of the XX century]. Moskva. 2002. 240 p. (In Russ.)
16. Nazarov I.P. Intensivnaya terapiya v kriticheskoi meditsine [Intensive therapy in critical medicine]. Krasnoyarsk. 2007. 264 p. (In Russ.)
17. Perspektivy razvitiya i primeneniya kompleksov s bespilotnymi letatel'nymi apparatami [Prospects for the development and application of complexes with unmanned aerial vehicles] : Scientific. Conf. Proceedings. Kolomna. 2017. 337 p. (In Russ.)
18. Podrezov J.V. Osobennosti primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov dlya monitoringa chrezvychaynykh lesopozharnykh situatsii [Features of the use of unmanned aerial vehicles to monitor the forest fire emergency situation]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsii* [Safety problems in emergencies]. 2019. N 3. Pp. 64–72. (In Russ.)
19. Soldatov E.A., Koulnev S.V., Shvets V.A., Bigunets V.D. Perspektivy ispol'zovaniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov v interesakh meditsinskoi sluzhby v khode likvidatsii posledstviy chrezvychaynykh situatsii [Opportunities of unmanned aircraft usage for the benefit of medical service during mitigation of emergency consequences]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2010. N 2. Pp. 50–55. (In Russ.)
20. Stoimost' meditsinskogo vertoleta, samoleta, medsoprovozhdeniya i organizatsii lecheniya ot kompanii «Sanitarnaya aviatsiya» [The cost of a medical helicopter, aircraft, medical support and organization of treatment from the company "Sanitary Aviation"]. *Sanitarnaya aviatsiya* [Sanitary Aviation]. URL: <https://www.sanaviation.ru/ru/stoimost-uslug>. (In Russ.)
21. Shul'man A. «Zolotoi chas» ranenogo soldata [“The Golden Hour” of a wounded soldier]. *Armeiskii vestnik* [Army Bulletin]. URL: <https://army-news.info/2014/09/zolotoj-chas-ranenogo-soldata>. (In Russ.)
22. Yashina E.P., Shindin B.A., Generalov A.V. Istoriya, sostoyanie i perspektivy sanitarnoi aviatsii v Rossiiskoi Federatsii i v sisteme meditsinskikh uchrezhdenii Upravleniya delami Prezidenta Rossiiskoi Federatsii [History, state-of-art and perspectives of sanitary aviation in Russian Federation and in the system of medical institutions subordinated to the affair management Department of the President of Russian Federation]. *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskii vestnik* [Kremljovskaya Medicina. Clinicheskyy Vestnik]. 2013. N 2. Pp. 82–89. (In Russ.)
23. Birmingham L.E., Richner G., Moran M. [et al.]. Timeliness of Care for Injured Patients Initially Seen at Freestanding Emergency Departments. *Quality Management in Health Care*. 2020, Vol. 29, N 2. Pp. 95–99. DOI: 10.1097/QMH.0000000000000252.
24. David E.C. R.A. Cowley, the “Golden Hour,” the “Momentary Pause,” and the “Third Space”. *The American Surgeon*. 2017. Vol. 83, N 12, Pp. 1401–1406.
25. Dominguez O.H., Grigorian A., Lekawa M. [et al.]. Helicopter Transport Has Decreased Over Time and Transport from Scene or Hospital Matters. *Air Medical Journal*. 2020, Vol. 39, N 4. Pp. 283–290. DOI: 10.1016/j.amj.2020.04.006.
26. Duke M., Tatum D., Sexton K. [et al.]. When Minutes Fly by: What is the True “Golden Hour” for Air Care? *The American Surgeon*. 2018. Vol. 84, N 6. Pp. 862–867.
27. González R.P., Cummings G.R., Phelan H.A. [et al.]. Does increased emergency medical services prehospital time affect patient mortality in rural motor vehicle crashes? A statewide analysis. *The American Journal of Surgery*. 2009. Vol. 197, N 1. Pp. 30–34. DOI: 10.1016/j.amjsurg.2007.11.018.
28. Hu W., Freudenberg V., Gong H., Huang B. The “Golden Hour” and field triage pattern for road trauma patients. *Journal of Safety Research*. 2020. Vol. 75. Pp. 57–66. DOI: 10.1016/j.jsr.2020.08.001.
29. Lerner E.B., Moscati R.M. The golden hour: scientific fact or medical “urban legend”? *Academic Emergency Medicine*. 2001. Vol. 8, N. 7. Pp. 758–760. DOI: 10.1111/j.1553-2712.2001.tb00201.x.
30. Okada K., Matsumoto H., Saito N. [et al.]. Revision of ‘golden hour’ for hemodynamically unstable trauma patients: an analysis of nationwide hospital-based registry in Japan. *Trauma Surgery & Acute Care Open*. 2020, Vol. 5, N 1. Art. e000405. DOI: 10.1136/tsaco-2019-000405.
31. Sy E., Amram O., Baer H.J. [et al.]. Transport Time and Mortality in Critically Ill Patients with Severe Traumatic Brain Injury. *Canadian Journal of Neurological Sciences*. 2021. Vol. 12. Pp. 1–9. DOI: 10.1017/cjn.2021.5.

Received 02.09.2021

For citing: Pisarenko L.V., Gumenyuk S.A., Fedotov S.A., Potapov V.I. Sovremennye problemy «zolotogo chasa» v rabote sluzhby ekstrennoi b skoroi meditsinskoi pomoshchi i veroyatnyi put' ikh resheniya. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 60–70. (In Russ.)

Pisarenko L.V., Gumenyuk S.A., Fedotov S.A., Potapov V.I. Modern problems of the “golden hour” in the work of emergency services and emergency medical care and the likely way to solve them. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 60–70. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-60-70

ВЛИЯНИЕ ГИПОКСИЧЕСКОЙ ТРЕНИРОВКИ В ИЗОЛИРУЮЩЕМ ПРОТИВОГАЗЕ НА ПОВЫШЕНИЕ РЕЗИСТЕНТНОСТИ ОРГАНИЗМА К ВЛИЯНИЮ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

¹Оренбургский государственный университет (Россия, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13);

²Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
(Россия, Санкт-Петербург, Литовская ул., д. 2);

³Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова
МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Актуальность. В настоящее время исследования, направленные на повышение резистентности системы внешнего дыхания к гипоксическим нагрузкам, актуальны как для клинической, реабилитационной медицины, так и для медико-психологического сопровождения специалистов, реализующих свою профессиональную деятельность в экстремальных условиях.

Цель – оценить эффективность долговременного влияния гипоксической тренировки в фильтрующем противогазе на изменение функций внешнего дыхания.

Методология. Проведены спирометрическая оценка изменений функций системы внешнего дыхания и анализ физических качеств в двух группах студентов, включавших по 50 человек каждая. 1-я группа во время занятий физической культурой для гипоксической тренировки использовала фильтрующий противогаз, а 2-я – выполняла аналогичные нагрузки без противогаза.

Результаты и их анализ. В группе студентов, использующих противогаз во время занятий физической культурой, результаты анализа показателей процента от должной жизненной емкости легких свидетельствуют о ее статистически значимом увеличении при оценке показателей в середине и конце учебного года. Также анализ времени бега на 100 м и количества поднимания тела из положения лежа при обследовании в середине и конце учебного года свидетельствует об улучшении физического развития студентов, использовавших противогаз во время занятий по физической подготовке.

Заключение. Использование фильтрующего противогаза в качестве гипоксикатора при выполнении упражнений на занятиях по физической подготовке в течение учебного года позволило существенно увеличить функциональные резервы организма, в частности, жизненную емкость легких и физические качества студентов.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, индивидуальные средства защиты, противогаз, гипоксия, физические упражнения, жизненная емкость легких, дыхательная система, здоровье, готовность.

Введение

Прошедшее десятилетие отмечено массовым внедрением гипокситерапии в реабилитационные мероприятия и даже в клиническую практику. Этим процессам предшествовал труд ряда исследователей, внесших существенный вклад в развитие гипокситерапии как клинического, так и реабилитационного направления [4, 5].

Известно, что адаптационный механизм к гипоксии заключается в активации эритропоэза, повышении содержания гемоглобина и изменении его кислородтранспортных свойств. Также успешность гипоксической адаптации зависит от функции внешнего дыхания, реализуемой за счет увеличения легочной вентиляции. При этом повышается

эффективность микроциркуляции крови в головном мозге, системе кровообращения и других органах и системах. В то же время, увеличивается резистентность организма к различным патогенным факторам и экстремальным нагрузкам, связанным с профессиональной деятельностью. Ряд исследователей в своих работах свидетельствуют, что лица с высокими функциональными показателями системы внешнего дыхания обладают большей работоспособностью и продуктивностью, а также более устойчивы к респираторным заболеваниям и влиянию токсических негативных факторов, содержащихся в атмосферном воздухе [1, 4, 7, 10, 14].

Тренировки, связанные с гипоксической нагрузкой, могут быть полезны не только для

✉ Заимбетов Вадим Юсупович – канд. пед. наук, доц. каф. физического воспитания, Оренбург. гос. ун-т (Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, д. 13), e-mail: ziambetov@mail.ru;

Пятибрат Александр Олегович – д-р мед. наук доц., проф. каф. мобилизационной подготовки здравоохранения и медицины катастроф, С.-Петерб. гос. педиатр. мед. ун-т (Россия, 194100, Литовская ул., д. 2); ст. науч. сотр., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: a5brat@yandex.ru

реабилитации и лечения патологических процессов, но и для лиц, выполняющих профессиональные обязанности в условиях гипоксии. К таким специалистам относятся люди, работающие в условиях высокогорья, и уже имеется положительный опыт специалистов Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова (Санкт-Петербург) в их подготовке с помощью гипоксикатора [4, 9]. К тому же профессиональная деятельность пожарных реализуется в экстремальных условиях и осложнена не только гемической гипоксией за счет токсических продуктов горения, но и респираторной гипоксией при использовании индивидуальных средств защиты органов дыхания изолирующего типа.

В кандидатской диссертации Герой России врач и космонавт О.В. Котов научно обосновал эффективность применения серийного гипоксикатора «ГИП 10–1000» для постполетной реабилитации и тренировки космонавтов. Принцип действия этого гипоксикатора заключается в селективной регуляции проницаемости газов, содержащихся в атмосферном воздухе, с помощью полимерных мембран [9].

Учитывая последние события и высокую частоту пневмонии, ассоциированной с вирусом SARS-CoV, особое внимание специалистов направлено на повышение эффективности и резистентности системы внешнего дыхания. В настоящее время ощущается острая необходимость в индивидуальных средствах защиты органов дыхания, побочным эффектом применения которых всегда является респираторная гипоксия [3].

В связи с этим исследования, направленные на повышение резистентности системы внешнего дыхания к гипоксическим нагрузкам, не теряют своей актуальности. Так как не все заинтересованные лица оснащены необходимым количеством серийных гипоксикаторов, а принцип действия некоторых гипоксикаторов имеет сходные механизмы действия с фильтрующим противогазом, его применение для гипоксической тренировки является простым и доступным методом, а оценка его эффективности особенно актуальна [6].

Цель – оценить эффективность долговременного влияния гипоксической тренировки в фильтрующем противогазе на изменение функций внешнего дыхания.

Материал и методы

Для исследования были отобраны две группы студентов университета по 50 человек в каждой. Достоверных различий в отноше-

Таблица 1

Антропометрические данные в группах сравнения, М ± SD

Показатель	Группа	
	1-я	2-я
Возраст, лет	20,0 ± 0,6	20,0 ± 0,6
Масса тела, кг	69,80 ± 5,17	71,14 ± 5,01
Рост, см	173,0 ± 6,9	175,4 ± 4,8
ИМТ, ед.	23,32 ± 0,95	23,11 ± 1,11
PMT, ед.	68,76 ± 5,47	70,72 ± 3,87

нии антропометрических данных среди групп не наблюдалось (табл. 1). Индекс массы тела (ИМТ) рассчитывали по формуле Кетле:

$$\text{ИМТ} = M/P^2,$$

где М – масса тела, кг;

Р – длина тела, м.

Показатели ИМТ представлены следующей градацией значений: дефицит массы тела – менее 20,7 кг/см²; идеальная масса тела – 20,7–26,4; незначительный избыток – 26,4–27,8; умеренный избыток – 27,9–31,1; значительный избыток, тучность – 31,2 кг/см² и более [13]. В соответствии с рекомендациями нутрициологов для определения отклонений трофологического статуса у обследуемых рассчитывали рекомендуемую массу тела (PMT) по формуле Лоренца:

$$\text{PMT (мужчины)} = P - [100 - 0,2(P - 152)],$$

где Р – рост, см.

Референтные значения массы тела определяются при фактической массе тела от 90 до 120% относительно рекомендуемой. Анализ антропометрических показателей, отклонений и различий среди студентов и между группами наблюдений не выявил (см. табл. 1).

В 1-й группе занятия по безопасности жизнедеятельности и физической подготовке проводили с систематическим применением упражнений в фильтрующем противогазе ГП-7, а во 2-й группе – проходили в соответствии с учебной (рабочей) программой, утвержденной ученым советом университета. На основании экспертной оценки, проведенной преподавателями, выполнение упражнений студентами 1-й группы не снижало уровня освоения образовательной программы. Упражнениям в противогазе отводили от 5 до 25 мин общего времени в зависимости от координационной сложности и интенсивности физической нагрузки в противогазе.

В качестве физической нагрузки в обеих обследуемых группах использовали бег, включавший челночный, эстафетный, с преодолением различных препятствий, по лестнице,

с переноской различных предметов и партнера. Также рекомендовали отжимания, прыжки, перекаты, силовые упражнения с массой собственного тела и инвентарем, упражнения на тренажерах.

Физические упражнения в противогазе представляют собой ациклические и циклические двигательные действия различного характера, выполняемые с использованием инвентаря и без него. Преимущество этих занятий по подготовке студентов к действиям в чрезвычайных ситуациях заключается в том, что они не требуют больших затрат на обеспечение и организацию, много пространства, и упражнения можно выполнять даже вне спортивных площадок, наличия особых способностей человека и физкультурно-спортивного таланта.

Единственная трудность, с которой могут столкнуться исследователи на начальном этапе по внедрению результатов данной работы в содержание своих занятий, это отсутствие у студентов психологической готовности к работе в противогазе. Важно соблюдать методику обучения, в которой главным является принцип последовательности и систематичности, от простого к сложному. Вначале – непродолжительное время в противогазе, а затем – чуть подольше; сначала – на месте, затем – в ходьбе, а потом – бегом на скорость; без предметов, с макетами, а после с разными весовыми нагрузками и в сложной обстановке.

На всем протяжении исследования большое внимание уделяли обеспечению безопасности, проводили четкую разъяснительную работу и инструктажи. Обращали внимание на систематическую гигиеническую обработку закрепленных за каждым студентом противогазов и их правильное хранение. Подборку, подгонку, обслуживание и хранение противогаза осуществляли в соответствии с «Положением об организации обеспечения населения средствами индивидуальной защиты», утвержденным приказом МЧС России от 01.10.2014 г. № 543.

Исследование проводили в соответствии с этическими нормами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации [12]. В исследовании использовали принцип добровольности, все студенты, принимающие участие в эксперименте, дали информированное согласие. В любой момент студент-доброволец из 1-й группы мог снять противогаз и продолжать выполнение упражнения без него либо вовсе уйти на отдых, а также в начале занятия сказать, что сегодня

он не будет использовать противогаз при плохом самочувствии.

Исследование осуществляли в течение учебного года, показатели жизненной емкости легких (ЖЕЛ) и частоты пульса измеряли в три этапа: I – в начале года (фоновые показатели); II – в середине года (промежуточные показатели); III – в конце года (конечные данные). Исследования проводили в состоянии покоя, перед началом занятий в 9.00 ч. Частоту сердечных сокращений (ЧСС) определяли пальпаторно в проекции лучевой артерии, в покое перед началом занятий.

ЖЕЛ регистрировали с помощью портативного спирометра «MirSpirobank II Basic» (Италия). Анализировали процент от должной емкости легких, которую рассчитывали по формуле:

$$\text{ДЖЕЛ} = 0,052P - 0,022B - 4,6,$$

где P – длина тела, см;

B – возраст, лет;

0,052, 0,022 и 4,6 – коэффициенты.

Нормальным считается уменьшение ЖЕЛ не более чем на 20 % от должной [2, 8, 11].

Для определения изменений функциональных возможностей системы внешнего дыхания организма рассчитывали жизненный индекс (ЖИ) по формуле:

$$\text{ЖИ} = \text{ЖЕЛ} / M,$$

где – ЖЕЛ, л;

M – масса тела, кг.

Оценка ЖИ позволяет определить какой объем ЖЕЛ приходится на каждый килограмм массы тела. Референтные значения ЖИ: у мужчин – не менее 65–70 мл/кг; у спортсменов – 75–80 мл/кг.

Оценку физической подготовленности студентов в динамике исследования анализировали по результатам бега на 100 м (с), 3000 м (мин) и количества подъема туловища в положении лежа на спине.

Статистическую обработку данных проводили с помощью стандартных программ для персональных ЭВМ (Excel, Statistica 10.0). Результаты проверили на нормальность распределения признаков. В тексте представлены средние арифметические величины и их стандартные отклонения ($M \pm \sigma$). Оценку значимости различий показателей анализировали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и их анализ

В связи с изменением объемных и скоростных показателей внешнего дыхания в зависи-

мости от возраста, антропометрических данных, положения диафрагмы, пола и других конституционных особенностей в клинической медицине принято определять процент от должных величин, которые рассчитываются по указанным формулам.

Для определения уровня адаптационных резервов организма принято рассчитывать ЖИ, который в норме для мужчин составляет более 60 мл/кг. Более низкие значения свидетельствуют о недостаточности обеспечения организма кислородом или об избыточной массе тела (табл. 2).

В фоновом периоде статистически значимых различий показателей ЖЕЛ, ЖИ и процента от ДЖЕЛ в группах не выявлено. В период занятий по физической подготовке отмечается увеличение показателей функции внешнего дыхания у студентов как в 1-й, так и во 2-й группе. Однако в 1-й группе студентов во II и III этапе исследования увеличение показателей функции внешнего дыхания по ЖЕЛ, ЖИ и ДЖЕЛ было статистически достоверно больше, чем во 2-й (см. табл. 2). Так, в конце учебного года ЖЕЛ у студентов в целом по 1-й группе была на 29% больше, чем во 2-й группе, ЖИ – на 31%, а отклонение от ДЖЕЛ – на 30% (см. табл. 2).

Изначально и по периодам исследований показатели ЧСС в группах не различались. При физической подготовке отмечалась высокая вариабельность ЧСС у студентов. Оказалось, что у студентов 1-й группы ЧСС во II и III периоде была реже, что на фоне улучшения физической подготовленности свидетельствует о лучшей адаптивности органов кровообращения (см. табл. 2).

По показателям физической подготовленности в группах в фоновом периоде статистически достоверных отличий не обнаружили. В течение года данные времени бега на 100 м, 3000 м и поднятия туловища из положения лежа улучшались как в 1-й, так и во 2-й группе. Показатели бега у студентов 1-й группы по сравнению со 2-й были достоверно статистически меньше на 100 м во II периоде ($p < 0,001$), на 3000 м – во II и III периоде ($p < 0,05$ и $p < 0,001$ соответственно). Количество поднятий туловища из положения лежа на спине во II и III периоде оказалось больше в 1-й группе, чем во 2-й. К окончанию исследования разница в показателях со студентами 2-й группы достигала 21% (см. табл. 2).

Стоит отметить, что на основании устных опросов студентов, принимавших участие в исследовании, определялся более высокий

Таблица 2

Показатели функциональных резервов организма и физической подготовленности студентов в группах в динамике исследования, $M \pm \sigma$

Показатель	Период	Группа		p <
		1-я	2-я	
Функциональные резервы организма				
ЖЕЛ, л	I	3,146 ± 0,371	3,234 ± 0,526	0,01 0,001
		3,842 ± 0,605	3,512 ± 0,543	
		4,696 ± 0,637	3,646 ± 0,470	
ДЖЕЛ,%	I	79,9 ± 9,4	79,2 ± 11,6	0,001 0,001
	II	97,2 ± 13,5	86,2 ± 13,0	
	III	119,0 ± 14,7	89,5 ± 11,5	
ЖИ, мл/кг	I	45,18 ± 5,21	45,43 ± 6,30	0,001 0,001
	II	55,07 ± 8,08	49,39 ± 6,94	
	III	67,37 ± 8,49	51,28 ± 5,84	
ЧСС, уд/мин	I	71,5 ± 7,2	71,5 ± 5,5	0,001
	II	70,2 ± 7,1	72,5 ± 5,7	
	III	68,6 ± 7,3	71,2 ± 6,6	
Физическая подготовленность				
Бег на 100 м, с	I	14,4 ± 0,7	14,7 ± 0,9	0,001
	II	14,0 ± 0,7	14,6 ± 0,9	
	III	13,8 ± 0,7	14,2 ± 1,7	
Бег на 3000 м, мин	I	14,64 ± 1,46	14,93 ± 1,29	0,05 0,001
	II	14,03 ± 1,47	14,67 ± 1,29	
	III	13,18 ± 1,38	14,48 ± 1,40	
Поднятие туловища, п	I	47,1 ± 8,6	44,5 ± 9,9	0,001 0,001
	II	52,8 ± 8,9	45,8 ± 9,8	
	III	58,1 ± 10,0	48,1 ± 10,5	

уровень как умственной, так и физической работоспособности. Студенты 1-й группы отмечали, что им стало легче усваивать материал по некоторым другим дисциплинам.

Заключение

Таким образом, при использовании фильтрующего противогаза для проведения гипоксической тренировки на занятиях по физической подготовке и безопасности жизнедеятельности получены результаты, сви-

детельствующие об увеличении показателей функций внешнего дыхания, улучшении физической подготовленности и, в целом, оптимизирующие адаптационные резервы организма.

Метод гипоксической тренировки целесообразно применять для повышения физической работоспособности студентов и увеличения резистентности организма к влиянию экстремальных условий профессиональной деятельности у лиц, работающих в высокорисковом, и специалистов МЧС России.

Литература

1. Абумуслимов С.С., Уцаева З.С., Мажидова А.А., Говдаханова Т.А. Показатели кардиореспираторной системы у студентов с разным режимом двигательной активности // Известия Чеченского гос. ун-та. 2019 г. № 4. С. 39–42.
2. Андреева Е.А., Похазникова М.А., Кузнецова О.Ю., Дегриз Я.М. Взгляд в будущее или реалии настоящего: референсные значения в спирометрии // Рос. семейный врач. 2012 Т. 16, Т 4. С. 29–34. DOI:10.17816/RFD2012429-34.
3. Батырев В.В., Грачев В.И. Современная система требований к самоспасателям – малогабаритным фильтрующим средствам защиты органов дыхания населения в чрезвычайных ситуациях // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 1. С. 56–65. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-56-65.
4. Ганапольский В.П., Матыцин В.О., Родичкин П.В. Интеграция интервальной гипоксической тренировки и фармакологической коррекции с целью повышения работоспособности альпинистов // Теория и практика физ. культуры. 2020. № 2. С. 38–42.
5. Горанчук В.В., Сапова Н.И., Иванов А.О. Гипокситерапия. СПб.: ЭЛБИ. СПб., 2003. 536 с.
6. Евдокимов В.И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: развитие патентования и структура изобретений в мире (2000–2019 гг.) // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2021. № 1. С. 66–81. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-66-81.
7. Загор В.В., Домарнацкая О.А. Организация проведения тренировочных занятий с газодымозащитниками на чистом воздухе // Чрезв. ситуации: образование и наука. 2015. Т. 10, № 1. С. 68–72.
8. Каменева М.Ю., Тишков А.В., Быхова А.В., Похазникова М.А., Трофимов В.И. Анализ согласованности некоторых референсных систем при интерпретации результатов спирометрии // Рос. семейный врач. 2012. Т. 16, № 2. С. 23–28. DOI: 10.17816/RFD2012223-28.
9. Котов О.В. Гипоксическая тренировка и электроимпульсная нейрорегуляция в системе медицинской реабилитации после воздействия факторов космического полета : автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2010. 21 с.
10. Матыцин В.О., Трубникова Е.М., Кинцель Т.А. [et al.]. Гипоксические тренировки альпинистов и их физиологическое сопровождение: разработка методического подхода // Известия Рос. воен.-мед. акад. 2020. Т. 39, № S3-5. С. 82–85.
11. Стручков П.В., Лукина О.Ф., Дроздов Д.В. О стандартах выполнения и ошибках спирометрического исследования // Мед. алфавит. 2017. № 1 (14). С. 51–55.
12. Хельсинкская декларация Всемирной медицинской ассоциации об этических принципах медицинских исследований с участием человека в качестве субъекта // Рос. психиатрич. журн. 2019. № 5. С. 87–91.
13. Черноземов В.Г., Афанасенкова Н.В., Варенцова И.А. Методы физиологического исследования человека : учеб.-метод. пособие. Архангельск, 2017. 160 с.
14. Hart P.D. Multivariate analysis of vertical jump predicting health-related physical fitness performance // American Journal of Sports Science and Medicine. 2018. Vol. 6, N 4. P. 99–105. DOI: 10.12691/ajssm-6-4-1.

Поступила 15.07.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Участие авторов: В.Ю. Зиамбетов – разработка концепции исследования, сбор первичного материала, перевод реферата, написание первого варианта статьи; А.О. Пятибрат – статистический анализ результатов исследования, редактирование и транслитерация списка литературы, написание окончательного варианта статьи.

Для цитирования. Зиамбетов В.Ю., Пятибрат А.О. Влияние гипоксической тренировки в изолирующем противогазе на повышение резистентности организма к влиянию экстремальных условий профессиональной деятельности // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 71–77. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-71-77

The effect of hypoxic training in an insulating gas mask on increasing the body's resistance to the influence of extreme conditions of professional activity

Ziambetov V.Yu.¹, Pyatibrat A.O.^{2,3}

¹ Orenburg State University (13, Prospect Victori, Orenburg, 460018, Russia);

² State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia);

³ Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Vadim Yusupovich Ziambetov – PhD Ped. Sci., Associate Prof. of the Department of Physical Education, Orenburg State University (13, Prospect Victori, Orenburg, 460018, Russia), e-mail: ziambetov@mail.ru;

Alexander Olegovich Pyatibrat – Dr. Med. Sci Associate Prof., Prof. of the department of mobilization training of health care and disaster medicine, St. Petersburg State Pediatric medical university (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia); Senior Researcher, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: a5brat@yandex.ru

Abstract

Relevance. Currently, studies aimed at increasing the resistance of the respiratory system to hypoxic loads are relevant both for clinical, rehabilitation medicine, and for medical and psychological support of specialists who carry out their professional activities in extreme conditions.

Intention – To evaluate the long-term effects of hypoxic training in a filter gas mask on the functions of external respiration.

Methodology. A spirometric assessment of changes in the functions of the external respiration system and an analysis of physical performance were carried out in two groups of students, including 50 people each. The first group used filter gas masks during physical exercises for hypoxic training, and the second group performed similar loads without gas masks.

Results and Discussion. In a group of students using gas masks during physical exercises, vital capacity of the lungs statistically significant increased in the middle and end of the academic year. Besides, 100 meter race time and numbers of repetitions when lifting the body from the prone position during examinations in the middle and end of the academic year indicate better fitness of students who used gas masks during physical exercises.

Conclusion. The use of a filtering gas mask as a hypoxicator when performing exercises during the academic year significantly increased functional reserves of the body, in particular vital capacity of the lungs and the physical fitness.

Keywords: emergency, personal protective equipment, gas mask, hypoxia, physical exercises, vital capacity of the lungs, respiratory system, health, readiness.

References

1. Abumuslimov S.S., Utsayeva Z.S., Majidova A.A. [et al.]. Pokazateli kardiorespiratornoi sistemy u studentov s raznym rezhimom dvigatel'noi aktivnosti [Cardiorespiratory system indicators in students with different motor activity regime]. *Izvestiya Chechenskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Chechen State University]. 2019. N 4. Pp. 39–42. (In Russ.)
2. Andreeva E.A., Pokhaznikova M.A., Kuznetsova O.Yu., Degryse J.-M. Vzgl'yad v budushchee ili realii nastoyashchego: referentsnye znacheniya v spirometrii [Looking ahead or reality: reference values in spirometry]. *Rossiiskii semeinyi vrach* [Russian family doctor]. 2012 Vol. 16, N 4. Pp. 29–34. DOI: 10.17816/RFD2012429-34. (In Russ.)
3. Batyrev V.V., Grachev V.I. Sovremennaya sistema trebovaniy k samospasatelyam – malogabaritnym fil'truyushchim sredstvam zashchity organov dykhaniya naseleniya v chrezvychaynykh situatsiyakh [Current requirements for self-rescuers – small filtering respiratory protection devices for the population in emergency situations]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2021. N 1. Pp. 56–65. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-56-65. (In Russ.)
4. Ganapolsky V.P., Matytsin V.O., Rodichkin P.V. Integratsiya interval'noi gipoksicheskoi trenirovki i farmakologicheskoi korrektsii s tsel'yu povysheniya rabotosposobnosti al'pinistov [Integrated use of hypoxic training and pharmacological correction to improve performance of mountaineers]. *Teoriya i praktika fizicheskoi kul'tury* [Theory and Practice of Physical Culture]. 2020. N 2. Pp. 38–42. (In Russ.)
5. Goranchuk V.V., Sapova N.I., Ivanov A.O. Gipoksiterapiya [Hypoxic therapy]. Sankt-Peterburg. 2003. 536 p. (In Russ.)
6. Evdokimov V.I. Sredstva individual'noi zashchity organov dykhaniya: razvitie patentovaniya i struktura izobretenii v mire (2000–2019 gg.) [Personal respiratory protective equipment: development of patenting and structure of inventions in the world (2000–2019)]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2021. N 1. Pp. 66–81. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-66-81. (In Russ.)
7. Zagor V.V., Domarnatskaya O.A. Organizatsiya provedeniya trenirovochnykh zanyatii s gazodymozashchitnikami na chistom vozdukh [Organization of training sessions with individual respiratory protection in the open air]. *Chrezvychaynye situatsii: obrazovanie i nauka* [Emergencies: Education and Science]. 2015. Vol. 10, N 1. Pp. 68–72. (In Russ.)
8. Kameneva M., Tishkov A.V., Byhova A.V. [et al.]. Analiz soglasovannosti nekotorykh referentsnykh sistem pri interpretatsii rezul'tatov spirometrii [Consistency analysis of some reference systems in the interpretation of spirometry]. *Rossiiskii semeinyi vrach* [Russian Family Doctor]. 2012. Vol. 16, N 2. Pp. 23–28. DOI: 10.17816/RFD2012223-28. (In Russ.)
9. Kotov O.V. Gipoksicheskaya trenirovka i elektroimpul'snaya neiroregulyatsiya v sisteme meditsinskoi reabilitatsii posle vozdeystviya faktorov kosmicheskogo poleta [Hypoxic training and electrical impulse neuroregulation in the system of medical rehabilitation after exposure to space flight factors] : Abstract dissertation PhD Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2010. 21 p. (In Russ.)

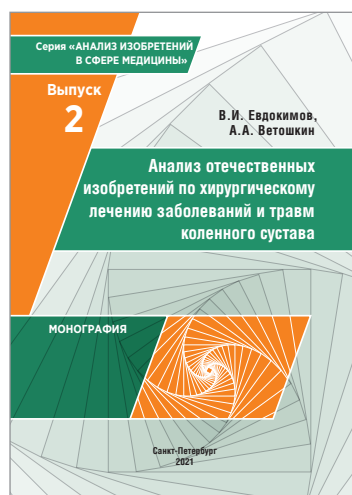
10. Matytsin V.O., Trubnikova E.M., Kintsel' T.A. [et al.]. Gipoksicheskie trenirovki al'pinistov i ikh fiziologicheskoe soprovozhdenie: razrabotka metodicheskogo podkhoda [Hypoxic training of alpinists and their physiological support: development of a methodological approach]. *Izvestiya Rossiiskoi voenno-meditsinskoi akademii* [Izvestia of the Russian Military Medical Academy]. 2020. Vol. 39, N S3-5. Pp. 82–85. (In Russ.)
11. Struchkov P.V., Lukina O.F., Drozdov D.V. O standartakh vypolneniya i oshibkakh spirometricheskogo issledovaniya [About standards of spirometry and defects of spirometric study]. *Meditsinskii alfavit* [Medical alphabet]. 2017. N 1. Pp. 51–55. (In Russ.)
12. Khel'sinskaya deklaratsiya Vsemirnoi meditsinskoi assotsiatsii ob eticheskikh printsipakh meditsinskikh issledovaniy s uchastiem cheloveka v kachestve sub'yekta [WMA Declaration of Helsinki – Ethical Principles of Medical Research Involving Human Subjects]. *Rossiiskii psikhiatricheskii zhurnal* [Russian journal of psychiatry]. 2019. N 5. Pp. 87–91. (In Russ.)
13. Chernozemov V.G., Afanasenkova N.V., Varentsova I.A. Metody fiziologicheskogo issledovaniya cheloveka [Methods of human physiological research]. Arkhangel'sk. 2017. 160 p. (In Russ.)
14. Hart P.D. Multivariate analysis of vertical jump predicting health-related physical fitness performance. *American Journal of Sports Science and Medicine*. 2018. Vol. 6, N 4. Pp. 99–105. DOI: 10.12691/ajssm-6-4-1.

Received 15.07.2021

For citing: Ziambetov V.Yu., Pyatibrat A.O. Vliyaniye gipoksicheskoi trenirovki v izoliruyushchem protivogaze na povysheniye rezistentnosti organizma k vliyaniyu ekstremal'nykh uslovii professional'noi deyatel'nosti. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 71–77. (In Russ.)

Ziambetov V.Yu., Pyatibrat A.O. The effect of hypoxic training in an insulating gas mask on increasing the body's resistance to the influence of extreme conditions of professional activity. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 71–77. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-71-77

Вышла в свет монография



Евдокимов В.И., Ветошкин А.А. Анализ отечественных изобретений по хирургическому лечению заболеваний и травм коленного сустава : монография / Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : Политехника-принт, 2021. 270 с. (Серия «Анализ изобретений в сфере медицины» ; вып. 2).

ISBN 978-5-00182-006-2. Рис. 35, табл. 10. Библиогр. 45 назв. Тираж 500 экз.

Представлены общие сведения о патентах на изобретения, динамика патентования изобретений в России, вклад российских изобретателей в мировой массив Всемирной организации интеллектуальной собственности (World Intellectual Property Organization, WIPO) и Федеральной службы по интеллектуальной собственности России (Роспатент).

Проанализирован алгоритм поиска изобретений по ключевым словам и рубрикам Международной патентной классификации (International Patent Classification) в базах данных Федерального института промышленной собственности Роспатента. Показаны структура основных заболеваний и травм коленного сустава у населения и уровень травматизма с вывихами, растяжениями и перенапряжениями капсульно-связочного аппарата коленного сустава (S83 по МКБ-10) у военнослужащих Вооруженных сил России.

Проанализирован массив отечественных изобретений по лечению заболеваний и травм коленного сустава. Остеосинтезу коленного сустава посвящены 12,7 % изобретений, лечению патологии капсульно-связочного аппарата – 20,5 %, лечению патологии менисков и хрящевого покрова – 3,1 %, эндопротезированию – 12,4 %, оценке вероятности события, диагностике и профилактике – 14,3 %, терапии других заболеваний коленного сустава – 37 %.

Тематический указатель содержит 650 отечественных изобретений по лечению заболеваний и травм коленного сустава, опубликованных с 01.01.1994 г. по 31.12.2020 г. Приложение: алфавитный указатель авторов, нумерационный указатель патентов.

ГЛИОФИБРИЛЛЯРНЫЙ КИСЛЫЙ ПРОТЕИН (GFAP) В СЫВОРОТКЕ КРОВИ У ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМАТИЧЕСКИМ ПОРАЖЕНИЕМ ГОЛОВНОГО МОЗГА

¹ Национальный исследовательский медицинский центр онкологии им. Н.Н. Блохина
(Россия, Москва, Каширское шоссе, д. 24);

² Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Актуальность. Травмы головы в России – самая значительная причина смертности при чрезвычайных ситуациях, дорожно-транспортных происшествиях и инвалидности пострадавших. Нейроспецифические белки, такие как глиофибриллярный кислый белок (GFAP), являются маркерами поражения нервной ткани и нарушения гематоэнцефалического барьера. Анализ GFAP в сыворотке крови у пациентов может стать потенциальным неинвазивным методом оценки степени тяжести и прогноза черепно-мозговой травмы.

Цель – анализ уровней GFAP в сыворотке крови у больных с травматическим поражением центральной нервной системы в различной степени тяжести и ее исхода.

Методология. Уровни GFAP определяли иммуноферментным методом реактивами «Human GFAP ELISA» («BioVendor», США) в сыворотке крови у 47 пациентов с травматическим поражением головного мозга до начала лечения и у 42 практически здоровых доноров.

Результаты и их анализ. Частота выявления GFAP в общей группе больных с черепно-мозговой травмой составила 38,3% (18 из 47 пациентов), тогда как в контрольной группе маркер практически не выявлялся. Получены статистически значимые различия в уровнях GFAP в сыворотке крови в зависимости от степени тяжести и исхода черепно-мозговой травмы. Базальная средняя концентрация маркера в сыворотке крови при неблагоприятном исходе черепно-мозговой травмы в 10 раз выше, чем у пациентов с благоприятным исходом.

Заключение. GFAP является потенциальным маркером для оценки степени тяжести и прогноза у больных с черепно-мозговой травмой.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, дорожно-транспортный травматизм, травма головного мозга, глиофибриллярный кислый протеин, сыворотка крови.

Введение

В последние годы в мире наблюдается увеличение числа стихийных бедствий, техногенных катастроф, дорожно-транспортных происшествий и военных конфликтов, сопровождающихся травмами, в том числе головного мозга. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно от травм головы погибают до 1,5 млн человек, а около 2,4 млн становятся инвалидами. Высокий уровень травматизма, в том числе травм головы, отмечается в России. По данным Росстата, в 2018 г. было зарегистрировано 1621 тыс. травм головы от внешних причин, включая

дорожно-транспортные происшествия, или 1104 на 100 тыс. человек населения. Травмы головы в России – самая значительная причина смертности при чрезвычайных ситуациях и дорожно-транспортных происшествиях и инвалидности пострадавших.

Инструментальные методы занимают ведущее место в диагностике поражений центральной нервной системы (ЦНС), позволяя детально визуализировать нарушения на уровне макроструктуры. При этом биохимические исследования позволяют оценить процессы, протекающие в нервной ткани во время патологических состояний, что явля-

Любимова Нина Васильевна – д-р биол. наук проф., вед. науч. сотр., Нац. исслед. мед. центр онкологии им. Н.Н. Блохина (Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, д. 24), e-mail: biochimia@yandex.ru;

Тимофеев Юрий Сергеевич – канд. мед. наук, врач клин. лаб. диагностики, Нац. исслед. мед. центр онкологии им. Н.Н. Блохина (Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, д. 24), e-mail: Timofeev_lab@mail.ru;

Бекашев Али Хасьянович – д-р мед. наук, зав. отд-ем нейрохирургии, Нац. исслед. мед. центр онкологии им. Н.Н. Блохина (Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, д. 24), e-mail: abekyashev@gmail.com;

✉ Зыбина Наталья Николаевна – д-р биол. наук проф., зав. отд. лаб. диагностики, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: zybinan@inbox.ru;

Стилиди Иван Сократович – д-р мед. наук проф., акад. РАН, директор, Нац. исслед. мед. центр онкологии им. Н.Н. Блохина (Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, д. 24), e-mail: ronc@list.ru;

Кушлинский Николай Евгеньевич – д-р мед. наук проф., акад. РАН, зав. лаб. клинич. биохимии, Нац. исслед. мед. центр онкологии им. Н.Н. Блохина (Россия, 115478, Москва, Каширское шоссе, д. 24), e-mail: biochimia@yandex.ru

ется важной задачей в области неврологии и клинической лабораторной диагностики. Исследование концентраций нейроспецифических белков в циркулирующей крови является одним из неинвазивных методов оценки выраженности патологических изменений в ЦНС [8, 16].

Одним из таких нейроспецифических белков является глиофибрилярный кислый протеин (Glyo-Fibrillary Acid Protein, GFAP) – белок с молекулярной массой 40–60 килодальтон, в состав которого входит большое количество кислых аминокислотных остатков. Белок локализован главным образом в астроглии и некоторых типах периферической глии, отделенных гематоэнцефалическим барьером, в связи с чем у здорового человека он практически не попадает в кровоток. Выявление в крови GFAP может свидетельствовать о патологии нервной системы, которая связана с поражением клеток астроглии и характеризуется нарушением функции гематоэнцефалического барьера [5, 16].

В настоящее время накоплен достаточно обширный клинический материал по возможности использования GFAP в диагностике и оценке степени тяжести злокачественных опухолей головного мозга. Так, при глиобластоме, для которой характерен некроз нервной ткани, в большинстве случаев наблюдали повышение уровней GFAP (85,7%) в сыворотке крови, тогда как при астроцитоме частота повышения маркера была ниже (25,6%), а при доброкачественных опухолях секрета GFAP практически не выявлялась [1, 3, 7, 9, 19]. Помимо онкологической патологии ЦНС, высокие сывороточные уровни GFAP обнаружены при критических состояниях, обусловленных церебральным инфарктом, энцефалитом, острой алкогольной энцефалопатией, нарушением мозгового кровообращения и открытой черепно-мозговой травмой (ЧМТ) [6, 13, 18].

За последние годы ряд авторов предпринимали попытки исследования диагностической значимости GFAP при травматическом поражении головного мозга [11, 14, 15, 21]. Однако опубликованные результаты носят противоречивый характер. Так, S.C. Seidenfaden и соавт. представили данные, согласно которым GFAP выявлялся только у небольшой части пациентов с поражением головного мозга, что не позволяет в полной мере оценить его диагностическую эффективность [17]. Другие авторы, напротив, отмечали значимую связь между уровнями GFAP и травмами головы

[11, 15, 20]. По данным J.J. Bazarian и соавт., установлена высокая диагностическая чувствительность GFAP на репрезентативной выборке больных с ЧМТ, что может быть связано с наличием внутримозгового повреждения ткани головного мозга [4]. В представленных публикациях остается малоизученным прогностическое значение концентрации GFAP в сыворотке крови как предиктора исхода черепно-мозговых травм (ЧМТ).

Цель – анализ уровней GFAP в сыворотке крови у больных с травматическим поражением ЦНС в различной степени тяжести и его исходом.

Материал и методы

Обследовали 47 пациентов в возрасте от 18 до 62 лет с травматическим поражением головного мозга, из них 27 – с открытой, 20 – с закрытой ЧМТ (S06 по МКБ-10). Среди пациентов преобладали мужчины – 29 (62%). Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

По данным компьютерной томографии и клинического обследования, у 31 (66%) больного установлены легкая и средняя степень тяжести поражения, у 16 (34%) пациентов – тяжелая ЧМТ. После проведенного лечения 36 (77%) пациентов были выписаны в удовлетворительном состоянии, 8 (17%) больных в результате полученных травм умерли в различные сроки наблюдения.

У пациентов с ЧМТ пробы крови были взяты в 1-е сутки после поступления в стационар, у 19 (40%) больных – повторно перед выпиской. Из исследования были исключены пациенты с онкологической и тяжелой соматической патологией. В качестве контрольной группы обследовали 42 практически здоровых донора в возрасте от 18 до 65 лет без травм головного мозга в анамнезе.

Анализ уровня GFAP в сыворотке крови у пациентов с травматическим поражением головного мозга и практически здоровых доноров осуществили с использованием иммуноферментного метода в плащечном формате на основе высокоспецифичных моноклональных антител к соответствующему белку при использовании тест-системы «Human GFAP ELISA» компании «BioVendor» (США).

Статистическую обработку результатов проводили в программе Statistica (StatSoft, США) с использованием параметрических и непараметрических методов. В тексте представлены средние арифметические показатели, их среднеквадратическое отклоне-

ние ($M \pm SD$). Анализ распределения частот проводили методом построения 2×2 таблиц с использованием критерия χ^2 . Количественные различия оценивали с использованием U-теста Манна–Уитни. Различия считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты и их анализ

Согласно полученным нами данным, у части пациентов с ЧМТ уровни GFAP в сыворотке крови были низкими и не выявлялись с использованием выше указанного метода, поэтому первоначально анализировали частоту выявления данного маркера у больных и здоровых доноров. Обнаружено, что в группе контроля показатели GFAP были ниже аналитической чувствительности тест-системы и не выявлялись в периферическом кровотоке, что обусловлено сохранением функции гематоэнцефалического барьера. В то же время, процент выявления GFAP в общей группе больных с ЧМТ составил 38,3 (18 из 47).

При этом у пациентов с закрытой ЧМТ процент выявления GFAP в сыворотке крови составил 25, тогда как при открытой ЧМТ частота выявления маркера была больше – 48,2. Однако различия не достигали статистической значимости ($p > 0,05$).

В то же время, частота выявления GFAP у пациентов с тяжелым травматическим поражением головного мозга была в 3 раза выше (68,7%), чем у пациентов с легкой и средней степенью тяжести ЧМТ (22,5%). При этом различия в распределении частот были статистически значимы ($p = 0,001$).

Провели анализ связи частоты выявления GFAP в сыворотке крови у пациентов на этапе поступления в стационар с учетом исхода полученной травмы. Так, исходная частота обнаружения GFAP в сыворотке крови при поступлении в стационар в группе умерших от ЧМТ больных составила 75% и статистиче-

ски значимо ($p = 0,02$) превышала исходную частоту выявления маркера в группе пациентов, которые выздоровели и были выписаны в удовлетворительном состоянии (30,6%).

У 19 (40%) пациентов уровень GFAP в сыворотке крови исследовали после проведенного лечения, при этом у всех пациентов значения маркера снижались и не достигали аналитической чувствительности метода. Уменьшение концентрации белка в сыворотке крови, вплоть до его нормализации на фоне лечения, отражало клиническую стабилизацию состояния пациента.

Проведенный анализ сывороточных показателей GFAP выявил, что в группе пациентов с ЧМТ концентрация маркера колебалась в интервале от 0 до 30 мкг/л и в среднем составила 2,58 мкг/л, в то время как в контрольной группе уровни маркера были ниже аналитической чувствительности тест-системы (таблица).

Из данных таблицы следует, что у пациентов с закрытой ЧМТ среднее значение концентрации GFAP в сыворотке крови составило ($2,41 \pm 1,48$) мкг/л и колебалось в интервале от 0 до 23,7 мкг/л. При открытой ЧМТ среднее и максимальные значения GFAP были несколько выше – ($2,71 \pm 1,42$) мкг/л, при максимуме – 30 мкг/л. При этом статистически значимых различий в уровнях GFAP в зависимости от типа полученной травмы не выявлено ($p > 0,05$).

В то же время, обнаружены статистически значимые различия в уровнях GFAP в зависимости от степени тяжести ЧМТ и ее исхода. Так, при тяжелой ЧМТ среднее значение GFAP составило ($4,49 \pm 2,23$) мкг/л, что было в среднем в 2,8 раза больше ($p = 0,004$), чем показатель этого маркера в сыворотке крови у пациентов с легкой и средней степенью тяжести ЧМТ ($1,60 \pm 1,02$) мкг/л. Максимальное значение маркера, равное 30 мкг/л, отмечено у пациентов с тяжелой ЧМТ, в то время как у пациентов с легкой и средней степенью

Концентрации GFAP в сыворотке крови у пациентов с ЧМТ и в контрольной группе

Группа пациентов	Число наблюдений	Процент выявления GFAP	Концентрация GFAP ($M \pm SE$), мкг/л	Интервал минимум–максимум, мкг/л
Общая группа с ЧМТ, в том числе:	47	38,3	$2,58 \pm 1,02$	0,0–30,0
закрытая	20	25,0	$2,41 \pm 1,48$	0,0–23,7
открытая	27	48,2	$2,71 \pm 1,42$	0,0–30,0
легкой и средней степени тяжести	31	22,6	$1,60 \pm 1,02$	0,0–25,8
тяжелая	16	68,8	$4,49 \pm 2,23$	0,0–30,0
Исход:				
благоприятный	36	30,6	$0,93 \pm 0,54$	0,0–19,3
умерли	8	75,0	$10,94 \pm 4,62$	0,0–30,0
Контроль	42	0,0	0,0	0,0

тяжести максимальный уровень GFAP в сыворотке крови составил 25,8 мкг/л.

Средний уровень GFAP в сыворотке крови у пациентов, умерших от полученной ЧМТ, составил $(10,94 \pm 4,62)$ мкг/л, при этом значения маркера достигали максимально выявленного нами уровня, равного 30 мкг/л. У выживших пациентов среднее значение GFAP было существенно ниже и составило $(0,93 \pm 0,54)$ мкг/л (колебания от 0 до 19,3 мкг/л). Различия носили статистически значимый характер ($p = 0,006$). Таким образом, исходная средняя концентрация GFAP в группе пациентов с неблагоприятным исходом ЧМТ была более чем в 10 раз выше, чем базальные уровни в группе больных, которые выздоровели и были выпущены в удовлетворительном состоянии.

Обсуждение. Полученные нами результаты, в целом, согласуются с данными других авторов, которые показали, что GFAP является более специфичным биохимическим маркером при травматическом поражении тканей головного мозга, чем S100B, так как последний содержится не только в ткани головного мозга, но и в других тканях, попадающих под травматическое воздействие, в отличие от глиофибрилярного белка, специфичного для нейроглии [16]. В работе S.C. Seidenfaden и соавт., выполненной на большой популяции пациентов, сообщили о низкой частоте выявления GFAP (6,2%), что могло быть связано с преобладанием у пациентов легкой степени тяжести ЧМТ, при этом связь с клиническим течением заболевания не прослежена авторами [17]. В исследовании Н.А. Ковтун и соавт. оценка GFAP могла служить биомаркером клеточного повреждения головного мозга при легких ЧМТ, однако, не было выявлено его значимости в прогнозе и оценке тяжести травмы [2]. Другие исследователи указывают на возможность комплексного использования GFAP с UCH-L1 (убиквитин С-терминальная гидролаза-1) или S100B в качестве высокочувствительного

лабораторного показателя для диагностики и оценки степени тяжести травматического поражения головного мозга [4, 10, 14, 15].

Значение GFAP в качестве предиктора неблагоприятного исхода при ЧМТ указано в исследованиях, проведенных за последние годы [20, 21], авторы которых также отметили повышение уровней GFAP, более характерного при очаговом поражении головного мозга, чем при диффузных процессах. Таким образом, повышение уровней GFAP в сыворотке крови характерно для поражений головного мозга, при которых имеются очаги с повреждением глии и высвобождением маркера в общий кровоток. Данный процесс может наблюдаться либо при травматическом повреждении ткани мозга, где разрушение глиальных структур ассоциировано с механическим воздействием, либо при злокачественных опухолях с наличием участков некроза (глиобластома) [1, 3, 9, 12]. Следует отметить, что основное значение биохимических маркеров при urgentных травматических состояниях головного мозга состоит не столько в диагностике самой патологии, которая в большинстве наблюдений не вызывает затруднений, сколько в оценке степени тяжести и прогноза исхода поражения тканей головного мозга.

Заключение

На основании проведенного исследования, следует считать GFAP потенциальным биохимическим маркером в оценке степени тяжести черепно-мозговой травмы и прогнозировании ее исхода. Необходимы дальнейшие исследования роли GFAP в комплексе с другими нейроспецифическими белками на большей выборке пациентов с поражением ЦНС, а также внедрение современных автоматизированных технологий по определению концентрации маркера в сыворотке крови, что сделает доступным проведение анализов в широкой клинической практике.

Литература

1. Любимова Н.В., Тимофеев Ю.С., Кушлинский Н.Е. Неспецифические белки в сыворотке крови у больных с опухолями головного мозга и неврологическими заболеваниями неопухолевой этиологии // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2016. № 3. С. 90–95. DOI: 10.25016/2541-7487-2016-0-3-90-95.
2. Ковтун Н.А., Савельева М.И., Трофименко А.В. [и др.]. Диагностическое и прогностическое значение определения белков – маркеров повреждения мозга при легких черепно-мозговых травмах // Лабораторная служба. 2021. № 2. С. 28–33. DOI: 10.17116/labs2021 1002128.
3. Baumgarten P., Quick-Weller J., Gessler F. [et al.]. Pre- and early postoperative GFAP serum levels in glioma and brain metastases // J. Neurooncol. 2018. Vol. 139, N 3. P. 541–546. DOI: 10.1007/s11060-018-2898-1.
4. Bazarian J.J., Biberthaler P., Welch R.D. [et al.]. Serum GFAP and UCH-L1 for prediction of absence of intracranial injuries on head CT (ALERT-TBI): a multicentre observational study // Lancet Neurol. 2018. Vol. 17, N 9. P. 782–789. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30231-X.

5. Brommeland T., Rosengren L., Fridlund S. [et al.]. Serum levels of glial fibrillary acidic protein correlate to tumour volume of high-grade gliomas // *Acta Neurol. Scand.* 2007. Vol. 116, N 6. P. 380–384. DOI: 10.1111/j.1600-0404.2007.00889.x.
6. Foerch C., Niessner M., Back T. [et al.]. Diagnostic accuracy of plasma glial fibrillary acidic protein for differentiating intracerebral hemorrhage and cerebral ischemia in patients with symptoms of acute stroke // *Clin. Chem.* 2012. Vol. 58, N 1. P. 237–245. DOI: 10.1373/clinchem.2011.172676.
7. Gállego Pérez-Larraya J., Paris S., Idbaih A. [et al.]. Diagnostic and prognostic value of preoperative combined GFAP, IGFBP-2, and YKL-40 plasma levels in patients with glioblastoma // *Cancer*. 2014. Vol. 120, N 24. P. 3972–3980. DOI: 10.1002/cncr.28949.
8. Hiskens M.I., Schneiders A.G., Angoa-Pérez M. [et al.]. Blood biomarkers for assessment of mild traumatic brain injury and chronic traumatic encephalopathy // *Biomarkers*. 2020. Vol. 25, N 3. P. 213–227. DOI: 10.1080/1354750X.2020.1735521.
9. Kiviniemi A., Gardberg M., Frantzén J. [et al.]. Serum levels of GFAP and EGFR in primary and recurrent high-grade gliomas: correlation to tumor volume, molecular markers, and progression-free survival // *J. Neurooncol.* 2015. Vol. 124, N 2. P. 237–245. DOI: 10.1007/s11060-015-1829-7.
10. Lewis L.M., Papa L., Bazarian J.J. [et al.]. Biomarkers may predict unfavorable neurological outcome after mild traumatic brain injury // *J. Neurotrauma*. 2020. Vol. 37, N 24. P. 2624–2631. DOI: 10.1089/neu.2020.7071.
11. Lumpkins K.M., Bochicchio G.V., Keledjian K. [et al.]. Glial fibrillary acidic protein is highly correlated with brain injury // *J. Trauma*. 2008. Vol. 65, N 4. P. 778–782. Discussion 782–784. DOI: 10.1097/TA.0b013e318185db2d.
12. Lyubimova N.V., Timofeev Y.S., Mitrofanov A.A. [et al.]. Glial Fibrillary Acidic Protein in the Diagnosis and Prognosis of Malignant Glial Tumors // *Bull. Exp. Biol. Med.* 2020. Vol. 168, N 4. P. 503–506. DOI: 10.1007/s10517-020-04741-9.
13. Mayer C.A., Brunkhorst R., Niessner M. [et al.]. Blood levels of glial fibrillary acidic protein (GFAP) in patients with neurological diseases // *PLoS One*. 2013. Vol. 8, N 4. P. e62101. DOI: 10.1371/journal.pone.0062101.
14. Papa L., Brophy G.M., Welch R.D. [et al.]. Time course and diagnostic accuracy of glial and neuronal blood biomarkers GFAP and UCH-L1 in a large cohort of trauma patients with and without mild traumatic brain injury // *JAMA Neurol.* 2016. Vol. 73, N 5. P. 551–560. DOI: 10.1001/jamaneurol.2016.0039.
15. Pelinka L.E., Kroepfl A., Leixnering M., Buchinger W. [et al.]. GFAP versus S100B in serum after traumatic brain injury: relationship to brain damage and outcome // *J. Neurotrauma*. 2004. Vol. 21, N 11. P. 1553–1561. DOI: 10.1089/neu.2004.21.1553.
16. Petzold A. Glial fibrillary acidic protein is a body fluid biomarker for glial pathology in human disease // *Brain Res.* 2015. Vol. 1600. P. 17–31. DOI: 10.1016/j.brainres.2014.12.027.
17. Seidenfaden S.C., Kjerulff J.L., Juul N. [et al.]. Diagnostic accuracy of prehospital serum S100B and GFAP in patients with mild traumatic brain injury: a prospective observational multicenter cohort study – “the PreTBI I study” // *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2021. Vol. 29, N 1. P. 75. DOI: 10.1186/s13049-021-00891-5.
18. Takala R.S., Posti J.P., Runtti H. [et al.]. Glial Fibrillary acidic protein and ubiquitin C-terminal hydrolase-L1 as outcome predictors in traumatic brain injury // *World Neurosurg.* 2016. Vol. 87. P. 8–20. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.10.066.
19. Tichy J., Spechtmeier S., Mittelbronn M. [et al.]. Prospective evaluation of serum glial fibrillary acidic protein (GFAP) as a diagnostic marker for glioblastoma // *J. Neurooncol.* 2016. Vol. 126, N 2. P. 361–369. DOI: 10.1007/s11060-015-1978-8.
20. Vos P.E., Jacobs B., Andriessen T.M. [et al.]. GFAP and S100B are biomarkers of traumatic brain injury: an observational cohort study // *Neurology*. 2010. Vol. 75, N 20. P. 1786–1793. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181fd62d2.
21. Welch R.D., Ayaz S.I., Lewis L.M. [et al.]. Ability of Serum Glial Fibrillary Acidic Protein, Ubiquitin C-Terminal Hydrolase-L1, and S100B To Differentiate Normal and Abnormal Head Computed Tomography Findings in Patients with Suspected Mild or Moderate Traumatic Brain Injury // *J. Neurotrauma*. 2016. Vol. 33, N 2. P. 203–214. DOI: 10.1089/neu.2015.4149.

Поступила 30.11.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Участие авторов: Н.В. Любимова – разработка дизайна исследования, написание первого варианта статьи; Ю.С. Тимофеев – проведение иммуноферментного и статистического анализа, обзор литературы; А.Х. Бекашев – сбор данных, характеристика клинического материала; Н.Н. Зыбина – проведение иммуноферментного анализа; И.С. Стилиди – руководство исследованием, редактирование окончательного варианта статьи; Н.Е. Кушлинский – методология и дизайн исследования, редактирование статьи.

Для цитирования: Любимова Н.В., Тимофеев Ю.С., Бекашев А.Х., Зыбина Н.Н., Стилиди И.С., Кушлинский Н.Е. Глиофибриллярный кислый протеин (GFAP) в сыворотке крови у пациентов с травматическим поражением головного мозга // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2021. № 4. С. 78–84. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-78-84

Glial fibrillary acidic protein (GFAP) in blood serum of patients with traumatic brain injury

Lyubimova N.V.¹, Timofeev Yu.S.¹, Bekyashev A.Kh.¹, Zybina N.N.², Stilidi I.S.¹, Kushlinskii N.E.¹

¹N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology (24, Kashirskoye Highway, Moscow, 115478, Russia);

²Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

Nina Vasilievna Lyubimova – Dr. Biol. Sci. Prof., Lead Researcher, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology (24, Kashirskoye Highway, Moscow, 115478, Russia), e-mail: biochimia@yandex.ru;

Yurii Sergeevich Timofeev, Cand. Med. Sci., Clinical Laboratory Diagnostics Doctor, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology, Ministry of (24, Kashirskoye Highway, Moscow, 115478, Russia), e-mail: Timofeev_lab@mail.ru;

Ali Khasianovich Bekyashev – Dr. Med. Sci., Head of the Department of Neurosurgery, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology (24, Kashirskoye Highway, Moscow, 115478, Russia), e-mail: abekyashev@gmail.com;

✉ Natalia Nikolaevna Zybina – Dr. Biol. Sci., Prof., Head of the Department of Laboratory Diagnostics, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine (4/2, Academic Lebedeva Str., St.-Petersburg, 194044, Russia), e-mail: zybinan@inbox.ru;

Ivan Sokratovich Stilidi – Dr. Med. Sci. Prof., Member of the Russian Academy of Sciences, Director, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology (24, Kashirskoye Highway, Moscow, 115478, Russia), e-mail: ronc@list.ru;

Nikolay Evgenievich Kushlinskii – Dr. Med. Sci. Prof., Member of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Clinical Biochemistry, N.N. Blokhin National Medical Research Center of Oncology (24, Kashirskoye Highway, Moscow, 115478, Russia); e-mail: biochimia@yandex.ru

Abstract

Relevance. Head injuries in Russia are the most significant cause of death in emergencies and road traffic accidents, as well as disability of victims. Neurospecific proteins such as glial fibrillary acidic protein (GFAP) are markers of neural tissue damage and blood-brain barrier dysfunction. Blood serum GFAP analysis can become a possible noninvasive method to assess brain injury severity and prognosis.

Intention. To analyze GFAP levels in blood serum of patients having central nervous system traumas of varying severity as well as the injury outcomes.

Methodology. GFAP levels were measured in the blood serum of 47 patients with traumatic brain injury before their treatment and in 42 apparently healthy donors using immunoenzyme method (Human GFAP ELISA, BioVendor, USA).

Results and Discussion. GFAP detection frequency was 38.3 % (18 out of 47 people) for the group of patients with traumatic brain injury, while the marker was nearly undetectable in the control group. There were statistically significant differences in serum GFAP levels depending on severity and outcome. The basal average marker concentration in the group with poor outcome was 10 times higher than in patients with a favorable outcome.

Conclusion. GFAP is a potential marker to assess severity and prognosis of traumatic brain injury.

Keywords: emergency, brain injury, road traffic injury, glial fibrillary acidic protein (GFAP), blood serum.

References

1. Lyubimova N.V., Timofeev Yu.S., Kushlinskii N.E. Nespetsificheskie belki v syvorotke krovi u bol'nykh s opukholyami golovnogo mozga i nevrologicheskimi zabolovaniyami neopukholevoi etiologii [Neurospecific proteins in the serum of patients with brain tumors and neurological diseases of non-tumor etiology]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2016. N 3. Pp. 90–95. DOI: 10.25016/2541-7487-2016-0-3-90-95. (In Russ.)
2. Kovtun N.A., Savelyeva M.I., Trophimenko A.V. [et al.]. Diagnosticheskoe i prognosticheskoe znachenie opredeleniya belkov – markerov povrezhdeniya mozga pri legkikh cherepno-mozgovykh travmakh [Diagnostic and prognostic value of protein markers determination of brain damage in mild traumatic brain injuries]. *Laboratornaya sluzhba* [Laboratory Service]. 2021. N 2. Pp. 28–33. DOI: 10.17116/labs2021.1002128. (In Russ.)
3. Baumgarten P., Quick-Weller J., Gessler F. [et al.]. Pre- and early postoperative GFAP serum levels in glioma and brain metastases. *J. Neurooncol.* 2018. Vol. 139, N 3. Pp. 541–546. DOI: 10.1007/s11060-018-2898-1.
4. Bazarian J.J., Biberthaler P., Welch R.D. [et al.]. Serum GFAP and UCH-L1 for prediction of absence of intracranial injuries on head CT (ALERT-TBI): a multicentre observational study. *Lancet Neurol.* 2018. Vol. 17, N 9. Pp. 782–789. DOI: 10.1016/S1474-4422(18)30231-X.
5. Brommeland T., Rosengren L., Fridlund S. [et al.]. Serum levels of glial fibrillary acidic protein correlate to tumour volume of high-grade gliomas. *Acta Neurol. Scand.* 2007. Vol. 116, N 6. Pp. 380–384. DOI: 10.1111/j.1600-0404.2007.00889.x.
6. Foerch C., Niessner M., Back T. [et al.]. Diagnostic accuracy of plasma glial fibrillary acidic protein for differentiating intracerebral hemorrhage and cerebral ischemia in patients with symptoms of acute stroke. *Clin. Chem.* 2012. Vol. 58, N 1. Pp. 237–245. DOI: 10.1373/clinchem.2011.172676.
7. Gállego Pérez-Larraya J., Paris S., Idbaih A. [et al.]. Diagnostic and prognostic value of preoperative combined GFAP, IGFBP-2, and YKL-40 plasma levels in patients with glioblastoma. *Cancer.* 2014. Vol. 120, N 24. Pp. 3972–3980. DOI: 10.1002/cncr.28949.
8. Hiskens M.I., Schneiders A.G., Angoa-Pérez M. [et al.]. Blood biomarkers for assessment of mild traumatic brain injury and chronic traumatic encephalopathy. *Biomarkers.* 2020. Vol. 25, N 3. Pp. 213–227. DOI: 10.1080/1354750X.2020.1735521.

9. Kiviniemi A., Gardberg M., Frantzén J. [et al.]. Serum levels of GFAP and EGFR in primary and recurrent high-grade gliomas: correlation to tumor volume, molecular markers, and progression-free survival. *J. Neurooncol.* 2015. Vol. 124, N 2. Pp. 237–245. DOI: 10.1007/s11060-015-1829-7.
10. Lewis L.M., Papa L., Bazarian J.J. [et al.]. Biomarkers may predict unfavorable neurological outcome after mild traumatic brain injury. *J. Neurotrauma.* 2020. Vol. 37, N 24. Pp. 2624–2631. DOI: 10.1089/neu.2020.7071.
11. Lumpkins K.M., Bochicchio G.V., Keledjian K. [et al.]. Glial fibrillary acidic protein is highly correlated with brain injury. *J. Trauma.* 2008. Vol. 65, N 4. P. 778–782. Discussion 782–784. DOI: 10.1097/TA.0b013e318185db2d.
12. Lyubimova N.V., Timofeev Y.S., Mitrofanov A.A. [et al.]. Glial Fibrillary Acidic Protein in the Diagnosis and Prognosis of Malignant Glial Tumors. *Bull. Exp. Biol. Med.* 2020. Vol. 168, N 4. Pp. 503–506. DOI: 10.1007/s10517-020-04741-9.
13. Mayer C.A., Brunkhorst R., Niessner M. [et al.]. Blood levels of glial fibrillary acidic protein (GFAP) in patients with neurological diseases. *PLoS One.* 2013. Vol. 8, N 4. P. e62101. DOI: 10.1371/journal.pone.0062101.
14. Papa L., Brophy G.M., Welch R.D. [et al.]. Time course and diagnostic accuracy of glial and neuronal blood biomarkers GFAP and UCH-L1 in a large cohort of trauma patients with and without mild traumatic brain injury. *JAMA Neurol.* 2016. Vol. 73, N 5. Pp. 551–560. DOI: 10.1001/jamaneurol.2016.0039.
15. Pelinka L.E., Kroepfl A., Leixnering M., Buchinger W. [et al.]. GFAP versus S100B in serum after traumatic brain injury: relationship to brain damage and outcome. *J. Neurotrauma.* 2004. Vol. 21, N 11. Pp. 1553–1561. DOI: 10.1089/neu.2004.21.1553.
16. Petzold A. Glial fibrillary acidic protein is a body fluid biomarker for glial pathology in human disease. *Brain Res.* 2015. Vol. 1600. Pp. 17–31. DOI: 10.1016/j.brainres.2014.12.027.
17. Seidenfaden S.C., Kjerulff J.L., Juul N. [et al.]. Diagnostic accuracy of prehospital serum S100B and GFAP in patients with mild traumatic brain injury: a prospective observational multicenter cohort study – “the PreTBI I study”. *Scand. J. Trauma Resusc. Emerg. Med.* 2021. Vol. 29, N 1. Pp. 75. DOI: 10.1186/s13049-021-00891-5.
18. Takala R.S., Posti J.P., Runtti H. [et al.]. Glial Fibrillary acidic protein and ubiquitin C-terminal hydrolase-L1 as outcome predictors in traumatic brain injury. *World Neurosurg.* 2016. Vol. 87. Pp. 8–20. DOI: 10.1016/j.wneu.2015.10.066.
19. Tichy J., Spechtmeyer S., Mittelbronn M. [et al.]. Prospective evaluation of serum glial fibrillary acidic protein (GFAP) as a diagnostic marker for glioblastoma. *J. Neurooncol.* 2016. Vol. 126, N 2. Pp. 361–369. DOI: 10.1007/s11060-015-1978-8.
20. Vos P.E., Jacobs B., Andriessen T.M. [et al.]. GFAP and S100B are biomarkers of traumatic brain injury: an observational cohort study. *Neurology.* 2010. Vol. 75, N 20. Pp. 1786–1793. DOI: 10.1212/WNL.0b013e3181fd62d2.
21. Welch R.D., Ayaz S.I., Lewis L.M. [et al.]. Ability of Serum Glial Fibrillary Acidic Protein, Ubiquitin C-Terminal Hydrolase-L1, and S100B To Differentiate Normal and Abnormal Head Computed Tomography Findings in Patients with Suspected Mild or Moderate Traumatic Brain Injury. *J. Neurotrauma.* 2016. Vol. 33, N 2. Pp. 203–214. DOI: 10.1089/neu.2015.4149.

Received 30.11.2021

For citing: Lyubimova N.V., Timofeev Ju.S., Bekyashev A.H., Zybina N.N., Stilidi I.S., Kushlinskii N.E. Gliofibrillarnyj kislyj protein (GFAP) v syvorotke krovi pacientov s travmaticheskim porazheniem golovnogo mozga. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh.* 2021. N 4. Pp. 78–84. **(In Russ.)**

Lyubimova N.V., Timofeev Yu.S., Bekyashev A.Kh., Zybina N.N., Stilidi I.S., Kushlinskii N.E. Glial fibrillary acidic protein (GFAP) in blood serum of patients with traumatic brain injury. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2021. N 4. Pp. 78–84. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-78-84

ПОСТРОЕНИЕ КАЛИБРОВОЧНЫХ КРИВЫХ ДЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДОЗИМЕТРИИ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ МЕДИЦИНСКОМ ОБЛУЧЕНИИ

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2)

Актуальность. Учитывая активное внедрение ионизирующих излучений в различные сферы деятельности человека и возрастающую вероятность аварийных ситуаций с участием лучевого фактора, становится очевидной необходимость расширения технических возможностей биодозиметрических лабораторий по определению доз облучения при различных сценариях радиационных поражений. Важным аспектом готовности лаборатории к проведению исследований является разработка калибровочных кривых, необходимых для определения дозы облучения с помощью различных методов биологической дозиметрии, и внедрение этих разработок в практическую деятельность лаборатории.

Цель – разработка калибровочных кривых для определения биологической дозы облучения с использованием нескольких цитогенетических тестов – анализа дицентрических хромосом, микроядерного теста с цитохалазином Б и анализа преждевременно конденсированных хромосом.

Методология. Проведена оценка количественной зависимости частоты различных хромосомных нарушений, выявленных в лимфоцитах периферической крови человека, от внешней дозы облучения после гамма-облучения образцов крови *in vitro* в диапазоне доз 0–6 Гр. На основании этого получены уравнения дозовой зависимости частоты аберраций и калибровочные кривые, позволяющие определить биологическую дозу облучения.

Результаты и их анализ. В ходе анализа нескольких типов хромосомных нарушений, индуцированных ионизирующими излучениями *in vitro*: дицентрических хромосом, микроядер в бинуклеарных клетках и преждевременно конденсированных фрагментов хромосом, получены уравнения зависимости частоты исследуемых хромосомных аберраций от внешней дозы облучения. Проведена валидация полученных уравнений при определении дозы облучения образца крови *in vitro*, что подтвердило адекватность разработанных моделей. Определены контрольные значения исследуемых цитогенетических показателей. У пациентов, предполагающих наличие значительного облучения в процессе проведения медицинских исследований с применением ионизирующих излучений (компьютерная томография и пр.), с помощью полученной калибровочной кривой оценки поглощенной дозы установлены дозы облучения по количеству дицентрических хромосом.

Заключение. Разработанные уравнения дозовой зависимости нескольких цитогенетических показателей: дицентрических хромосом, микроядер в двуядерных клетках и преждевременно конденсированных хромосомных фрагментов позволяют достоверно оценить биологическую дозу облучения у лиц, подвергшихся воздействию ионизирующих излучений. Применение батареи цитогенетических тестов расширяет возможности лаборатории в области биологической дозиметрии при различных сценариях облучения.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, ионизирующее излучение, биодозиметрия, диагностическое облучение, кривая доза–эффект, микроядерный тест, дицентрическая хромосома, хромосомная аберрация, преждевременная конденсация хромосом.

Введение

Цитогенетическая дозиметрия нашла широкое применение при определении доз облучения у лиц, подвергшихся действию ионизирующих излучений вследствие профессиональных контактов с радиацией, аварийных ситуаций и катастроф, что имеет большое значение при сортировке и лечении пострадавших. Цитогенетическая биодозиметрия базируется на анализе различных типов нарушений хромосомного аппарата клеток

(нестабильные и стабильные хромосомные аберрации, микроядра, преждевременно конденсированные фрагменты, кольцевые хромосомы), количество которых зависит от дозы облучения. Наличие уравнений, описывающих зависимость количества аберраций от ее дозы, установленных при облучении клеток *in vitro*, позволяет проводить оценку поглощенной дозы ионизирующих излучений *in vivo*. Для выявления различных типов индуцированных нарушений разработаны

✉ Неронова Елизавета Геннадьевна – канд. биол. наук, зав. лаб. генетической диагностики и биодозиметрии, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: neliner@yandex.ru

соответствующие методы исследований, которые имеют определенные преимущества и недостатки и рекомендованы к применению с учетом сценариев облучения, количества пострадавших, времени, прошедшего после радиационного воздействия до цитогенетического обследования [9].

Анализ нестабильных аберраций (дицентрических и других полицентрических хромосом, кольцевых хромосом) и стабильных аберраций (транслокаций) основан на исследовании хромосомных повреждений в лимфоцитах периферической крови, стимулированных к митотическому делению фитогемагглютинином после 48 ч культивирования *in vitro*. В течение этого времени происходит конденсация интерфазного хроматина до метафазных хромосом, что делает возможным визуализацию хромосомного набора клеток и обнаружение хромосомных нарушений. Анализ хромосомных аберраций позволяет оценить широкий диапазон доз для различных типов излучений при разных мощностях с высокой и низкой передачей энергии (LET, Linear energy transfer), сразу или в отдаленном периоде (до нескольких десятилетий) после облучения. Для ретроспективной оценки, даже спустя десятилетия, применяется анализ транслокаций, визуализация которых возможна благодаря использованию метода флюоресцентной гибридизации *in situ* (Fluorescence in situ hybridization, FISH) [2, 15]. В ближайшее время после воздействия ионизирующих излучений для биологической дозиметрии используется анализ дицентрических хромосом [17], которые являются высокоспецифичными цитогенетическими маркерами радиационного воздействия. Данный метод в течение нескольких десятилетий является «золотым стандартом» биодозиметрии. Однако анализ дицентрических хромосомных аберраций имеет ряд недостатков, одним из которых может быть получение заниженного значения облучения в случаях больших воздействий (более 4 Гр) вследствие митотической гибели клеток и/или задержки митотического цикла, которые наблюдаются при дозах этого диапазона [11].

Для другого цитогенетического анализа – микроядерного теста с цитохалазином Б требуется культивирование клеток в течение 72 ч. Анализируются микроядра, которые образуются из фрагментов хромосом или целых хромосом и могут быть легко выявлены в интерфазной клетке. Однако микроядра могут быть индуцированы различными мута-

генными факторами эндогенной и экзогенной природы, не только ионизирующими излучениями, в связи с чем микроядерный тест не столь чувствительный и специфичный способ оценки воздействия радиации на организм человека, как анализ дицентриков. Этот тест достаточно легко выполним на практике, что позволяет рекомендовать его для обследования больших групп пострадавших при медицинской сортировке в ближайшее время после аварийного воздействия ионизирующих излучений [16].

Анализ преждевременно конденсированных хромосом, полученных методом слияния клеток (premature chromosome condensation, PCC), может быть выполнен сразу после облучения в течение 3–4 ч после постановки исследования. Поэтому он представляется наиболее подходящим анализом для оценки доз вскоре после облучения. Используя PCC-анализ, можно точно определить влияние низких доз (менее 1 Гр), а также высоких доз (более 4 Гр) после острого воздействия радиации с низкой и высокой LET [8]. Кроме того, было доказано, что PCC-анализ также обладает способностью точно различать общее или местное облучение [7]. Преимуществом данного исследования является возможность определить дозу облучения при очень высоких радиационных воздействиях, при которых биологическая дозиметрия с применением иных методов, основанных на анализе митотически активных клеток, затруднительна. Недостатком является быстрое снижение количества индуцированных нарушений, определяемых данным методом, что позволяет использовать этот подход только в течение ближайших 7 дней.

Таким образом, различные методы биологической цитогенетической дозиметрии имеют свои преимущества и недостатки. Наличие в арсенале лаборатории батареи тестов позволяет эффективно оценить дозу при различных сценариях облучения.

Одним из важных аспектов применения цитогенетических методов дозиметрии на практике является разработка калибровочных кривых – установление зависимости количества индуцированных хромосомных нарушений от дозы облучения. Учитывая различное техническое и материальное обеспечение лабораторий, а также опыт сотрудников, принимающих участие в анализе биомаркеров, по рекомендациям ВОЗ и МАГАТЭ каждой биодозиметрической лаборатории рекомендуется иметь собственные калибровочные кривые,

построенные в конкретных технических и материальных условиях и с учетом опыта сотрудников по выявлению и дифференцировке различных типов нарушений.

Цель – разработка калибровочных кривых для определения дозы облучения с помощью анализа дицентрических хромосом, микроядерного теста с цитохалазином Б (в бинуклеарных клетках) и анализа преждевременно-конденсированных хромосом, исследованных с применением метода слияния клеток, после гамма-облучения.

Материал и методы

Исследование, проведенное во Всероссийском центре экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Санкт-Петербург), было одобрено этическим комитетом организации и выполнялось в рамках координационного исследовательского проекта CRP E35008 «Укрепление биологической дозиметрии в государствах-членах МАГАТЭ: совершенствование существующих методов и интенсификация сотрудничества и взаимодействия между различными институтами» (2012–2016 гг.) при его частичном финансировании МАГАТЭ.

Для определения контрольных значений исследуемых биомаркеров использовали образцы крови от 11 доноров (8 мужчин и 3 женщины в возрасте от 25 до 55 лет), для построения дозовых кривых – от 4 доноров (3 мужчин и 1 женщина в возрасте от 30 до 50 лет). Образцы крови получили путем венепункции (8 мл), забор которой проводили в вакуумные пробирки с гепарином натрия. От пациентов, принявших участие в обследовании, были получены добровольные информированные согласия.

Образцы крови подвергали воздействию γ -излучения на установке ИГУР-1 при комнатной температуре в дозах 0,25–6,0 Гр при мощности 1,2 Гр/мин. Через 24 ч после облучения лимфоциты использовали для проведения исследований.

Из образцов крови выделили лимфоциты с использованием фикола («Sigma») в соответствии с протоколом производителя: в центрифужную пробирку помещали 3 мл фикола, наслаивали кровь 3 мл и центрифугировали при 400 g в течение 30 мин при комнатной температуре. На границе разделения фаз пастеровской пипеткой собирали лимфоциты, которые 3 раза промывали средой для культивирования RPMI-1640 (5 мл). Выделенные лимфоциты подсчитывали в камере Горяева и использовали для дальнейших исследований.

РСС-анализ хромосом. РСС-реакцию выполняли в соответствии с методикой ИАЕА [9]. Метод РСС основан на слиянии интерфазных G_0 -клеток с клетками, находящимися на стадии метафазы. В результате слияния факторы конденсации хроматина из метафазных клеток, попадая в интерфазные, индуцируют в них конденсацию хроматина. В случае биологической дозиметрии, как и в настоящем эксперименте, интерфазными клетками являлись облученные лимфоциты периферической крови человека. В качестве митотических использовали клетки яичника китайского хомячка (Hamster ovary cells, CHO), остановленные в процессе культивирования на стадии метафазы. Два типа клеток смешивали и в течение 1 ч проводили реакцию слияния в присутствии полиэтиленгликоля, который стимулировал образование клеточных гибридов. Подробно методика описана в публикации [13]. По окончании реакции клетки фиксировали и готовили препараты. Анализ полученных в эксперименте препаратов проводили под световым микроскопом при увеличении 1000 (рис. 1). В гибридных клетках визуализировали обычные метафазные хромосомы сирийского хомячка и 46 хромосом человека в виде хроматидных фрагментов, которые можно было легко подсчитать под микроскопом. При наличии индуцированных нарушений количество хроматидных фрагментов увеличивается.

Для каждого пациента анализировали 50 гибридных клеток и считали количество хроматидных элементов. В том случае, если количество превышало 46, их избыток учитывали как РСС-фрагменты.

Первые эксперименты по апробации методики РСС продемонстрировали, что количество гибридных клеток относительно невелико и составляет менее 3%, что требует больших трудозатрат по анализу необходимого количества клеток, достаточного для получения достоверного результата. Согласно литературным данным, индекс РСС (отношение количества клеток с преждевременно конденсированными хромосомами к общему количеству гибридных клеток, выраженное в процентах) может быть увеличен путем изменения соотношения интерфазных и митотических клеток [13], которые используются для постановки реакции. Было высказано предположение, что соотношение $1 \cdot 10^6$ клетки CHO / $5 \cdot 10^6$ лимфоциты является оптимальным для получения большого количества гибридных клеток. Наши экспе-

рименты выявили индекс РСС, составляющий 3,6% для этого соотношения. Другое соотношение (1:4) продемонстрировало более высокую частоту гибридных клеток – 4%. Однако самый высокий уровень метафаз РСС (9,7–10,3%) был выявлен при использовании клеток в соотношении 1:3 ($1 \cdot 10^6$ клеток СНО и $3 \cdot 10^6$ лимфоцитов), и это соотношение использовалось для следующих экспериментов.

Анализ дицентрических хромосом. $3 \cdot 10^6$ выделенных лимфоцитов добавляли к 5 мл среды RPMI-1640, содержащей 20% эмбриональной сыворотки теленка («БиолоТ») и 0,1 мл раствора фитогемагглютинаина («БиолоТ»), 20 мМ глутамин. Культуры инкубировали при 37 °С в течение 54 ч. За 8 ч до окончания культивирования добавляли раствор колхицина в конечной концентрации 0,2 мкг/мл. По окончании культивирования образцы центрифугировали, удаляли супернатант и добавляли предварительно нагретый (37 °С) гипотонический раствор (75 мМ KCl). После гипотонической обработки (30 мин) лимфоциты фиксировали (3:1, этанол 95% / ледяная уксусная кислота). Клетки промывали 3 раза в фиксаторе, а затем суспензию по каплям наносили на предметные стекла и окрашивали 4% раствором азура-эозина по Романовскому.

Препараты анализировали под микроскопом при увеличении 1000 (рис. 2). Учитывали клетки с радиационными маркерами (кольцевыми, дицентрическими и иными полицентрическими хромосомами), и считали количество их маркеров. Трицентрики, тетрацентрики и далее учитывали как 2, 3 дицентрика и далее в одной клетке. Для каждого пациента анализировали не менее 500 метафаз, за исключением высоких доз облучения, при которых наличие метафазных клеток было невысоким вследствие митотической гибели

облученных клеток или задержки митотического цикла, наблюдаемых при этих дозах облучения.

Микроядерный тест с цитохалазином Б. Выделенные лимфоциты ($3 \cdot 10^6$) добавляли к 5 мл среды RPMI-1640, содержащей 20% эмбриональной сыворотки теленка, 0,1 мл фитогемагглютинаина («БиолоТ») и 20 мМ глутамин. Культуры инкубировали при 37 °С в течение 68 ч. Через 24 ч после постановки культур клеток к среде добавляли цитохалазин-Б («ПанЭко») в концентрации 6 мкг/мл. По окончании культивирования образцы центрифугировали в течение 8 мин при 1000 об/мин, и супернатант удаляли. Клетки обрабатывали гипотоническим раствором (6 мл 75 мМ KCl при комнатной температуре) и центрифугировали в течение 8 мин при 1000 об/мин. Супернатант удаляли и добавляли фиксатор (3:1, этанол 95% / ледяная уксусная кислота). Смену фиксатора проводили 3 раза. Суспензию клеток раскапывали на предметные стекла и окрашивали 4% раствором азура-эозина по Романовскому. Анализировали только двуядерные клетки, подсчитывали количество микроядер в клетке (рис. 3). Для каждого пациента анализировали не менее 500 двуядерных клеток за исключением высоких доз, при которых наличие двуядерных клеток было невысоким вследствие митотической гибели клеток или задержки митотического цикла, наблюдаемых при этих дозах облучения.

При построении калибровочных кривых использовали методические подходы, предложенные в руководстве [9]. При статистическом анализе для всех типов хромосомных нарушений рассчитали частоту aberrаций и стандартную ошибку. Сравнение экспериментальной частоты нарушений и контрольных значений исследуемых aberrаций провели с применением точного критерия Фишера.

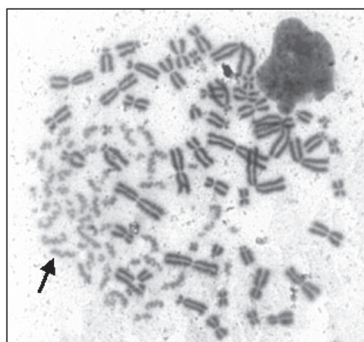


Рис. 1. Гибридная клетка с преждевременно конденсированными хроматидными элементами (стрелка).

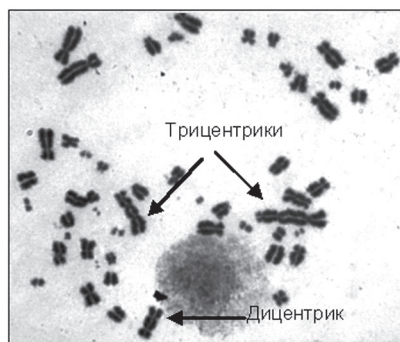


Рис. 2. Лимфоцит с наличием одной дицентрической и двух трицентрических хромосом.

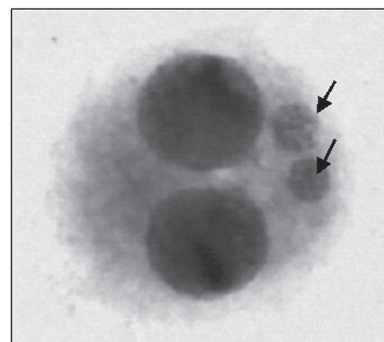


Рис. 3. Двуядерный лимфоцит с микроядрами (стрелки).

Для построения калибровочных кривых и расчета доз облучения у пациентов использовали программный продукт для цитогенетических биодозиметрических исследований Dose Estimate [4].

Результаты и их анализ

Современной биодозиметрической лаборатории рекомендуется иметь в арсенале панель различных цитогенетических методов, позволяющих определить дозу облучения при различных ситуациях: хроническом или аварийном воздействии радиации, у группы лиц или отдельных индивидуумов в случае массовых поражений населения радиационным фактором, в ближайший или отдаленный период времени после облучения, в случаях низких или высоких доз радиационного облучения. Считается необходимым, что каждая лаборатория должна разработать свою собственную калибровочную кривую для определения дозы облучения с целью минимизации межлабораторных различий, связанных с техническими навыками сотрудников лаборатории, выполняющих исследования, различиями в материально-технической оснащённости, что может сказываться на получаемых результатах. В настоящем исследовании выполнен анализ нескольких цитогенетических индикаторов радиационного воздействия (дицентрических, кольцевых хромосом, микроядер и РСС-фрагментов), построены калибровочные кривые для определения дозы облучения на основе этих индикаторов.

Построение калибровочных кривых выполнено с использованием программы Dose Estimate, в которую была внесена информация о количестве выявленных аберраций при тестируемых дозовых нагрузках, и рассчитаны корреляционные зависимости исследуемых показателей. Количество и частота выяв-

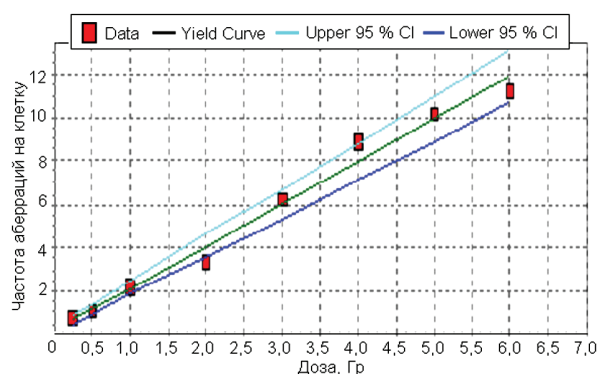


Рис. 4. Зависимость частоты преждевременно конденсированных фрагментов от дозы облучения.

Таблица 1

Частота РСС-фрагментов после γ -облучения

Доза облучения, Гр	Количество клеток	РСС-фрагменты	
		n	M ± m
0	1000	2	0,002 ± 0,001
0,25	100	79	0,79 ± 0,09
0,5	100	117	1,17 ± 0,11
1,0	100	223	2,23 ± 0,15
2,0	100	338	3,38 ± 0,18
3,0	100	619	6,19 ± 0,25
4,0	100	888	8,88 ± 0,30
5,0	100	1014	10,10 ± 0,32
6,0	100	1118	11,20 ± 0,33

Таблица 2

Частота дицентрических хромосом после γ -облучения

Доза облучения, Гр	Количество клеток	Дицентрические хромосомы	
		n	M ± m
0	1000	1	0,001 ± 0,001
0,25	1044	11	0,011 ± 0,003
0,5	1011	30	0,030 ± 0,005
1,0	1204	109	0,091 ± 0,009
2,0	1960	400	0,204 ± 0,032
3,0	1045	539	0,516 ± 0,022
4,0	1031	839	0,814 ± 0,028
5,0	1062	1504	1,420 ± 0,037
6,0	893	1503	1,680 ± 0,043

Таблица 3

Частота микроядер после γ -облучения

Доза облучения, Гр	Количество клеток	Микроядра	
		n	M ± m
0	1040	15	0,014 ± 0,004
0,25	1026	35	0,034 ± 0,006
0,5	2534	101	0,040 ± 0,004
3,0	2435	978	0,402 ± 0,013
4,0	2100	1376	0,655 ± 0,018
5,0	993	813	0,819 ± 0,029

ленных нарушений представлены в табл. 1–3. Для РСС-фрагментов зависимость доза–ответ была описана линейной моделью (рис. 4) и соответствовала уравнению:

$$Y = 0,0021 (\pm 0,0023) + 2,0200 (\pm 0,0788)D,$$

где Y – количество РСС-фрагментов на клетку; D – доза облучения (Гр).

Линейный характер зависимости количества выявленных нарушений от дозы облучения, установленный в этом исследовании, согласуется с результатами других авторов [8, 10].

Зависимость доза–ответ для частоты дицентрических хромосом (рис. 5) и микроядер (рис. 6) соответствовала линейно-квадратичной модели и описывалась уравнениями:

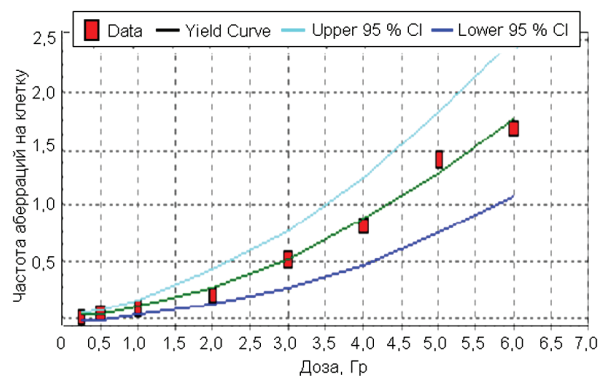


Рис. 5. Зависимость частоты дицентрических хромосом от дозы облучения.

- для дицентрических хромосом:

$$Y = 0,0011 (\pm 0,0026) + 0,0285 (\pm 0,0141)D + 0,0452 (\pm 0,0039)D^2,$$

где Y – частота радиационных маркеров (дицентрических и кольцевых хромосом) в пересчете на клетку; D – доза облучения (Гр);

- для микроядер:

$$Y = 0,0129 (\pm 0,0068) + 0,0565 (\pm 0,0213)D + 0,0239 (\pm 0,0054)D^2,$$

где Y – частота микроядер в пересчете на клетку; D – доза облучения (Гр).

Линейно-квадратичная зависимость частоты дицентрических хромосом и частоты микроядер от дозы облучения, полученная в этом исследовании, согласуется с результатами других исследований [1, 3, 5, 6, 12, 16].

Известно, что точность оценки в диапазоне низких доз зависит от фоновой частоты исследуемых показателей – дицентрических хромосом, микроядер и РСС-фрагментов. При определении дозовой нагрузки в первую очередь необходимо оценить значимость различий между спонтанными абберациями и индуцированной частотой нарушений. При превышении выявленных показателей над контрольными значениями становится возможным установление дозы облучения. Следовательно, лаборатория должна обладать информацией и о контрольных значениях цитогенетических маркеров, используемых для биологической дозиметрии. В связи с этим

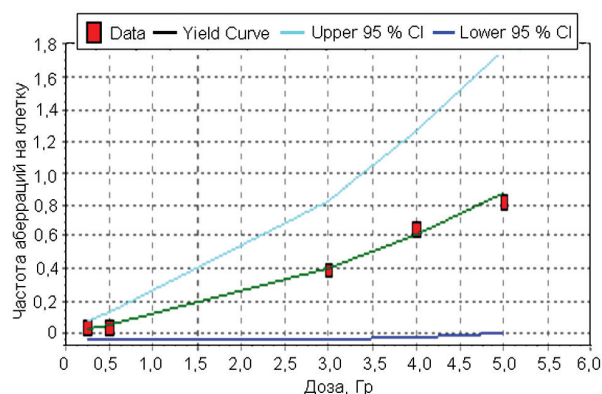


Рис. 6. Зависимость частоты микроядер от дозы облучения.

у 11 доноров был проведен анализ контрольных значений показателей, использованных в настоящем исследовании, и получены следующие значения: частота дицентрических хромосом (радиационных маркеров) составила $(0,09 \pm 0,034)\%$, частота РСС-фрагментов – $(1,27 \pm 0,30)\%$, количество микроядер – $(12,36 \pm 0,61)$ на 1000 бинуклеарных клеток.

Для валидации технологии на практике был проведен эксперимент, в рамках которого образец донорской крови был облучен в дозе 1 Гр. Для определения биологической дозы облучения были использованы три метода биологической дозиметрии – РСС, анализ дицентрических хромосом и микроядерный тест. Частота выявленных хромосомных нарушений установлена с применением методических подходов, описанных ранее, представлена в табл. 4.

Частота хромосомных аббераций превышала контрольные значения, что свидетельствовало о воздействии ионизирующих излучений и позволило с применением калибровочных кривых, разработанных в данном исследовании, определить биологическую дозу облучения. По результатам разных цитогенетических тестов показатели составили от $(1,09 \pm 0,19)$ до $(1,37 \pm 0,17)$ Гр, что соответствует внешнему облучению, которому был подвергнут исследуемый образец. Полученные результаты свидетельствуют об адекватной работе разработанных моделей.

Калибровочная кривая зависимости количества дицентрических хромосом от дозы

Таблица 4

Хромосомные нарушения, выявленные при облучении в дозе 1 Гр

Тест	Количество клеток	Хромосомные нарушения		Доза облучения, $(M \pm m)$ Гр
		n	$M \pm m$	
Анализ дицентриков	200	24	$0,12 \pm 0,020$	$1,13 \pm 0,22$
Микроядерный тест	500	54	$0,11 \pm 0,014$	$1,09 \pm 0,77$
РСС-фрагменты	50	110	$2,20 \pm 0,210$	$1,01 \pm 0,16$

облучения была применена на практике у пациентов, предполагающих наличие значительного радиационного воздействия в результате проведения медицинских исследований с применением ионизирующих излучений.

Пациент 1. После выполнения компьютерной томографии (КТ) у пациента появилась эритема в области лицевого отдела головы, в связи с чем возникло предположение, что это явилось следствием случайного переоблучения во время проведения томограммы. Пациент обратился в лабораторию спустя 1 нед после выполнения КТ-исследования. Для подтверждения (исключения) предположения о переоблучении была выполнена цитогенетическая оценка дозы облучения с применением анализа дицентрических хромосом. У пациента не были диагностированы онкологические заболевания, синдромы наследственной нестабильности хромосом, лучевая или химиотерапия не проводились, что могло повлиять на исследуемые цитогенетические показатели. Было проанализировано 1300 клеток и выявлено 2 цитогенетических радиационных маркера – две дицентрические хромосомы. Средняя доза общего облучения на все тело составила 15 мГр (нижняя и верхняя границы – 0 и 130 мГр). Таким образом, предположение, что пациент подвергся высокой дозе облучения, которая привела к индукции эритемы, может быть отклонено. Известно, что может встречаться повышенная чувствительность к воздействию радиации, когда даже малые, клинически незначимые дозы могут индуцировать ранние тканевые эффекты или повышенную чувствительность к контрастному препарату. В таких случаях био-

логическая дозиметрия помогает отклонить версию переоблучения.

Пациент 2. В лабораторию обратился пациент с целью проведения биологической дозиметрии, который был обеспокоен величиной дозы облучения, указанной в протоколах нескольких медицинских КТ-исследований, которые были выполнены в связи с диагностикой соматических заболеваний. В течение 2,5 лет проведено 5 исследований – последнее за 1 мес до обращения в лабораторию. У пациента не диагностированы онкологические заболевания, синдромы наследственной нестабильности хромосом. Лучевая или химиотерапия не проводились. Биологическая дозиметрия выполнена с применением анализа дицентрических хромосом. Проанализированы 500 метафаз и выявлены 10 дицентрических хромосом. Применение калибровочной кривой позволило рассчитать дозу внешнего облучения, которая находилась в диапазоне 221–627 мГр (в среднем – 440 мГр). Пациенту даны разъяснения и рекомендации.

Заключение

Таким образом, в результате выполнения настоящего исследования были построены калибровочные кривые, разработанные для нескольких методов биологической дозиметрии: анализа дицентрических хромосом, микроядерного теста и РСС-фрагментов. Разработка калибровочных кривых позволяет увеличить возможности лаборатории в области биологической дозиметрии ионизирующих излучений применительно к различным сценариям облучения.

Литература

1. Колюбаева С.Н. Хромосомные aberrации, микроядра и апоптоз в лимфоцитах при радиационных воздействиях и других патологических состояниях : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Обнинск, 2010. 32 с.
2. Неронова Е.Г., Саблина А.О., Алексанин С.С. Возможности реконструкции доз внешнего облучения у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской атомной электростанции цитогенетическими методами // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2019. № 4. С. 70–78. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-70-78.
3. Снигирева Г.П., Богомазова А.Н., Новицкая Н.Н. [и др.]. Биологическая индикация радиационного воздействия на организм человека с использованием цитогенетических методов : мед. технология № ФС-2007/015-У. М., 2007. 29 с.
4. Ainsbury E.A., Lloyd D.C. Dose estimation software for radiation biodosimetry // Health Phys. 2010. Vol. 98, N 2. P. 290–295. DOI: 10.1097/01.HP.0000346305.84577.b4.
5. Beinke C., Braselmann H., Meineke V. Establishment of an x-ray standard calibration curve by conventional dicentric analysis as prerequisite for accurate radiation dose assessment // Health Phys. 2010. Vol. 98, N 2. P. 261–268. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181b35a53.
6. Beinke C., Port M., Riecke A. [et al.]. Adaption of the cytokinesis-block micronucleus cytome assay for improved triage biodosimetry // Radiation Research. 2016. Vol. 185, N 5. P. 461–472. DOI: 10.1667/RR14294.1.
7. Blakely W.F., Prasanna P.G.S., Kolanko C.J. [et al.]. Application of premature chromosome condensation assay in stimulated partial-body radiation exposures: evaluation of the use of an automated metaphase finder // Stem Cells. 1995. Vol. 13, Suppl. 1. P. 223–230.

8. Chambrette V., Laval F., Voisin P. The utility of lymphocyte premature chromosome condensation analysis for biological dosimetry following accidental over exposure to ionizing radiation // Radiation Protection Dosimetry. 1999. Vol. 82. P. 125–131.
9. Cytogenetic dosimetry: applications in preparedness for and response to radiation emergencies / International Atomic Energy Agency. Vienna, 2011. 229 p.
10. Darroudi F., Natarajan A.T., Bentvelzen P.A. [et al.]. Detection of total- and partial-body irradiation in a monkey model: a comparative study of chromosomal aberration, micronucleus and premature chromosome condensation assays // Int. J. Radiat. Biol. 1998. Vol. 74, N 2. P. 207–215.
11. Hayata I., Kanda R., Minamihisamatsu M. [et al.]. Cytogenetical dose estimation for 3 severely exposed patients in the JCO criticality accident in Tokai-mura // J. Radiat. Res. 2001. Vol. 42, Suppl. S149–S155.
12. McNamee J.P., Flegal F.N., Greene H.B. [et al.]. Validation of the cytokinesis-block micronucleus (CBMN) assay for use as a triage biological dosimetry tool // Radiation Protection Dosimetry. 2009. Vol. 135, N 4. P. 232–242. DOI: 10.1093/rpd/ncp119.
13. Neronova E.G. Construction of calibration curve for premature chromosome condensation assay for dose assessment // Genome Integrity. 2016. Vol. 7, N 1. P. 1–4. DOI: 10.4103/2041-9414.197166.
14. Pantelias G.E., Maillie H.D. A simple method for premature chromosome condensation induction in primary human and rodent cells using polyethylene glycol // Somatic Cell. Genet. 1983. Vol. 5. P. 533–547. DOI: 10.1007/BF01574257.
15. Tawn E.J., Curwen G.B., Jonas P. [et al.]. Chromosome aberrations determined by FISH in radiation workers from the Sellafield Nuclear Facility // Radiation Research. 2015. Vol. 184, N 3. P. 296–303. DOI: 10.1667/RR14125.1.
16. Vral A., Fenech M., Thierens H. The micronucleus assay as a biological dosimeter of in vivo ionising radiation exposure // Mutagenesis. 2011. Vol. 26, N 1. P. 11–17. DOI: 10.1093/mutage/geq078.
17. Wilkins R., Romm H., Kao T.-C. [et al.]. Interlaboratory comparison of the dicentric chromosome assay for radiation biodosimetry in mass casualty events // Radiation Research. 2008. Vol. 169, N 5. P. 551–560.

Поступила 02.10.2021 г.

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Для цитирования. Неронова Е.Г. Построение калибровочных кривых для биологической цитогенетической дозиметрии и опыт применения при медицинском облучении // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 85–93. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-85-93

Calibration curves development for biological cytogenetic dosimetry and experience with medical exposure

Neronova E.G.

Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia)

✉ Elizaveta Gennadievna Neronova – PhD. Biol. Sci., Head of the laboratory for genetical research and biodosimetry, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: neliner@yandex.ru

Abstract

Relevance. Taking into account the increasing probability of exposure to ionizing radiation in humans (including emergencies, occupational and medical exposure), it became obvious that it is necessary to increase the technical capabilities of biodosimetric laboratories to estimate radiation doses for various exposure scenarios. Therefore, it is necessary to develop calibration curves for using different methods of biological dosimetry and to introduce these methodological approaches into the practical activities of the laboratory.

Intention. To develop calibration curves for determining the radiation dose using different cytogenetic methods: analysis of dicentric chromosomes, micronucleus test with cytochalasin B and the analysis of prematurely condensed chromosomal fragments (PCC) after gamma irradiation.

Methodology. Dependence of the frequency of chromosomal aberrations detected in peripheral blood lymphocytes from the external radiation dose after gamma *in vitro* irradiation of blood samples in the dose range of 0–6 Gy was evaluated. Equations of the dose dependence of the frequency of aberrations were obtained. Based on that calibration curves were created that let to determine the biological dose of radiation.

Results and Discussion. As a result of analysis of chromosomal aberrations induced *in vitro* by ionizing radiation (dicentric chromosomes, micronuclei in binuclear cells, and PCC fragments), dose-dependence equations have been obtained. The equations have been validated by determining the radiation dose of a blood sample irradiated *in vitro*, which confirmed the

adequacy of the developed models. Control levels of analyzed cytogenetic parameters were revealed. In patients suspected of being overexposed during medical research using ionizing radiation (CT studies), using the obtained calibration curve for assessing the absorbed radiation dose by the number of dicentric chromosomes, radiation doses indicating the absence of overexposure were established.

Conclusion. Developed equations for the dose dependence of the frequency of dicentric chromosomes, micronuclei in binucleated cells, and PCC fragments make it possible to efficiently estimate the biological dose of radiation in persons exposed to ionizing radiation. The use of a battery of cytogenetic tests expands the laboratory's capabilities in the field of biological dosimetry in various exposure scenarios.

Keywords: emergency, ionizing radiation, biodosimetry, diagnostic medical radiation, dose-effect calibration curves, dicentric analysis, micronucleus test, chromosome aberrations, premature chromosome condensation.

References

1. Kolyubaeva S.N. Hromosomnye aberratsii, mikroyadra i apoptoz v limfocitah pri radiatsionnykh vozdeystviyakh i drugih patologicheskikh sostoyaniyakh [Chromosomal aberrations, micronuclei and apoptosis in lymphocytes under radiation exposure and other pathological conditions]: Abstract dissertation Dr. Med. Sci. Obninsk. 32. p. (In Russ.)
2. Neronova E.G., Sablina A.O., Aleksanin S.S. Vozmozhnosti rekonstruktsii doz vneshnego oblucheniya u likvidatorov posledstviy avarii na Chernobyl'skoi atomnoi elektrostantsii tsitogeneticheskimi metodami [The ability of cytogenetic analysis to estimate radiation doses retrospectively in Chernobyl accident recovery workers]. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2019. N 4. Pp. 70–78. DOI: 10.25016/2541-7487-2019-0-4-70-78. (In Russ.)
3. Snigireva G.P., Bogomazova A.N., Novitskaya N.N. [et al.]. Biologicheskaya indikatsiya radiatsionnogo vozdeystviya na organizm cheloveka s ispol'zovaniem tsitogeneticheskikh metodov : meditsinskaya tekhnologiya N FS-2007/015-U [Biological indication of radiation effects on the human body using cytogenetic methods: medical technology N FS-2007/015-U]. Moskva. 2007. 29 p. (In Russ.)
4. Ainsbury E.A., Lloyd D.C. Dose estimation software for radiation biodosimetry. *Health Phys.* 2010. Vol. 98, N 2. Pp. 290–295. DOI: 10.1097/01.HP.0000346305.84577.b4.
5. Beinke C., Braselmann H., Meineke V. Establishment of an X-ray standard calibration curve by conventional dicentric analysis as prerequisite for accurate radiation dose assessment. *Health Phys.* 2010. Vol. 98, N 2. Pp. 261–268. DOI: 10.1097/HP.0b013e3181b35a53.
6. Beinke C., Port M., Riecke A. [et al.]. Adaption of the cytokinesis-block micronucleus cytome assay for improved triage biodosimetry. *Radiation Research.* 2016. Vol. 185, N 5. Pp. 461–472. DOI: 10.1667/RR14294.1.
7. Blakely W.F., Prasanna P.G.S., Kolanko C.J. [et al.]. Application of premature chromosome condensation assay in stimulated partial-body radiation exposures: evaluation of the use of an automated metaphase finder. *Stem Cells.* 1995. Vol. 13, Suppl. 1. Pp. 223–230.
8. Chambrette V., Laval F., Voisin P. The utility of lymphocyte premature chromosome condensation analysis for biological dosimetry following accidental over exposure to ionizing radiation. *Radiation Protection Dosimetry.* 1999. Vol. 82. Pp. 125–131.
9. Cytogenetic dosimetry: applications in preparedness for and response to radiation emergencies. International Atomic Energy Agency. Vienna. 2011. 229 p.
10. Darroudi F., Natarajan A.T., Bentvelzen P.A. [et al.]. Detection of total- and partial-body irradiation in a monkey model: a comparative study of chromosomal aberration, micronucleus and premature chromosome condensation assays. *Int. J. Radiat. Biol.* 1998. Vol. 74, N 2. Pp. 207–215.
11. Hayata I., Kanda R., Minamihisamatsu M. [et al.]. Cytogenetical dose estimation for 3 severely exposed patients in the JCO criticality accident in Tokai-mura. *J. Radiat. Res.* 2001. Vol. 42, Suppl: S149–S155.
12. McNamee J.P., Flegal F.N., Greene H.B. [et al.]. Validation of the cytokinesis-block micronucleus (CBMN) assay for use as a triage biological dosimetry tool. *Radiation Protection Dosimetry.* 2009. Vol. 135, N 4. Pp. 232–242. DOI: 10.1093/rpd/ncp119.
13. Neronova E.G. Construction of calibration curve for premature chromosome condensation assay for dose assessment. *Genome Integrity.* 2016. Vol. 7, N 1. Pp. 1–4. DOI: 10.4103/2041-9414.197166.
14. Pantelias GE, Maillie HD. A simple method for premature chromosome condensation induction in primary human and rodent cells using polyethylene glycol. *Somatic Cell. Genet.* 1983. Vol. 5. Pp. 533–547. DOI: 10.1007/BF01574257.
15. Tawn E.J., Curwen G.B., Jonas P. [et al.]. Chromosome aberrations determined by FISH in radiation workers from the Sellafield Nuclear Facility. *Radiation Research.* 2015. Vol. 184, N 3. Pp. 296–303. DOI: 10.1667/RR14125.1.
16. Vral A., Fenech M., Thierens H. The micronucleus assay as a biological dosimeter of in vivo ionising radiation exposure. *Mutagenesis.* 2011. Vol. 26, N 1. Pp. 11–17. DOI: 10.1093/mutage/geq078.
17. Wilkins R., Romm H., Kao T.-C. [et al.]. Interlaboratory comparison of the dicentric chromosome assay for radiation biodosimetry in mass casualty events. *Radiation Research.* 2008. Vol. 169, N 5. Pp. 551–560.

Received 02.10.2021

For citing: Neronova E.G. Postroenie kalibrovchnykh krivyykh dlya biologicheskoi tsitogeneticheskoi dozimetrii i opyt primeneniya pri meditsinskom obluchenii. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh.* 2021. N 4. Pp. 85–93. (In Russ.)

Neronova E.G. Calibration curves development for biological cytogenetic dosimetry and experience with medical exposure. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2021. N 4. Pp. 85–93. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-85-93

ОСОБЕННОСТИ БИОЭЛЕМЕНТНОГО СТАТУСА У СОТРУДНИКОВ МЧС РОССИИ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

¹ Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова
МЧС России (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2);

² Управление медико-психологического обеспечения МЧС России (Россия, Москва, ул. Ватутина, д. 1)

Актуальность. Профессиональная деятельность сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктики, вызывает продолжительные нервные и эмоциональные перегрузки, связанные с влиянием климата, физических факторов, питания [1, 2]. Принимая во внимание региональные особенности субъектов России по распространенности микроэлементозов природного и техногенного происхождения, становится очевидной необходимость исследований с целью выявления отклонений, связанных с микронутриентной обеспеченностью эссенциальными биоэлементами и нагрузкой токсичными химическими элементами у сотрудников МЧС России, работающих в Арктической зоне России.

Цель – установить региональные особенности биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктической зоны, проявляющиеся дефицитом эссенциальных и инкорпораций токсичных элементов.

Методология. Определение показателей биоэлементного статуса в пробах волос проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе «Agilent7900 ICP-MS» [6]. В исследовании приняли участие 110 сотрудников МЧС России в возрасте от 20 до 60 лет (1-я группа). Проанализированы изменения обмена химических элементов в возрастных подгруппах (20–30, 31–39 и 40 лет и более) и в зависимости от стажа работы в Арктической зоне (до 4, 5–9 и 10 лет и более). Контрольную (2-я) группу составили 104 сотрудника МЧС России Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Результаты и обсуждение. В зависимости от профессиональной деятельности у пожарных (n = 30) и спасателей (n = 80) 1-й группы различий в биоэлементном статусе не обнаружено. При сравнении показателей биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России в 1-й группе выявлен дефицит кобальта, йода, магния и селена, а также избыточное содержание токсичных элементов, таких как никель – у 9%, кадмий – у 10%, серебро – у 10%, мышьяк – у 5%, алюминий – у 11% и свинец – у 9% сотрудников. С возрастом отмечается тенденция к накоплению токсичных элементов (алюминия, мышьяка и свинца), особенно эти изменения выражены в возрастной группе после 40 лет. Установлены нарастающий дефицит магния, селена, йода и динамика накопления алюминия, мышьяка и свинца у сотрудников со стажем работы в условиях Арктической зоны 10 лет и более.

Заключение. В результате оценки биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктики, для профилактики дисэлементозов следует принимать витаминно-минеральные комплексы, содержащие йод, магний, селен и кобальт; для более быстрого выведения избытка токсичных элементов – использовать сорбенты и включить в рацион питания продукты, которые богаты пищевыми волокнами. Рекомендуется внедрение определения химических элементов в биологическом материале (волосы) в план диспансерного наблюдения у лиц, работающих в условиях Крайнего Севера. Это будет особенно актуально для лиц с длительным стажем работы и возрастом 40 лет и более для определения групп риска и индивидуальной коррекции нарушений метаболизма.

Ключевые слова: пожарный, спасатель, биоэлементный статус, эссенциальные элементы, токсичные элементы, Арктика, МЧС России.

Введение

Последнее время набирает рост актуальность исследований, связанных с обменом биогенных химических веществ [4, 9]. Нарушения биоэлементного статуса в организме

являются важным компонентом понижения адаптационно-приспособительных механизмов, что дает основание считать микроэлементозы одним из факторов риска развития соматической патологии [3, 5, 8].

Яковлева Мария Владимировна – канд. биол. наук., ст. науч. сотр., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: iakorobok@mail.ru;

✉ Санников Максим Валерьевич – канд. мед. наук доц., вед. науч. сотр., Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: smakv@mail.ru; Нестеренко Наталия Владимировна – канд. мед. наук доц., нач. Упр. медико-психол. обеспечения МЧС России (Россия, 121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1), e-mail: umro08@yandex.ru;

Алексанин Сергей Сергеевич – д-р. мед. наук проф., чл.-кор. Рос. акад. наук, директор, Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 4/2), e-mail: medicine@nrcerm.ru

Плохая экология, урбанизация, промышленные производства и другие техногенные процессы, неадекватные вкусовые предпочтения и привычки – причина ухудшения биоэлементного статуса у людей. Требуется сохранность оптимального биоэлементного гомеостаза, особенно у людей, которые в силу особенностей трудовых условий превышают индивидуальные пределы адаптационных резервов, в частности, в напряженных условиях среды. Для представителей лиц опасных профессий характерны нарушения обмена питательных веществ, в частности, химических макро- и микроэлементов, что подтверждается научными исследованиями [2, 10]. Это способствует целому каскаду нарушений в регуляции обменных процессов со снижением функциональных резервов, последующей дезадаптацией и возникновением соматической патологии [11, 12].

Сотрудники МЧС России, работающие в условиях Арктики, безусловно, относятся к этой профессиональной группе. Нередко их труд связан с продолжительными физическими и эмоциональными нагрузками. Климат, география, хозяйственные и бытовые условия, питание, физические и химические факторы в деятельности лежат в основе текущей ситуации с состоянием их здоровья. Принимая во внимание региональные особенности субъектов России, в частности, распространенность микроэлементозов природного и техногенного происхождения, становится очевидной необходимость исследований по микронутриентной обеспеченности эссенциальными биоэлементами и нагрузкой токсичными химическими элементами у сотрудников МЧС России, работающих в Арктической зоне.

Цель – установить региональные особенности биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктической зоны.

Материал и методы

1-ю группу составили 110 сотрудников Мурманского арктического комплексного аварийно-спасательного центра филиала Северо-Западного регионального поисково-спасательного отряда МЧС России и специализированной пожарной части, пожарно-спасательной части № 7 Главного управления МЧС России по Мурманской области (г. Мурманск и г. Кировск Мурманской области), которых обследовали в начале полярной ночи в 2019 г. и после окончания полярной ночи в феврале 2020 г.

Сотрудников МЧС России 1-й группы разделили на подгруппы: 80 (72,7%) спасателей, участвующих в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, не связанных с пожаротушением, составили подгруппу 1А, 30 (27,3%) пожарных, принимающих непосредственное участие в тушении пожара, – подгруппу 1Б. В возрасте 20–30 лет было 32 (29,1%) сотрудника 1-й группы, 31–39 лет – 49 (44,5%), 40 лет и более – 29 (26,4%) сотрудников. Стаж работы в условиях Арктики до 4 лет имели 34 (30,9%) человека, 5–9 лет – 44 (40%), 10 лет и более – 32 (29,1%) сотрудника МЧС России 1-й группы.

В качестве сравнения (2-я группа) использовали показатели химического состава биосубстратов (волос) у 104 сотрудников (пожарные и спасатели) МЧС России Северо-Западного региона (Санкт-Петербург и Ленинградская область).

Отбор проб волос проводили в соответствии с утвержденной методикой (МУК 4.1.1483-03). Исследование биопроб волос осуществили в лаборатории элементного анализа Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. Определение показателей биоэлементного статуса в пробах волос проводили методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на приборе «Agilent7900 ICP-MS» [6, 10]. В ходе исследования определяли 35 химических элементов [жизненно необходимых – бор (В), натрий (Na), магний (Mg), фосфор (P), калий (K), кальций (Ca), ванадий (V), хром (Cr), железо (Fe), марганец (Mn), кобальт (Co), медь (Cu), цинк (Zn), селен (Se), йод (I), молибден (Mo), кремний (Si), германий (Ge); токсичных – титан (Ti), сурьма (Sb), серебро (Ag), алюминий (Al), мышьяк (As), барий (Ba), бериллий (Be), кадмий (Cd), цезий (Cs), ртуть (Hg), литий (Li), никель (Ni), свинец (Pb), рубидий (Rb), стронций (Sr), таллий (Tl), олово (Sn)].

Для обработки и анализа данных использовали пакет прикладных программ Statistica 7.0. В тексте представлены медианы показателей химического состава биосубстратов, сходство–различия в группах провели при помощи U-критерия Манна–Уитни.

Результаты и их анализ

С целью оценки влияния на биоэлементный статус факторов профессиональной деятельности у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктики (1-я группа), провели сравнение показателей биоэлементного статуса в подгруппах 1А и 1Б. Достоверных отли-

Таблица 1

Содержание химических элементов в пробах волос у спасателей и пожарных МЧС России, работающих в Арктической зоне России, мкг/г

Элемент	Подгруппа, медиана		Референтный интервал	Элемент	Подгруппа, медиана		Референтный интервал
	1А	1Б			1А	1Б	
Алюминий	11,89	12,26	6,00–30,00	Мышьяк	0,016	0,019	0,001–0,100
Барий	0,69	0,83	0,20–5,00	Натрий	242,05	231,35	38,0–800,0
Бериллий	0,000	0,000	0,000–0,010	Никель	0,41	0,32	0,10–2,00
Бор	0,42	0,59	0,10–3,50	Олово	0,34	0,26	0,00–5,00
Ванадий	0,021	0,017	0,005–0,500	Ртуть	0,107	0,098	0,000–2,000
Германий	0,084	0,085	0,070–0,500	Рубидий	0,059	0,098	0,001–1,500
Железо	21,05	17,35	10,00–50,00	Свинец	0,79	0,40	0,10–5,00
Йод	0,060	0,084	0,100–4,200	Селен	0,48	0,51	0,50–2,20
Кадмий	0,04	0,02	0,01–0,25	Серебро	0,112	0,084	0,001–0,300
Калий	96,1	113,6	30,0–460,0	Стронций	2,04	0,86	0,30–5,00
Кальций	454,4	463,7	300,0–1700,0	Сурьма	0,01	0,02	0,00–0,50
Кобальт	0,037	0,034	0,050–0,500	Талий	0,00	0,00	0,00–0,02
Кремний	145,8	263,5	50,0–1900,0	Титан	1,557	1,380	0,048–14,000
Литий	0,019	0,039	0,000–0,250	Фосфор	111,1	131,8	50,0–200,0
Магний	48,03	45,38	25,00–140,00	Хром	0,20	0,40	0,15–2,00
Марганец	0,52	0,39	0,10–1,00	Цезий	0,00	0,00	0,00–0,00
Медь	6,65	7,83	5,70–15,00	Цинк	109,7	89,1	75,0–230,0
Молибден	0,044	0,036	0,020–0,500				

чий выявлено не было, что позволило объединить эти подгруппы в одну группу (табл. 1).

Для оценки региональных особенностей биоэлементного статуса у спасателей и пожарных, работающих в Арктическом регионе, проведено сравнение содержания химических элементов в волосах у сотрудников МЧС России 1-й и 2-й группы (табл. 2). По сравнению с Северо-Западным регионом у спасателей и пожарных, работающих в Арктическом регионе, был выявлен дефицит жизненно необходимых элементов: йода, магния и селена.

Разница медиан между 1-й и 2-й группой по этим элементам достигала 1,6–1,9 раза, отличия на уровне $p < 0,05$. Обращает на себя внимание дефицит кобальта в двух сравниваемых группах, медиана этого показателя была меньше нижней границы референтного интервала (см. табл. 1), что характерно для геохимических регионов проживания этих лиц.

Кобальт – жизненно важный биоэлемент, является неотъемлемой частью ферментативных процессов, входит в состав цианокобаламина (B_{12}), участвует в образовании тиреоидных гор-

Таблица 2

Содержание химических элементов в пробах волос у спасателей и пожарных МЧС России, работающих в Арктической зоне России, и референтной группы, мкг/г

Элемент	Группа, медиана		p <	Элемент	Группа, медиана		p <
	1-я	2-я			1-я	2-я	
Алюминий	12,21	9,46	0,05	Мышьяк	0,016	0,012	0,05
Барий	0,72	0,99		Натрий	234,8	213,2	
Бериллий	0,000	0,000		Никель	0,35	0,24	
Бор	0,48	0,304		Олово	0,29	0,36	
Ванадий	0,017	0,027		Ртуть	0,101	0,195	
Германий	0,085	0,092		Рубидий	0,084	0,090	
Железо	19,88	24,62		Свинец	0,59	0,16	
Йод	0,072	0,118		Селен	0,49	0,92	
Кадмий	0,03	0,01		Серебро	0,105	0,086	
Калий	105,8	93,4		Стронций	1,51	0,95	
Кальций	457,2	316,4	0,05	Сурьма	0,01	0,00	
Кобальт	0,036	0,039		Талий	0,00	0,00	
Кремний	210,9	278,9		Титан	1,52	2,18	
Литий	0,034	0,068		Фосфор	121,1	118,8	
Магний	45,59	81,46		Хром	0,29	0,31	
Марганец	0,45	0,34		Цезий	0,00	0,00	
Медь	7,19	6,85		Цинк	94,5	84,9	
Молибден	0,040	0,036					

монов. В состав тиреоидных и тиреотропных гормонов также входит йод. Йододефицитные состояния ассоциированы с пролиферацией клеток щитовидной железы и накоплением коллоида с формированием зоба.

Выявленный дефицит селена аналогично связан с метаболизмом тиреоидных гормонов и сочетается с йододефицитом. Кроме того, низкое содержание селена сопутствует накоплению тяжелых металлов [5, 12]. Селенодефицитные состояния в совокупности с йодной недостаточностью могут способствовать возникновению дефектов в обмене и секреции гормонов щитовидной железы. Именно поэтому в обследованной группе в связи с выявленными низкими уровнями йода и селена важно регулярное наблюдение врачами-эндокринологами.

Магний является участником мышечно-нервной деятельности и, согласно данным литературы, его дисбаланс характерен для работников опасных профессий как ответ на стресс-индуцирующие факторы среды: внутриклеточный запас Mg_2^+ истощается за счет надпочечниковой секреции адреналина и норадреналина. Дефицит магния приводит к артериальной гипертензии. Раннее выявление магний-дефицитных состояний может быть важным фактором предупреждения срыва адаптации и развития кардиологических патологий у лиц опасных профессий. Именно поэтому алиментарное обеспечение магнием необходимо для специалистов, деятельность

которых проходит в экстремальных условиях. Магний принимает участие и в метаболизме кальция, который быстро выводится из костного матрикса и оседает в почках и мышечной ткани. В костном матриксе представлен наибольший запас кальция в виде фосфатов, его доля от общего кальция составляет 98 %. Кальций также необходим для свертывающей системы крови, адекватной работы миоцитов, секреции нейромедиаторов и гормонов [4, 9].

Медианы уровней токсичных элементов в биоматериале у большинства сотрудников 1-й группы не выходили за пределы референтных значений (см. табл. 2). Однако в 1-й группе в 3,7 раза по сравнению со 2-й группой было повышено содержание свинца (отличия на уровне $p < 0,05$) и в 1,5 раза стронция, наоборот, во 2-й группе практически в 2 раза оказалось выше содержание лития и в 1,5 раза – титана, однако, медиана этих показателей в двух группах укладывалась в рамки референтного интервала.

В то же время, необходимо отметить, что у ряда спасателей и пожарных 1-й группы показатель концентрации некоторых токсичных элементов был больше верхней границы референтного интервала, у 9 % сотрудников – по содержанию никеля и свинца, у 10 % – кадмия и серебра, у 11 % – алюминия, у 5 % – мышьяка.

Содержание биоэлементов в пробах волос у сотрудников 1-й группы, относящихся к выделенным возрастным группам, приведено в табл. 3. Статистически значимые отличия

Таблица 3

Содержание химических элементов в пробах волос у сотрудников МЧС России, работающих в Арктической зоне России, в зависимости от возраста, мкг/г

Элемент	Возраст (лет), медиана			$p < 0,05$	Элемент	Возраст (лет), медиана			$p < 0,05$
	20–30 (1)	31–39 (2)	40 и более (3)			20–30 (1)	31–39 (2)	40 и более (3)	
Алюминий	9,14	8,06	23,27	***	Мышьяк	0,004	0,003	0,026*	***
Барий	0,50	0,36	0,87		Натрий	202,2	197,9	299,8	
Бериллий	0,000	0,000	0,000		Никель	0,30	0,27	0,44	
Бор	0,32	0,57	0,54	***	Олово	0,20	0,54	0,80	***
Ванадий	0,018	0,015	0,024		Ртуть	0,055	0,052	0,112	
Германий	0,074	0,072	0,093		Рубидий	0,086	0,083	0,081	
Железо	19,64	18,00	27,98		Свинец	0,11	0,21	0,99	
Йод	0,084	0,069	0,032		Селен	0,52	0,50	0,22	
Кадмий	0,02	0,02	0,05		Серебро	0,087	0,092	0,112	
Калий	110,8	97,3	90,6		Стронций	1,16	0,75	2,24	
Кальций	468,9	494,8	368,6		Сурьма	0,01	0,00	0,01	
Кобальт	0,035	0,040	0,037		Талий	0,000	0,000	0,000	
Кремний	231,7	223,3	204,0		Титан	0,946	0,956	1,557	
Литий	0,029	0,033	0,048	***	Фосфор	127,7	119,7	112,8	
Магний	54,29	46,99	28,59		Хром	0,19	0,17	0,35	
Марганец	0,37	0,44	0,78		Цезий	0,00	0,00	0,00	
Медь	6,21	5,99	9,22		Цинк	97,87	90,17	78,69	
Молибден	0,031	0,038	0,045						

Здесь и в табл. 4 – различия: * между (1) и (3), ** между (2) и (3), *** между (1) и (2).

между группами выявлены по трем жизненно необходимым элементам, так для возрастной группы более 40 лет было характерно снижение концентрации йода в 2,1–2,6 раза по сравнению с возрастными подгруппами 20–30 и 31–39 лет, магния – в 1,6–1,8 раза и селена – в 2,2–2,3 раза. Также отмечается тенденция к снижению в старшей возрастной подгруппе концентрации кальция. Влияние снижения этих жизненно необходимых элементов на организм представлено ранее. Кроме того, содержание кобальта в волосах было меньше нижней границы референтного интервала во всех возрастных группах обследованных, что, скорее всего, объясняется геохимическими особенностями данного региона. Полученные данные согласуются с ранее проведенными исследованиями, где установлено, что с возрастом у человека достоверно прогрессирует дефицит магния, селена и йода [4, 7].

Анализ содержания токсичных микроэлементов показал, что у лиц старшей возрастной подгруппы (40 лет и более) было статистически значимо больше содержание ряда элементов, например, алюминия – в 2,5–2,8 раза, мышьяка – в 6,5–8,6 раза, а свинца – в 4,7–9,0 раз. Необходимо отметить, что содержание свинца

в старшей возрастной подгруппе было выше в 2 раза по сравнению с подгруппой 20–30 лет. Можно предположить, что тенденция к накоплению токсичных элементов (алюминия, мышьяка и свинца) после 40 лет связана как с геохимическими особенностями региона, так и, возможно, с профессиональной деятельностью обследуемой группы (рис. 1). Возможно, воздействие этих токсичных элементов на организм сказывается следующим образом: алюминий снижает активность пищеварительных желез и ферментов пищеварения; мышьяк имеет нейротоксическое и иммунотоксическое воздействие и обладает гепатотоксическим свойством; свинец в организме нарушает синтез гема и глобина, белков и общую ферментативную активность [5].

Анализ содержания химических элементов в волосах спасателей и пожарных 1-й группы в зависимости от стажа работы (подгруппы 0–4 года; 5–9 лет; 10 лет и более) показал похожие тенденции развития при сравнении с возрастными группами (табл. 4). Статистически значимые отличия были получены по трем токсичным элементам (алюминий, мышьяк, свинец) и трем жизненно необходимым (йод, магний, селен). Динамика изменений содер-

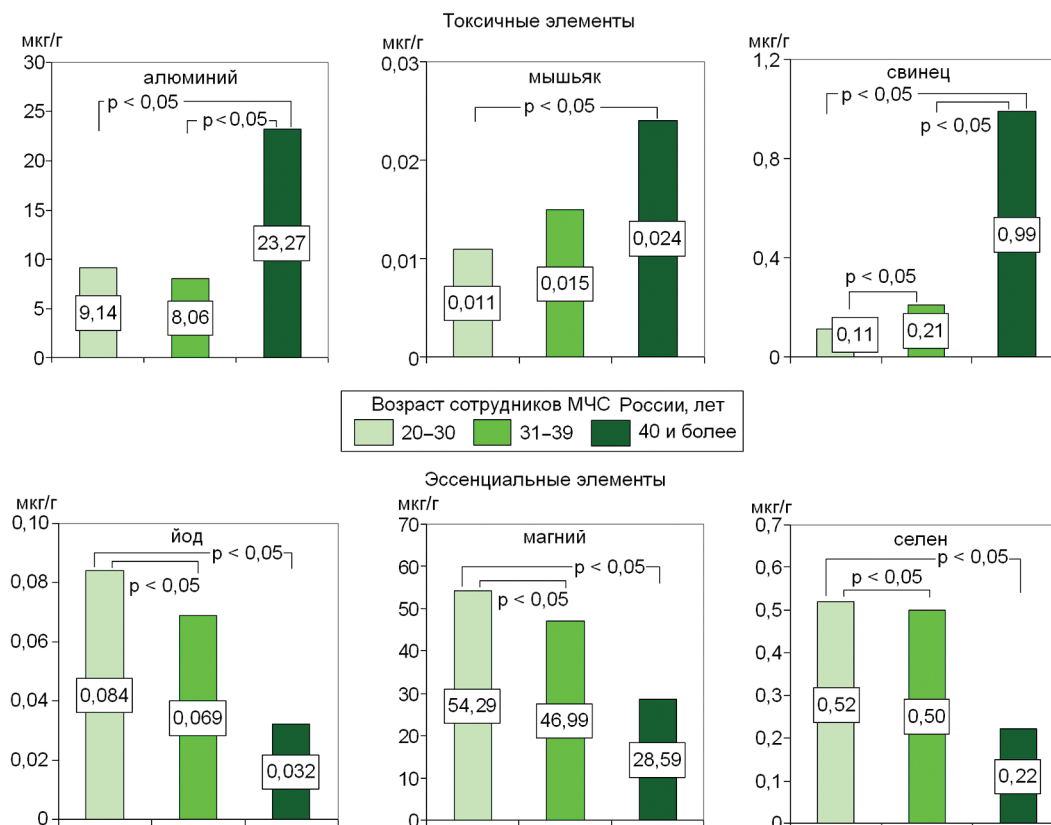


Рис. 1. Изменения химических элементов в пробах волос у сотрудников МЧС России, работающих в Арктическом регионе, в зависимости от возраста.

Таблица 4

Содержание химических элементов в пробах волос у сотрудников МЧС России
в зависимости от стажа работы в Арктической зоне, мкг/г

Элемент	Стаж работы (лет), медиана			p < 0,05	Элемент	Стаж работы (лет), медиана			p < 0,05
	0–4 (1)	5–9 (2)	10 и более (3)			0–4 (1)	5–9 (2)	10 и более (3)	
Алюминий	10,26	12,86	20,23	*	Мышьяк	0,011	0,015	0,024	*
Барий	0,78	0,870	0,55		Натрий	202,763	259,428	225,973	
Бериллий	0,000	0,000	0,000		Никель	0,380	0,393	0,345	
Бор	0,278	0,593	0,460		Олово	0,30	0,15	0,33	
Ванадий	0,019	0,014	0,021		Ртуть	0,117	0,060	0,064	
Германий	0,090	0,071	0,076		Рубидий	0,088	0,075	0,103	
Железо	17,33	20,95	21,63		Свинец	0,38	0,41	1,05	*
Йод	0,072	0,051	0,026	*	Селен	0,540	0,47	0,25	*
Кадмий	0,03	0,05	0,02		Серебро	0,095	0,127	0,107	
Калий	110,64	100,87	92,45		Стронций	1,77	1,25	1,63	
Кальций	579,24	449,13	363,09		Сурьма	0,01	0,01	0,00	
Кобальт	0,043	0,037	0,032		Талий	0,000	0,000	0,000	
Кремний	216,975	291,925	193,150		Титан	1,50	0,89	1,64	
Литий	0,020	0,028	0,040		Фосфор	121,20	123,03	120,94	
Магний	50,380	59,718	31,155	*	Хром	0,18	0,27	0,35	
Марганец	0,360	0,485	0,71		Цезий	0,000	0,000	0,000	
Медь	7,61	9,24	6,98		Цинк	98,483	89,863	66,065	
Молибден	0,044	0,037	0,040						

жания этих элементов в волосах показала, что с увеличением стажа работы увеличивается содержание токсичных веществ, при сравнении с подгруппами по стажу 0–4 года и 10 лет и более по алюминию – в 2 раза, по мышьяку –

в 2,2 раза, по свинцу – в 2,8 раза. Напротив, по жизненно необходимым элементам установлен нарастающий дефицит магния в 1,6 раза, селена – в 2 раза и йода – в 2,7 раза (рис. 2). Полученные данные позволяют говорить, что

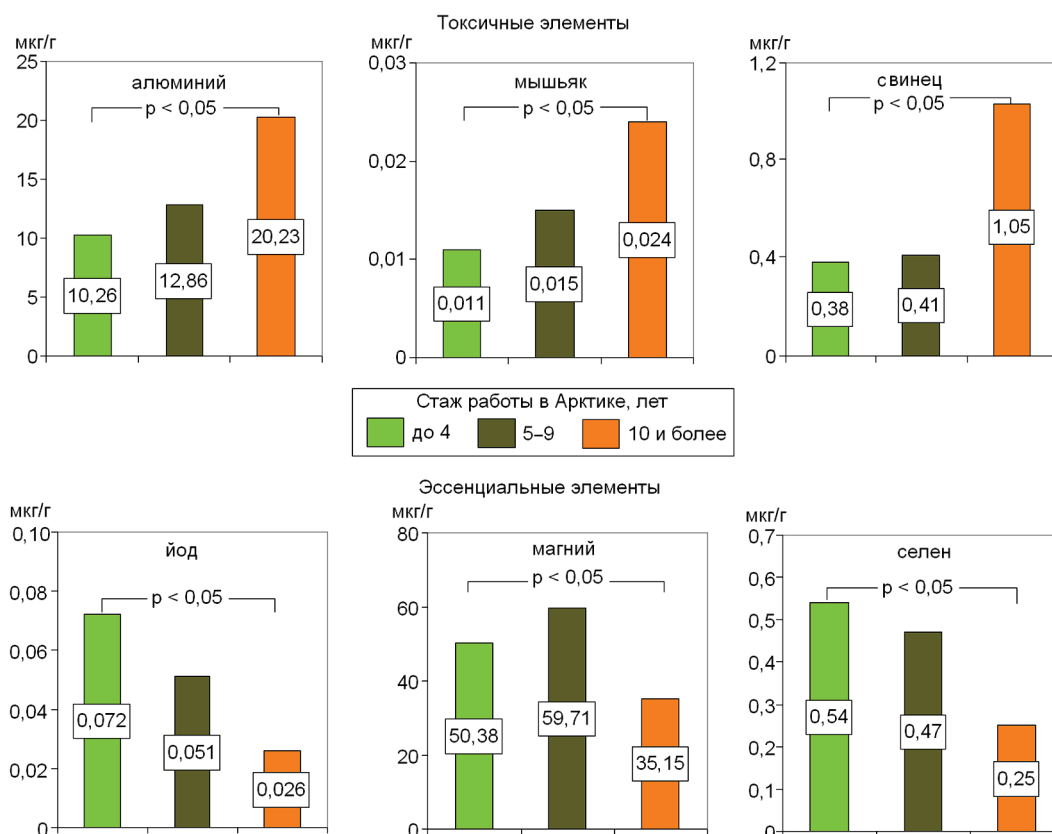


Рис. 2. Изменения химических элементов в пробах волос у сотрудников МЧС России в зависимости от профессионального стажа работы в Арктической зоне.

фактор стажа работы по специальности играет определенную роль в дефиците эссенциальных и инкорпорации токсичных элементов, что может оказывать влияние на метаболизм в организме и вызывать изменения в состоянии здоровья.

В результате оценки биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктики, предлагаются ряд практических профилактических мероприятий, а именно:

- прием витаминно-минеральных комплексов, которые должны содержать йод, магний, селен и кобальт;
- для более быстрого выведения избытка токсичных элементов использование сорбентов, а также включение в рацион питания продуктов, которые богаты пищевыми волокнами;
- 1 раз в год исследование биоэлементного статуса лиц, работающих в условиях Арктического региона, при проведении периодического медицинского осмотра, что особенно актуально для лиц с длительным стажем работы и возрастом более 40 лет, что будет способствовать адекватному определению групп риска и индивидуальной коррекции нарушений метаболизма.

Заключение

При сравнении показателей биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктики, не выявлено статистически значимых отличий по содер-

жанию эссенциальных и токсичных микроэлементов между профессиональными подгруппами спасателей и пожарных.

По сравнению с сотрудниками МЧС Северо-Западного региона у спасателей и пожарных, работающих в Арктическом регионе, установлен статистически значимый дефицит по содержанию йода, магния и селена, выявлено избыточное содержание токсичных элементов, таких как алюминий – у 11% обследованных лиц, кадмий и серебро – у 10%, никель и свинец – у 9%, мышьяк – у 5%.

Установлено, что у спасателей и пожарных МЧС России, работающих в Арктическом регионе, с возрастом прогрессирует дефицит магния, селена и йода. Также с возрастом отмечается тенденция к накоплению токсичных элементов (алюминия, мышьяка и свинца), особенно изменения выражены в возрастной группе после 40 лет.

Выявлены нарастающий дефицит магния, селена, йода и динамика накопления алюминия, мышьяка и свинца у сотрудников со стажем работы в условиях Арктической зоны более 10 лет.

Рекомендуется внедрение оценки химических элементов в биологическом материале (волосы) в план диспансерного наблюдения за лицами, работающими в условиях Арктического региона, для определения групп риска и индивидуальной коррекции нарушений метаболизма, что особенно актуально для лиц с длительным стажем работы и возрастом 40 лет и более.

Литература

1. Алексанин С.С., Астафьев О.М., Санников М.В. [и др.]. Оценка функционального состояния и формированию групп риска развития заболеваний органов пищеварения и костно-мышечной системы у специалистов ГПС : метод. рекомендации. СПб., 2014. 45 с.
2. Евдокимов В.И. Циркумпольная медицина : метаанализ отеч. науч. статей (2005–2018 гг.) : монография / Всерос. центр экстрен. и радиац. медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : Политехника-принт, 2019. 268 с.
3. Калетин Г. И. Влияние дисбаланса микроэлементов на регуляцию апоптоза // Вестник ОГУ. 2006. № 12. Прил. Биоэлементология. С. 111–113.
4. Калетина Н.И., Калетин Г.И. Микроэлементы – биологические регуляторы // Наука в России. 2007. № 1. С. 12–19.
5. Кудрин А.В., Громова О.А. Микроэлементы в иммунологии и онкологии. М. : ГЭОТАР-МЕД., 2007. 544 с.
6. Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: метод. указания. М. : Федер. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 56 с.
7. Радыш И.В., Скальный А.В., Нотова С.В. [и др.]. Введение в элементологию : учеб. пособие / Оренбург. гос. ун.-т. Оренбург: ОГУ, 2017. 209 с.
8. Серебрянский Е.П., Скальный А.В., Чечеватова О.Ю. Комплексный подход к элементному анализу волос с использованием методов ИСП-АЭС и ИСП-МС // Микроэлементы в медицине. 2003. Т. 4, вып. 1. С. 41–46.
9. Скальный А.В., Киричук А.А. Химические элементы в экологии, физиологии человека и медицине / Рос. ун-т дружбы народов. М., 2020. 216 с.

10. Харламычев Е.М. Особенности формирования биоэлементного статуса сотрудников Федеральной противопожарной службы МЧС России : автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2012. 24 с.
11. Rana S.V.S. Metals and apoptosis: recent developments // Journal of trace elements in medicine and biology. 2008. Vol. 22, N 11. P. 262–284. DOI: 10.1016/j.jtemb.2008.08.002.
12. Moncayo R., Kroiss A., Oberwinkler M. [et al]. The role of selenium, vitamin C, and zinc in benign thyroid diseases and of selenium in malignant thyroid diseases: Low selenium levels are found in subacute and silent thyroiditis and in papillary and follicular carcinoma // BMC Endocrine Disorders. 2008. Vol. 8, N 2. P. 1–12. DOI: 10.1186/1472-6823-8-2.

Поступила 18.11.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Вклад авторов: М.В. Яковлева – анализ, интерпретация и статистическая обработка данных, участие в написании статьи; М.В. Санников – участие в сборе и обработке материала, анализ полученных данных, участие в написании статьи, оформление окончательного варианта статьи; Н.В. Нестеренко – разработка концепции исследования, научная консультация; С.С. Алексанин – разработка идеи и руководство проведением исследования, редактирование статьи.

Для цитирования. Яковлева М.В., Санников М.В., Алексанин С.С., Нестеренко Н.В. Особенности биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктической зоны // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 94–102. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-94-102

Features of the bioelement status in Russian EMERCOM employees working in the Arctic zone

Yakovleva M.V.¹, Sannikov M.V.¹, Aleksanin S.S.¹, Nesterenko N.V.²

¹ Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia
(4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia);

² Department of Medical and Psychological Support, EMERCOM of Russia (1, Vatutina Str., Moscow, 121357, Russia)

Maria Vladimirovna Yakovleva – PhD Biol. Sci. Associate Prof., Head of Bioelemental Analysis Lab, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: jakorobok@mail.ru;

✉ Maksim Valerievich Sannikov – PhD Med. Sci. Associate Prof., Deputy Head, Medical Registry Department, the Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: smakv@mail.ru;

Sergey Sergeevich Aleksanin – Dr. Med. Sci. Prof., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia (4/2, Academica Lebedeva Str., St. Petersburg, 194044, Russia), e-mail: medicine@nrcerm.ru

Natalya Vladimirovna Nesterenko – PhD Med. Sci., Head of the Department of Medical and Psychological Support, EMERCOM of Russia (1, Vatutina Str., Moscow, 121357, Russia), e-mail: umpo08@mail.ru;

Abstract

Relevance. Occupational activities of Russian Emercom employees in the Arctic zone are associated with prolonged nervous and emotional overload due to physical and climatic factors, as well as nutrition features. Taking into account regional peculiarities of different Russian territories, in particular, the prevalence of microelementoses of natural and man-made origin, it becomes obvious that research is needed to identify disorders related to micronutrient availability of essential bioelements and the load of toxic chemical elements in Russian EMERCOM employees working in the Arctic zone of the Russian Federation.

Intention. To establish regional features of the bioelement status in Russian Emercom employees working in the Arctic zone with such manifestations as deficiency of essential bioelements and incorporation of toxic elements.

Methodology. Bioelements were assessed in hair samples via inductively coupled plasma mass spectrometry (Agilent 7900 ICP-MS). In total, 110 Russian Emercom employees aged from 20 to 60 years took part in the study (Group 1). Changes in metabolism of chemical elements were analyzed by age (20–30 vs 31–39 vs 40+ years) and the length of service in the Arctic zone (< 4 vs 5–9 vs 10+ years). A control group comprised 104 EMERCOM employees working in St. Petersburg and Leningrad region.

Results and Discussion. No bioelement differences were observed in Group 1 between fire-fighters (n = 30) and rescue workers (n = 80). When assessing the bioelement status in Russian EMERCOM employees, Group 1 showed deficiencies of cobalt, iodine, magnesium and selenium as well as excessive content of such toxic elements as nickel (in 9 % of employees), cadmium (10 %), silver (10 %), arsenic (5 %), aluminum (11 %) and lead (9 %). With age, toxic elements (aluminum, arsenic and lead) tended to accumulate, especially after 40 years. There were established increasing deficiencies of iodine, magnesium and selenium along with accumulation of aluminum, arsenic and lead in employees with 10-year and longer service in the Arctic zone.

Conclusion. Based on the bioelement data from Russian EMERCOM employees working in the Arctic, it is reasonable to take vitamin and mineral complexes containing iodine, magnesium, selenium and cobalt to prevent diselementoses. Besides, sorbents and high-fiber foods can help faster remove excess toxic elements. Assessment of chemical elements in biological material (hair) should be included in the follow-up examinations of employees working in the Far North. This will be especially relevant in case of long-term work and age 40+ years for adequate identification of risk groups and individual correction of metabolic disorders.

Keywords: fireman, rescuer, emergency workers, bioelement status, vital elements, toxic elements, Arctic zone, EMERCOM of Russia.

References

1. Aleksanin S.S., Astaf'ev O.M., Sannikov M.V. [et al.]. Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya i formirovaniyu grupp riska razvitiya zabolevaniy organov pishchevareniya i kostno-myshechnoy sistemy u spetsialistov GPS [Assessment of the functional state and formation of risk groups for the development of diseases of the digestive system and musculoskeletal system in GPS specialists]. Sankt-Peterburg. 2014. 45 p. (In Russ.)
2. Evdokimov V.I. Tsirkumpolyarnaya meditsina : metaanaliz otechestvennykh nauchnykh statei (2005–2018 gg.) : monografiya [Circumpolar medicine : metaanalysis of domestic articles (2005–2018): monograph]. Sankt-Peterburg 2019. 268 p. (In Russ.)
3. Kaletin G. I. Vliyaniye disbalansa mikroelementov na regulyatsiyu apoptoza [The effect of the imbalance of trace elements on the regulation of apoptosis]. *Vestnik OGU* [Bulletin of Omsk State University]. 2006. N 12. Pp. 111–113. (In Russ.)
4. Kaletina N.I., Kaletin G.I. Mikroelementy – biologicheskie regulatory [Trace elements – biological regulators]. *Nauka v Rossii* [Trace elements – biological regulators]. 2007. N 1. Pp. 12–19. (In Russ.)
5. Kudrin A.V., Gromova O.A. Mikroelementy v immunologii i onkologii [Trace elements in immunology and oncology]. Moskva. 2007. 544 p. (In Russ.)
6. Opređenje khimicheskikh elementov v biologicheskikh sredakh i preparatakh metodami atomno-emissionnoi spektrometrii s induktivno svyazannoi plazmoi i mass-spektrometrii s induktivno svyazannoi plazmoi: metodicheskie ukazaniya [Determination of chemical elements in biological media and preparations by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma and mass spectrometry with inductively coupled plasma: method. instructions]. Moskva. 2003. 56 p. (In Russ.)
7. Radysh I.V., Skal'nyi A.V., Notova S.V. [et al.]. Vvedeniye v elementologiyu [Introduction to Elementology: a textbook]. Orenburg. 2017. 209 p. (In Russ.)
8. Serebryanskii E.P., Skal'nyi A.V., Chechevatova O.Yu. Kompleksnyi podkhod k elementnomu analizu volos s ispol'zovaniem metodov ISP-AES i ISP-MS [Integrated approach to elemental analysis of hair using ICP-AES and ICP-MS methods]. *Mikroelementy v meditsine* [Trace Elements in Medicine]. 2003. Vol. 4, Iss. 1. Pp. 41–46. (In Russ.)
9. Skal'nyi A.V., Kirichuk A.A. Khimicheskie elementy v ekologii, fiziologii cheloveka i meditsine [Chemical elements in ecology, human physiology and medicine]. Moskva. 2020. 216 p. (In Russ.)
10. Kharlamychev E.M. Osobennosti formirovaniya bioelementnogo statusa sotrudnikov Federal'noi protivopozharnoi sluzhby MChS Rossii [Features of the formation of the bioelement status of employees of the Federal Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia] : Abstract dissertation PhD Med. Sci. Sankt-Peterburg. 2012. 24 p. (In Russ.)
11. Rana S.V.S. Metals and apoptosis: recent developments. *Journal of trace elements in medicine and biology*. 2008. Vol. 22, N 11. R. 262–284. DOI: 10.1016/j.jtemb.2008.08.002.
12. Moncayo R., Kroiss A., Oberwinkler M. [et al.]. The role of selenium, vitamin C, and zinc in benign thyroid diseases and of selenium in malignant thyroid diseases: Low selenium levels are found in subacute and silent thyroiditis and in papillary and follicular carcinoma. *BMC Endocrine Disorders*. 2008. Vol. 8, N 2. R. 1–12. DOI: 10.1186/1472-6823-8-2.

Received 18.11.2021

For citing: Yakovleva M.V., Sannikov M.V., Aleksanin S.S., Nesterenko N.V. Osobennosti bioelementnogo statusa u sotrudnikov MChS Rossii, rabotayushchikh v usloviyakh Arkticheskoi zony. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*. 2021. N 4. Pp. 94–102. (In Russ.)

Yakovleva M.V., Sannikov M.V., Aleksanin S.S., Nesterenko N.V. Features of the bioelement status in Russian EMERCOM employees working in the Arctic zone. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2021. N 4. Pp. 94–102. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-94-102

РОЛЬ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ И ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ В ФОРМИРОВАНИИ ДИСТРЕССА И ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ У МЕДИЦИНСКИХ РАБОТНИКОВ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ COVID-19

¹ Национальный медицинский исследовательский центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3);

² Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет
(Россия, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2);

³ Санкт-Петербургский государственный университет (Россия, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6)

Актуальность обусловлена необходимостью выявления факторов риска эмоционального дистресса у медицинских работников в период пандемии COVID-19 для разработки системы профилактики психических расстройств и профессионального выгорания.

Цель – изучение факторов, связанных с выраженностью проявлений дистресса и эмоционального выгорания у медицинских работников в период пандемии новой коронавирусной инфекции.

Методология. В онлайн-исследовании, проведенном методом поперечного среза в период с августа 2020 г. по апрель 2021 г., приняли участие 359 медицинских работников (врачи разных специальностей – 172 человека, медицинские сестры – 134, медицинские психологи – 40, младший медицинский персонал – 3, медработники, не указавшие свою профессию, – 10). В качестве методов исследования применялись полуструктурированное интервью; опросник профессионального выгорания для медицинских работников К. Маслач в адаптации Н.Е. Водопьяновой и Е.С. Старченковой; специально разработанные для исследования визуальные аналоговые шкалы. Статистическая обработка данных включала дисперсионный анализ, метод Краскела–Уоллиса, U-критерий Манна–Уитни, t-критерий Стьюдента, коэффициент корреляции Спирмена.

Результаты и их анализ. Выявлен высокий уровень эмоционального выгорания в общей выборке медицинских работников. Наиболее выраженные признаки эмоционального неблагополучия, истощения и деперсонализации обнаруживаются у врачей по сравнению с медицинскими сестрами и психологами. Показатель «Субъективное ощущение высокого риска заражения COVID-19» выступает в качестве стержневой характеристики, связанной с разнообразными проявлениями эмоционального неблагополучия и выгорания медицинских работников, и может рассматриваться в качестве центрального индикатора выраженности дистресса. Особенности выполняемой медработниками профессиональной деятельности, их возраст, стаж, уровень образования и рабочей нагрузки, а также характер отношений в семье являются характеристиками, связанными с выраженностью проявлений эмоционального дистресса и профессионального выгорания в период пандемии и должны учитываться при создании программ по оказанию психологической помощи медицинскому персоналу. К потенциальным источникам стресса у медицинских работников относятся переживание выраженной тревоги в связи с возможной болезнью COVID-19 близкого человека и ухудшение материального положения.

Заключение. В качестве значимых компонентов профилактических программ необходимо рассматривать проработку ситуаций, вызывающих выраженную тревогу, а также факторов, способствующих усилению аддитивных форм поведения у медицинских работников в период пандемии.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, пандемия, COVID-19, медицинский работник, врач, эмоциональный дистресс, выгорание, фактор риска, профилактика.

Шишкова Александра Михайловна – канд. психол. наук, ст. науч. сотр. лаб. клинич. психологии и психодиагностики, Нац. мед. исслед. центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Россия, 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3); доц. каф. клинич. психологии, С.-Петерб. гос. педиатрич. мед. ун-т (Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2), e-mail: shishaspb@mail.ru;

Бочаров Виктор Викторович – канд. психол. наук, зав. каф. клинич. психологии, С.-Петерб. гос. педиатрич. мед. ун-т (Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2); руков. лаб. клинич. психологии и психодиагностики, Нац. мед. исслед. центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Россия, 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3), факультет психологии, С.-Петерб. гос. ун-т (Россия, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6), e-mail: bochvikvik@gmail.com;

Караваева Татьяна Артуровна – д-р мед. наук, гл. науч. сотр., руков. отд. лечения пограничных психических расстройств и психотерапии, Нац. мед. исслед. центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Россия, 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3); проф. каф. мед. психологии и психофизиологии, С.-Петерб. гос. ун-т (Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9); проф. каф. общей и прикл. психологии, С.-Петерб. гос. педиатрич. мед. ун-т (Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2), e-mail: tania_kar@mail.ru;

Васильева Надежда Геннадьевна – канд. психол. наук, зав. отд. клинич. психологии, Нац. мед. исслед. центр психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева (Россия, 192019, Санкт-Петербург, ул. Бехтерева, д. 3), e-mail: vas006@yandex.ru;

✉ Хрусталева Нелли Сергеевна – д-р психол. наук проф., зав. каф. психологии кризисных и экстрем. ситуаций, факультет психологии, С.-Петерб. гос. ун-т (Россия, 199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 6), e-mail: hns@mail.ru

Введение

Специфика профессиональной деятельности медицинских работников часто связана с высокой долей ответственности за здоровье и жизнь людей, необходимостью принимать решения в условиях нехватки времени и информации, поддерживать эмпатические отношения с больным и его окружением. Подверженность медицинского персонала профессиональным стрессам обуславливает значительный риск развития эмоционального выгорания у данного контингента [4].

Многочисленные исследования, посвященные изучению эмоционального выгорания у медицинских работников, показали, что оно может негативно влиять как на их собственное здоровье, так и на качество оказываемой ими медицинской помощи. На основании проведенных исследований, авторы говорят о связи эмоционального выгорания не только с различными психическими и соматическими расстройствами (депрессия, сердечно-сосудистые заболевания, аддитивные расстройства), но и с увеличением числа профессиональных ошибок [11]. Это определяет важность оценки факторов, связанных с формированием эмоционального выгорания у медицинского персонала. Среди таких факторов исследователи традиционно отмечают стаж работы специалиста, его личностные особенности, специфику профессиональной деятельности, уровень социальной поддержки на рабочем месте, микроклимат в коллективе, правильную организацию работы, удовлетворенность оплатой труда [4]. Риск выгорания повышен у медицинских работников, взаимодействующих с категориями пациентов, имеющих высокий уровень смертности и представляющих потенциальную опасность заражения [9].

В связи с глобальным и стремительным распространением новой коронавирусной инфекции (COVID-19), ее влиянием на все отрасли здравоохранения в мире [1] особую значимость приобретают исследования, направленные на изучение особенностей психологического реагирования медицинских работников в новых, зачастую экстремальных условиях, связанных с риском потенциального заражения коронавирусной инфекцией, а также выявление факторов дистресса и эмоционального выгорания у данного контингента.

К настоящему моменту отечественными и зарубежными исследователями получены данные, говорящие о значительных негатив-

ных последствиях работы в период пандемии COVID-19 для психического здоровья медицинских работников. Среди признаков психического неблагополучия авторы чаще всего отмечают симптомы депрессии, посттравматического стрессового расстройства, высокий уровень тревоги [5, 6, 10]. Исследователи говорят о значительном уровне эмоционального выгорания медицинских работников с преобладанием компонента истощения [5, 7, 10].

Анализ современных исследований показал, что в условиях пандемии в качестве стрессовых могут выступать самые разнообразные факторы, относящиеся, например, к организационной стороне рабочего процесса (возросшая в связи с эпидемией нагрузка, нехватка средств индивидуальной защиты), пространству межличностных отношений (конфликты в рабочем коллективе и семье) или индивидуальным особенностям и переживаниям медицинского работника (чувство страха и одиночества, использование дисфункциональных копинг-стратегий) [5, 8, 10].

При этом данные относительно половозрастных, микросоциальных и профессиональных предикторов расстройств, обусловленных пандемией, часто неоднозначны и даже противоречивы. Одни авторы отмечают, что стрессу в период пандемии наиболее подвержены медицинские работники молодой возрастной группы [3], по другим данным, с увеличением возраста отмечается большая выраженность негативных последствий [12], в частности, редукции персональных достижений [10].

В одних исследованиях в группе риска оказываются женщины, относящиеся к среднему медицинскому персоналу [7, 8], в других – показано, что в большей степени от выгорания и дистресса страдают руководители и врачи вне зависимости от их гендера [3].

Данные разнятся даже относительно влияния фактора нахождения специалистов в так называемой «красной зоне». В ряде исследований показано отсутствие различий по тяжести последствий для медработников, непосредственно работающих и не работающих с больными с COVID-19 [3], в других исследованиях риск непосредственного контакта с больными описывается в качестве одного из основных стрессоров [10].

Значительная выраженность психологических последствий работы в условиях продолжающейся пандемии для медицинских работников и недостаточная изученность факторов риска, способствующих формированию у них

выраженного дистресса, определяют значимость исследований, на основе которых могут быть созданы практические рекомендации по оказанию психологической помощи данному контингенту.

Цель – изучение факторов, связанных с выраженностью проявлений дистресса и эмоционального выгорания у медицинских работников в период пандемии новой коронавирусной инфекции.

Материал и методы

Медицинские работники принимали участие в онлайн-исследовании в период с августа 2020 г. по апрель 2021 г. Им было предложено заполнить ряд опросников, объединенных в Google-форму. Проведение данного исследования было одобрено независимым этическим комитетом Национального медицинского исследовательского центра психиатрии и неврологии им. В.М. Бехтерева, от каждого респондента получено информированное согласие. Всем участникам предоставлялась возможность получения обратной связи.

Обследовали 359 респондентов. Социально-демографические показатели выборки представлены в табл. 1.

Среди обследованных лиц женщин было 77,2%, что вполне закономерно, так как в медицинской отрасли в основном трудятся женщины. Согласно классификации ВОЗ, 75,5% респондентов были молодого возраста (18–44 года), 24,5% – среднего (45–59 лет) и пожилого возраста (60–74 года). 9,5% трудились несмотря на пенсионный возраст. Не имели специального профессионального образования только 2% респондентов. Не указали профессию 2,8% респондентов, поскольку данный вопрос не был обязательным. Стаж работы медицинских работников составил $(13,2 \pm 1,3)$ года, а среднее количество рабочих часов в неделю – $(45,1 \pm 18,8)$.

Условия работы в группе распределились следующим образом: работают в коронавирусном стационаре – 10%, в обсерваторе – 1%, в неинфекционном стационаре – 20%, на амбулаторном приеме – 38%, в состав бригад скорой помощи входили 29%, осуществляли вызовы на дом 2%, другие условия работы (приемное, инфекционное отделение, прием анализов на COVID-19) указали 7% испытуемых. Несколько мест работы было у 4% опрошенных. Самоизоляцию соблюдали 61% испытуемых, в том числе 20% – более 1 мес. Перенесли новую коронавирусную инфекцию

Таблица 1

Социально-демографические показатели обследованных

Показатель	Количество (%)
Пол:	
мужской	82 (22,8)
женский	277 (77,2)
Возраст, лет:	
до 25	73 (20,3)
26–35	133 (37,1)
36–44	65 (18,1)
45–55	54 (15,0)
56–65	30 (8,4)
66 и старше	4 (1,1)
Образование:	
высшее	213 (59,3)
незаконченное высшее	33 (9,2)
среднее специальное	106 (29,5)
среднее	7 (2,0)
Семейное положение:	
состоят в браке	176 (49,0)
незарегистрированные отношения	5 (1,4)
в браке не состояли	153 (42,6)
разведены	25 (7,0)
Медицинские специалисты:	
врачи разных специальностей	172 (47,9)
сестры	134 (37,3)
психологи	40 (11,1)
младший персонал	3 (0,9)
забыли указать профессию	10 (2,8)

58% обследованных медицинских работников, у 69% – переболели близкие.

В качестве методов исследования использовались:

1) полуструктурированное интервью, отражающее социально-демографические данные обследуемых и вопросы, связанные с пандемией COVID-19. В частности, оценивали в каких условиях медицинским работникам приходится работать с пациентами, проявляли их отношение к соблюдению самоизоляции, исследовалось ощущение субъективного риска заражения COVID-19. Выявляли субъективные и объективные изменения, возникшие в жизни медработников в связи с пандемией, начиная от тревожащих их возможных последствий (например, собственная болезнь или болезнь близкого, ухудшение материального положения) до реальных событий, обусловленных эпидемией (например перенесенное заболевание COVID-19);

2) опросник профессионального выгорания для медицинских работников К. Маслач (Maslach Burnout Inventory, MBI) в адаптации Н.Е. Водопьяновой и Е.С. Старченковой [2];

3) специально разработанные для исследования визуальные аналоговые шкалы, позволяющие оценить по 10-балльной шкале выраженность таких проявлений, как беспокойство, сниженное настроение, чувство обиды на окружающих, вины, раздражительность, перепады настроения, ухудшение сна, снижение или усиление аппетита.

Проверку на нормальность количественных показателей в каждой группе проводили при помощи критерия Колмогорова–Смирнова. В тексте представлены средние арифметические ошибки и их среднеквадратическое отклонение ($M \pm SD$). При сравнении признаков в двух группах сопоставление проводилось при помощи U-критерия Манна–Уитни и t-критерия Стьюдента. При сопоставлении трех групп и более использовался дисперсионный анализ или критерий Краскела–Уоллиса с последующим применением U-критерия Манна–Уитни.

В качестве меры связи между показателями был применен коэффициент корреляции Спирмена. Для установления связей использовались две стратегии: корреляционный анализ для тех признаков, которые могли быть представлены ранговой шкалой, и метод «полярных групп» для бинарных признаков, где каждый показатель выступал как классообразующий.

Результаты и их анализ

Анализ результатов исследования проводился в 2 этапа. На 1-м этапе на основе данных полуструктурированного интервью и визуальных аналоговых шкал был осуществлен качественный и количественный анализ субъективно ощущаемых медицинскими ра-

ботниками последствий пандемии COVID-19 и проведена оценка выраженности эмоционального выгорания в общей выборке респондентов. На 2-м этапе выявлялись параметры, связанные с выраженностью проявлений дистресса и эмоционального выгорания у медицинских работников.

Данные, полученные при помощи визуальных аналоговых шкал (табл. 2), показали, что в период пандемии медицинские работники часто испытывают беспокойство (48,5% отметили выраженность данного состояния на 5 баллов и более по 10-балльной шкале), раздражение (47,4%), перепады и снижение настроения (42,6 и 46% соответственно). Несколько реже респонденты отмечали у себя нарушения аппетита (40,7%) и ухудшение сна (38,4%).

В интервью был предложен перечень ситуаций, которые потенциально могут вызывать тревогу в период пандемии, также предоставлялась возможность описать собственные ситуации, вызывающие опасения. Анализ ответов показал, что чаще всего медицинских работников беспокоят возможная болезнь близкого и ухудшение материального положения. Как вызывающие тревогу и опасения эти ситуации отметили 71,3 и 45,1% опрошенных соответственно. При этом возможность возникновения собственной болезни тревожит лишь 24% респондентов. Реже медицинских работников волновали утрата жизненной перспективы (19,8%), потеря работы (13,9%), одиночество (7,8%), расставание с партнером (2,8%). Среди невошедших в предлагаемый перечень, но тревожащих медицинских работников ситуаций, были: возможная смерть близкого человека из-за

Таблица 2

Показатели методик в группах обследованных медицинских сотрудников, ($M \pm SD$) балл

Показатель	Медицинские сестры (1)	Врачи (2)	Медицинские психологи (3)	$p <$
Визуальные аналоговые шкалы				
Беспокойство	$4,1 \pm 3,1$	$4,7 \pm 2,8$	$3,7 \pm 2,2$	2–3 – 0,05
Сниженное настроение	$4,0 \pm 3,2$	$4,6 \pm 2,9$	$2,8 \pm 2,3$	1–2 – 0,05; 2–3 – 0,001
Чувство обиды на окружающих	$2,1 \pm 2,6$	$2,2 \pm 2,5$	$1,3 \pm 1,8$	
Чувство вины	$1,8 \pm 2,6$	$2,2 \pm 2,6$	$1,1 \pm 1,8$	1–2 – 0,05; 2–3 – 0,05
Раздражительность	$4,3 \pm 3,3$	$4,8 \pm 3,0$	$3,8 \pm 2,7$	
Перепады настроения	$4,2 \pm 3,4$	$4,5 \pm 2,9$	$2,6 \pm 2,6$	2–3 – 0,001; 1–3 – 0,05
Ухудшение сна	$3,9 \pm 3,6$	$3,6 \pm 3,3$	$3,1 \pm 3,1$	
Снижение или усиление аппетита	$3,6 \pm 3,3$	$3,8 \pm 3,3$	$3,1 \pm 3,2$	
Опросник профессионального выгорания (MBI)				
Эмоциональное истощение	$27,9 \pm 11,7$	$24,8 \pm 13,2$	$18,6 \pm 9,4$	2–3 – 0,001; 1–3 – 0,001
Деперсонализация	$14,9 \pm 4,8$	$14,9 \pm 6,0$	$10,5 \pm 4,4$	2–3 – 0,001; 1–3 – 0,001
Редукция персональных достижений	$32,9 \pm 7,0$	$33,4 \pm 8,5$	$36,3 \pm 6,7$	2–3 – 0,05; 1–3 – 0,01

COVID-19, психологическое состояние близких в период пандемии, эмоционально-неустойчивое состояние окружающих в целом, ограничение свободы передвижения, посещения близких и досуга, а также тяжелые условия труда и высокие цены.

Важно отметить, что при оценке чувства субъективного риска заражения COVID-19, осуществляемого по 10-балльной шкале, оценку 5 баллов и более поставили 78,2% медицинских работников, из них 17,5% оценили риск заражения как максимальный (10 баллов). В 100% случаев респонденты уже ощутили снижение собственного дохода.

В условиях стресса, связанного с пандемией, 66% опрошенных медицинских работников отметили у себя усиление аддитивных форм поведения. Чаще всего респонденты сообщали о попытках заглушить переживания едой – 32% опрошенных и о более интенсивном шопинге – 24%; отмечают интенсификацию злоупотребления алкоголем 12,5% и табаком – 15,6% опрошенных.

В сфере семейных отношений большинство респондентов не почувствовали существенных изменений: 78,8% отметили, что отношения остались прежними, но 7,8% – ощутили ухудшение семейных отношений, а 13,4% – отметили улучшение отношений в семье в период пандемии.

Анализ результатов MBI выявил значительный уровень профессионального выгорания в обследованной выборке медицинских работников. Среднегрупповой интегральный показатель составил ($8,3 \pm 3,0$) балла, что соответствует высокому уровню выгорания [2]. Среднегрупповой показатель по шкале «Деперсонализация» – ($14,4 \pm 5,4$) балла также отражает высокую интенсивность проявлений психологического дистанцирования в отношении к пациентам у медицинских работников в период пандемии. Показатель «Истощение» в общей выборке – ($25,4 \pm 12,4$) балла – высокий уровень при соотнесении с тестовыми нормами для женщин и средний для мужчин [2]. Дополнительно была проведена оценка показателя «Истощение» в подгруппе мужчин – ($25,2 \pm 12,8$) и женщин – ($26,4 \pm 11,2$) балла. Полученные результаты отражают высокую выраженность проявлений эмоционального истощения с учетом гендерной специфики нормативных показателей. Показатель «Редукция профессиональных достижений» – ($33,6 \pm 7,5$) балла достигает среднего уровня выраженности снижения профессиональной эффективности в обследованной группе.

Для выявления факторов, связанных с выраженностью проявлений дистресса у медицинских работников в период пандемии, был проанализирован широкий диапазон параметров, включавший социально-демографические и профессиональные характеристики, потенциально способные оказать влияние на выраженность стрессового воздействия и способность медицинского персонала совладать с ним.

В результате проведенного анализа установлена взаимосвязь проявлений дистресса (в том числе и в сфере трудовых отношений) со следующими факторами: возраст, пол, образование, стаж работы в медицине, количество часов, проведенных на работе за неделю, субъективная оценка риска заражения COVID-19, специфика профессиональной деятельности, условия, в которых осуществляется работа (в частности, работа в коронавирусном стационаре, на скорой помощи, амбулаторном приеме), перенесенное заболевание COVID-19 медицинским работником или его близкими, изменение семейных отношений в период пандемии. Поскольку ограниченный объем статьи не позволяет подробно остановиться на рассмотрении всех выявленных факторов, в настоящей публикации будут описаны лишь те из них, которые имеют наибольшее количество связей с эмоциональным дистрессом и выгоранием медицинских работников.

Для оценки возможного влияния особенностей профессиональной деятельности на проявления эмоционального дистресса у медицинских работников в период пандемии был проведен сравнительный анализ показателей визуальных аналоговых шкал и MBI в трех группах, сформированных в зависимости от выполняемых профессиональных обязанностей (см. табл. 2).

При сопоставлении групп по методике MBI наибольшее число различий (по всем трем шкалам MBI) выявлено между психологами и другими медицинскими работниками. В группе психологов средние значения по шкалам «Истощение» и «Деперсонализация» – ниже, а по обратной шкале «Редукция профессиональных достижений» – выше, чем у медицинских сестер и врачей. При сопоставлении групп медицинских сестер и врачей статистически достоверные различия выявляются только по шкале «Истощение», показатели которой выше в группе врачей.

Полученные данные говорят о том, что в период пандемии у врачей выявляются наи-

более выраженные признаки эмоционального выгорания по сравнению с медицинскими сестрами и психологами. В группе психологов проявления дистресса, обусловленного пандемией COVID-19, проявляются в наименьшей степени по сравнению с другими категориями медицинских работников, принявших участие в исследовании. Это может быть связано как с возможным наличием у психологов более выраженных «фасадных тенденций» (т. е. стремлением демонстрировать в исследовании социально-приемлемые образцы поведения), так и являться следствием обладания определенными профессиональными навыками, в частности, умением отслеживать и осознавать свои чувства. Такие навыки, в свою очередь, позволяют лучше справляться с собственными переживаниями и выше оценивать свою профессиональную эффективность в ситуации пандемии.

При анализе эмоционального неблагополучия в группах медицинских сестер, врачей и медицинских психологов (по данным визуальных аналоговых шкал) статистически достоверные различия в группах выявлены по шкалам «Беспокойство», «Сниженное настроение», «Чувство вины» и «Перепады настроения». Как видно из табл. 2, наибольшие средние значения по этим показателям выявляются в группе врачей.

Таким образом, именно у врачей по сравнению с медсестрами и медицинскими психологами наблюдается большая выраженность субъективно переживаемого беспокойства, снижения и перепадов настроения, а также переживания вины. Можно предположить, что

такие показатели связаны с неравномерным распределением ответственности в ситуации неопределенности, связанной с пандемией, когда на врачей ложится максимальная стрессовая нагрузка, вызванная необходимостью принятия решений в условиях нехватки времени и информации.

На рис. 1 отражены средние значения показателей визуальных аналоговых шкал, по которым получены достоверные различия в группах медицинского персонала, работающего и не работающего в коронавирусном стационаре. В группе медицинских сотрудников, работающих в коронавирусном стационаре, выявляются более выраженные проявления эмоционального неблагополучия по сравнению с группой медиков, не работающих в так называемой «красной зоне». Наибольшая значимость различий выявляется по показателям «ухудшение сна» ($p < 0,001$), «раздражительность» ($p < 0,01$) и «перепады настроения» ($p < 0,01$), «выраженность беспокойства» ($p < 0,05$) и «изменение аппетита» ($p < 0,05$). Очевидно, что медицинские работники, оказывающие непосредственную помощь пациентам с COVID-19, испытывают более выраженную стрессовую нагрузку по сравнению с теми, кто не работает в таких условиях.

Следует подчеркнуть, что при сопоставлении выделенных двух групп по шкалам MBI достоверных различий выявлено не было. Полученные данные говорят о том, что фактор работы в коронавирусном стационаре связан с большей выраженностью проявлений эмоционального дистресса. Вместе с тем, существенного влияния этого фактора на вы-

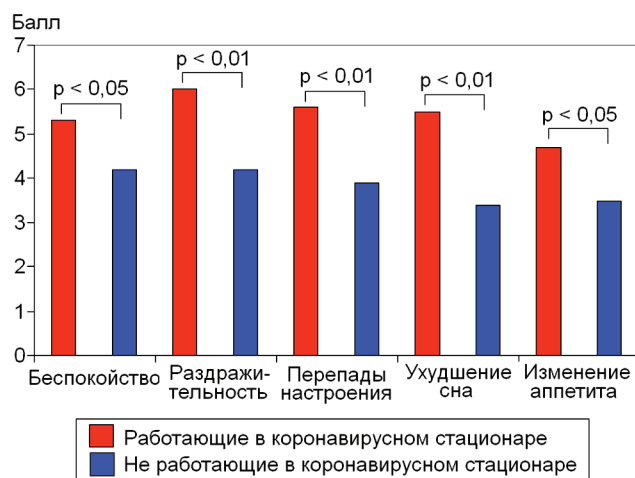


Рис. 1. Анализ показателей визуальных аналоговых шкал медицинского персонала, работающего ($n = 35$) и не работающего ($n = 324$) в коронавирусном стационаре.

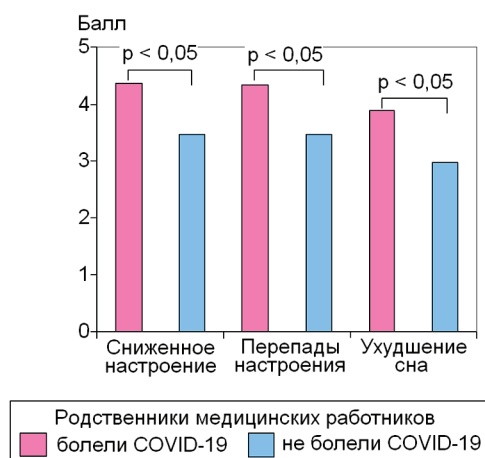


Рис. 2. Анализ показателей визуальных аналоговых шкал медицинских работников, родственники которых болели ($n = 247$) и не болели ($n = 112$) COVID-19.

раженность симптомов профессионального выгорания не выявлено.

На рис. 2 представлены средние значения показателей визуальных аналоговых шкал, демонстрирующих достоверные различия в группах медицинских работников, родственники которых болели или не болели COVID-19. Оказалось, что медицинские работники, родственники которых перенесли COVID-19, более выражено ощущают снижение и перепады настроения и ухудшение сна ($p < 0,05$ для всех трех показателей). Это отражает связанность фактора болезни близкого с выраженностью проявлений эмоционального дистресса у медицинских работников. Однако, как и в случае ранее приведенного фактора непосредственной занятости в коронавирусном стационаре, болезнь близкого не играет существенной роли в выраженности проявлений эмоционального выгорания медицинских работников в период пандемии.

В табл. 3 представлены корреляционные взаимосвязи проявлений эмоционального дистресса, оцениваемые при помощи визуальных аналоговых шкал с параметрами, отражающими основные социально-демографические характеристики обследуемой выборки, а также выраженностью субъективного чувства риска заражения COVID-19. Выявлены слабые статистически значимые корреляционные связи.

Наибольшее число положительных корреляционных связей с проявлениями эмоционального дистресса имеет показатель «Субъективное ощущение высокого риска заражения COVID-19». Такая картина свидетельствует о том, что данный показатель может рассматриваться в качестве центрального индикатора выраженности эмоционального дистресса.

Отрицательные связи проявлений эмоционального дистресса выявлены с параметра-

ми возраст, стаж и семейные отношения, т. е. чем больше возраст и стаж, тем меньше выражены раздражение и перепады настроения, реже отмечаются нарушения сна и аппетита. Схожие тенденции наблюдаются и при анализе взаимосвязей параметра семейных отношений. Стабильность или улучшение взаимоотношений в семье в период пандемии сочетаются с большей уравновешенностью эмоционального состояния медицинских работников (меньшей раздражительностью и снижением настроения), незначительной выраженностью чувства обиды и вины, изменений аппетита.

Анализируя полученные взаимосвязи, можно предположить, что такие факторы, как возраст, стаж и стабильность семейных отношений, имеют протективную функцию в формировании эмоционального дистресса у медицинских работников в период пандемии.

Кроме того, выявлена положительная корреляция уровня образования с выраженностью беспокойства у медицинских работников в период пандемии. Вероятно, врачи и медицинские психологи по сравнению с лицами, относящимися к среднему медицинскому персоналу, полнее представляют себе возможные медицинские и социальные последствия эпидемии COVID-19 и в связи с этим испытывают более выраженное беспокойство.

Результаты, полученные при изучении корреляционных взаимосвязей параметров, описывающих жизненную ситуацию медицинских работников с проявлениями эмоционального выгорания, представлены в табл. 4. Выявлены также слабые статистически значимые корреляционные связи.

Как видно из табл. 4, показатели количество рабочих часов в неделю и субъективное ощущение высокого риска заражения COVID-19 положительно коррелируют со шкалами «Истощение» и «Деперсонализация» по

Таблица 3

Корреляции показателей субъективно ощущаемого эмоционального дистресса с характеристиками, отражающими личную жизнь медицинских работников в период пандемии

Шкала	Возраст	Образование	Стаж работы	Риск заражения	Семейные отношения
Беспокойство		0,12; $p < 0,05$		0,20; $p < 0,01$	
Сниженное настроение				0,14; $p < 0,01$	-0,13; $p < 0,05$
Чувство обиды на окружающих				0,17; $p < 0,01$	-0,18; $p < 0,01$
Чувство вины			-0,12; $p < 0,05$		-0,13; $p < 0,05$
Раздражительность	-0,11; $p < 0,05$		-0,13; $p < 0,05$	0,10; $p < 0,05$	-0,11; $p < 0,05$
Перепады настроения	-0,16; $p < 0,01$		-0,16; $p < 0,01$	0,12; $p < 0,05$	
Ухудшение сна	-0,13; $p < 0,05$			0,16; $p < 0,01$	
Снижение или усиление аппетита	-0,22; $p < 0,01$		-0,23; $p < 0,01$	0,12; $p < 0,05$	-0,14; $p < 0,01$

Таблица 4

Корреляции показателей MBI с характеристиками, отражающими личную жизнь
медицинских работников в период пандемии

Шкала MBI	Возраст	Образование	Стаж работы	Рабочая неделя, ч	Риск заражения	Семейные отношения
Истощение				0,16; $p < 0,01$	0,21; $p < 0,01$	-0,12; $p < 0,05$
Деперсонализация	-0,14; $p < 0,01$	-0,11; $p < 0,05$		0,30; $p < 0,01$	0,23; $p < 0,01$	-0,12; $p < 0,05$
Редукция профессиональных достижений			0,12; $p < 0,05$	-0,11; $p < 0,05$		0,14; $p < 0,01$

MBI, т. е. чем больше работают медицинские работники в условиях пандемии и чем выше степень субъективного ощущаемого ими риска заражения, тем чаще они испытывают переутомление на работе и склонны к формированию дегуманизирующего, циничного отношения к больным. В то же время, чем старше и образованнее медицинские работники, чем большую стабильность или улучшение взаимоотношений в семье они отмечают, тем большей гуманностью и личностной включенностью характеризуется их отношение к пациентам в период пандемии. Стабильные семейные отношения также связаны с меньшей выраженностью эмоционального истощения у медицинских работников и более высокой оценкой ими своих профессиональных достижений (шкала «Редукция профессиональных достижений» по MBI), что, на наш взгляд, отражает стабилизирующий характер влияния семейного фактора на всю систему отношений обследованных медицинских работников.

Ощущение собственной эффективности в работе растет с увеличением стажа в медицине и количества рабочих часов в неделю. Респонденты со значительным профессиональным опытом, вероятно, чувствуют себя увереннее в экстремальной ситуации пандемии.

Обобщая представленные в настоящей работе данные, следует отметить, что в период пандемии у медицинских работников часто наблюдают беспокойство, раздражение, перепады настроения и его снижение, а также нарушения аппетита и расстройства сна (см. табл. 2). Наличие тревожной и депрессивной симптоматики у медицинских работников в период пандемии описывают и другие исследователи [6, 10].

Как и ожидалось, выраженность эмоционального дистресса оказалась выше у медицинских сотрудников, непосредственно сталкивающихся с COVID-19 (т.е. работающих в «красной зоне»), а также у тех респондентов, чьи родственники перенесли это заболевание к моменту исследования. Вместе с тем, как

фактор непосредственной работы в ковидном стационаре, так и фактор наличие/отсутствие заболевания близкого коронавирусной инфекцией не обнаружили существенного влияния на выраженность симптомов профессионального выгорания.

Полученные нами данные относительно влияния стресса на профессиональную деятельность в период пандемии свидетельствуют о значительном уровне эмоционального выгорания у всех обследованных категорий медицинских работников. Они соотносятся с результатами исследований, в которых в качестве преобладающего компонента синдрома выгорания у данного контингента выделяют истощение [5, 7, 10]. В то же время, в нашем исследовании, кроме истощения, оказался выраженным компонент деперсонализации. Более высокие показатели эмоционального выгорания могут представлять один из факторов, обуславливающих более высокую смертность в последний период пандемии.

Наиболее существенные признаки эмоционального неблагополучия, истощения (определяемого в рамках концепции выгорания) и цинизма (отстраненного, формального отношения к больным) выявляются у врачей по сравнению с медицинскими сестрами и психологами. Наибольшая подверженность врачей эмоциональному дистрессу в период пандемии по сравнению с другими категориями медицинских работников описывается и в других исследованиях [3].

Такой компонент конструкта выгорания, как «Редукция профессиональных достижений» по MBI, достигает средней степени выраженности в общей выборке обследованных медицинских работников, что также согласуется с данными других исследований, отражающих удовлетворительную оценку специалистами своих профессиональных достижений в период пандемии [4, 5]. В то же время, изучение влияния особенностей профессиональной деятельности на выраженность различных феноменов выгорания позволило выявить более высокую степень удовлетворенности

своими профессиональными достижениями в период пандемии у медицинских психологов. Меньшая выраженность эмоционального неблагополучия и выгорания у медицинских психологов, возможно, связана с тем, что контакт с пациентами, страдающими COVID-19, имеет более опосредованный характер. Психологи чаще оказывают услуги пациентам, находящимся на этапе выздоровления, их работа также связана с родственниками заболевших или пострадавших пациентов.

Ощущение собственной эффективности в работе также возрастает с увеличением стажа медицинских работников, более опытные специалисты чувствуют себя профессионально более состоятельными по сравнению с менее опытными коллегами в экстремальной ситуации, связанной с пандемией.

Относительно других проявлений эмоционального дистресса в качестве потенциально протективных факторов выступают больший стаж, возраст и стабильные семейные отношения в сочетании с большей уравновешенностью эмоционального состояния, личностной включенностью и меньшим истощением.

Субъективно отмечаемое медицинскими работниками использование дезадаптивных форм совладания со стрессом, в частности, злоупотребление едой, покупками, алкоголем и табаком, требует пристального внимания и создания программ профилактики аддиктивных форм поведения у данного контингента в период пандемии.

Показатель «Субъективное ощущение высокого риска заражения COVID-19» выступает в качестве стержневой характеристики, связанной с разнообразными проявлениями эмоционального неблагополучия и выгорания медицинских работников, и может рассматриваться в качестве центрального индикатора выраженности эмоционального дистресса. Анализируя данный параметр, важно помнить, что наибольшее беспокойство у медицинских работников вызывает даже не возможность собственной болезни, а ситуация возможной болезни близкого.

Оценка показателя субъективного риска заражения может использоваться в качестве экспресс-диагностики в ходе выявления лиц, работающих в сфере здравоохранения, наиболее нуждающихся в специализированной психологической помощи в ситуации пандемии COVID-19.

Заключение

В условиях пандемии COVID-19 персонал медицинских учреждений переживает значительную стрессовую нагрузку, в первую очередь, связанную с высокой степенью подверженности риску заражения новой коронавирусной инфекцией. Выраженность субъективного ощущения высокого риска заражения связана с различными проявлениями дистресса как в сфере общепсихического, так и профессионального функционирования медицинских работников. Невозможность полностью оградить их от такого риска и его влияния на их психическое состояние определяет значимость разработки специализированных мероприятий, направленных на поддержание психологического благополучия медицинских работников и предотвращение формирования у них дезадаптивных форм реагирования на стресс.

В ситуации продолжающейся пандемии значимым представляется дальнейшее изучение потенциальных источников стресса для медицинских работников, например, выявление ситуаций, вызывающих у них наибольшую тревогу и беспокойство. Среди таких ситуаций, по данным нашего исследования, наиболее часто встречаются потенциальная болезнь COVID-19 близкого человека и ухудшение материального положения. Проработка тревожащей тематики, направленная на снижение субъективной драматизации событий, и разработка плана возможных действий в случае возникновения кризисной ситуации позволят ослабить психическое напряжение у медицинских работников, осуществляющих деятельность в условиях значительной неопределенности в период пандемии COVID-19.

Литература

1. Болехан В.Н., Улюкин И.М., Пелешок С.А. Особенности развития эпидемии коронавирусной инфекции COVID-19 // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2020. № 4. С. 16–26. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-4-16-26.
2. Водопьянова Н.Е., Старченкова Е.С. Синдром выгорания. Диагностика и профилактика : практ. пособие. 3-е изд., испр. и доп. М. : Юрайт, 2017. 343 с.
3. Зинченко Ю.П., Салагай О.О., Шайгерова Л.А. [и др.]. Восприятие стресса различными категориями медицинского персонала во время первой волны пандемии COVID-19 в России // Обществ. здоровье. 2021. № 1. С. 65–89. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-1-65-89.

4. Матюшкина Е.Я., Рой А.П., Рахманина А.А. [и др.]. Профессиональный стресс и профессиональное выгорание у медицинских работников [Электронный ресурс] // Современ. зарубеж. психология. 2020. Т. 9, № 1. С. 39–49. DOI:10.17759/jmfp.2020090104.
5. Петриков С.С., Холмогорова А.Б., Суроегина А.Ю. [и др.]. Профессиональное выгорание, симптомы эмоционального неблагополучия и дистресса у медицинских работников во время эпидемии COVID-19 // Консультат. психология и психотерапия. 2020. Т. 28, № 2. С. 8–45. DOI: 10.17759/cpp.2020280202.
6. Холмогорова А.Б., Рахманина А.А., Суроегина А.Ю. [и др.]. Психическое здоровье и профессиональное выгорание врачей-ординаторов во время пандемии COVID-19: ситуационные и психологические факторы // Консультат. психология и психотерапия. 2021. Т. 29, № 2. С. 9–47. DOI: 10.17759/cpp.2021290202.
7. Azoulay E., De Waele J., Ferrer R. [et al.]. Symptoms of burnout in intensive care unit specialists facing the COVID-19 outbreak // Ann. Intensive Care. 2020. Vol. 10, N 1. Art. 110. DOI: 10.1186/s13613-020-00722-3.
8. Del Piccolo L., Donisi V., Raffaelli R. [et al.]. The Psychological Impact of COVID-19 on Healthcare Providers in Obstetrics: A Cross-Sectional Survey Study // Front. Psychol. 2021. Vol. 12. Art. 632999. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.632999.
9. Elshaer N.S.M., Moustafa M.S.A., Aiad M.W., Ramadan M.I.E. Job stress and burnout syndrome among critical care healthcare workers // Alexandria J. Med. 2018. Vol. 54. P. 273–277. DOI: 10.1016/j.ajme.2017.06.004.
10. Giusti E.M., Pedrolis E., D'Aniello G.E. [et al.]. The psychological impact of the COVID19 outbreak on health professionals: a cross-sectional study // Front. Psychol. 2020. Vol. 11. Art. 1684. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01684.
11. Kang E.K., Lihm H.S., Kong E.H. Association of intern and resident burnout with self-reported medical errors // Korean J. Fam. Med. 2013. Vol. 34, N 1. P. 36–42. DOI: 10.4082/kjfm.2013.34.1.36.
12. Kisely S., Warren N., McMahon L. [et al.]. Occurrence, prevention, and management of the psychological effects of emerging virus outbreaks on healthcare workers: rapid review and meta-analysis // BMJ. 2020. Vol. 369. Art. 1642. DOI:10.1136/bmj.m1642.

Поступила 26.08.2021 г.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией статьи.

Участие авторов: А.М. Шишкова – поиск литературы по избранной теме, анализ полученного теоретического и эмпирического материала, написание первого варианта статьи; В.В. Бочаров – анализ и интерпретация данных, формирование заключения, редактирование окончательного варианта статьи; Т.А. Караваева – поиск литературы по избранной теме, анализ и интерпретация данных, правка статьи; Н.Г. Васильева – поиск литературы по избранной теме, проверка и корректировка результатов, редактирование окончательного варианта статьи; Н.С. Хрусталева – вклад в разработку концепции исследования, анализ и интерпретация данных, редактирование окончательного варианта статьи.

Для цитирования. Шишкова А.М., Бочаров В.В., Караваева Т.А., Васильева Н.Г., Хрусталева Н.С. Роль социально-демографических и профессиональных факторов в формировании дистресса и эмоционального выгорания у медицинских работников в период пандемии COVID-19 // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4. С. 103–114. DOI 10.25016/2541-7487-2021-0-4-103-114.

Role of sociodemographic and occupational factors in emotional distress and burnout of health professionals during the COVID-19 pandemic

Shishkova A.M.^{1,2}, Bocharov V.V.^{1,2,3}, Karavayeva T.A.^{1,2,3}, Vasilyeva N.G.¹, Chrustaleva N.S.³

¹ V.M. Bekhterev National research medical center for psychiatry and neurology
(3, Bekhterev Str., St. Petersburg, 192019, Russia);

² St. Petersburg State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia);

³ St. Petersburg State University (6, Makarova Emb., St. Petersburg, 199034, Russia)

Alexandra Mikhailovna Shishkova – PhD Psychol. Sci, Senior Research Associate of the Laboratory of clinical psychology and psychodiagnostics, V.M. Bekhterev' National research medical center for psychiatry and neurology (3, Bekhterev Str., St. Petersburg, 192019, Russia); Associate Prof. of Department of Clinical Psychology, St. Petersburg State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia);

Victor Viktorovich Bocharov – PhD Psychol. Sci. Associate Prof., Head of Department of Clinical Psychology, St. Petersburg State Pediatric Medical University (2, Lithuanian Str., St. Petersburg, 194100, Russia); Head of the Laboratory of clinical psychology and psychodiagnostics, V.M. Bekhterev' National research medical center for psychiatry and neurology (3, Bekhterev Str., St. Petersburg, 192019, Russia); Associate Prof., Department of psychology of crisis and extreme situations, Faculty of psychology, St. Petersburg State University (6, Makarova Emb., St. Petersburg, 199034, Russia); e-mail: bochvikvik@gmail.com;

Tatiana Arturovna Karavaeva – Dr. Med. Sci., Chief research associate, Head of Department for Non-psychotic mental disorders treatment and psychotherapy, V.M. Bekhterev' National research medical center for psychiatry and neurology (Russia, 192019, St. Petersburg, Bekhterev str., 3); Associate professor, Department of medical psychology and psychophysiology, St. Petersburg State University (6, Makarova Emb., St. Petersburg, 199034, Russia); Prof. of the general and applied psychology department with the medical-biological and pedagogic courses, St. Petersburg State Pediatric Medical University (2, Litovskaya Str., St. Petersburg, 194100, Russia), e-mail: tania_kar@mail.ru;

Nadezhda Gennadiyevna Vasileva – PhD Psychol. Sci., head of the department of clinical psychology, V.M. Bekhterev' National research medical center for psychiatry and neurology (3, Bekhterev Str., St. Petersburg, 192019, Russia);

✉ Nelli Sergeevna Chrustaleva – Dr. Psychol. Sci. Prof., Head of Department of psychology of crisis and extreme situations, Faculty of psychology, St. Petersburg State University (6, Makarova Emb., St. Petersburg, 199034, Russia); e-mail: hns@mail.ru

Abstract

Relevance. Risk factors of emotional distress in medical professionals during the COVID-19 pandemic should be identified for development of the effective system for prevention of mental disorders and emotional burnout.

Intention. Investigation of factors related to the severity of distress and emotional burnout in medical professionals during the pandemic of new coronavirus infection.

Methodology. The online cross-sectional study, conducted from August 2020 to April 2021 involved 359 medical workers (doctors of various specialties – 172, nurses – 134, medical psychologists – 40, nurses – 3, medical workers who did not indicate their profession – 10). The following methods were used: semi-structured interview; K. Maslach Professional Burnout Inventory adapted by N.E. Vodopyanova and E.S. Starchenkova; visual analogue scales specially designed for this study. Statistical processing of the data included dispersion analysis; the Kraskel–Wallis method; Mann–Whitney U-test; t-test; Spearman correlation coefficients.

Results and Discussion. In the general sample of medical professionals, a high level of emotional burnout was identified. The most severe emotional distress, exhaustion and depersonalization were found in doctors compared to nurses and psychologists. The “Subjective feeling of high risk of COVID-19 infection” acts as a core characteristic associated with various manifestations of emotional distress and burnout in medical professionals and can be considered as a central indicator of distress severity. The characteristics of the professional activities, age, level of education and workload, as well as the nature of family relations are related to the severity of manifestations of emotional distress and burnout during the pandemic period and should be taken into account when creating programs to provide psychological assistance to medical personnel. Severe anxiety due to a possible COVID-19 infection in a loved one and worsening financial situation could be the potential sources of stress in health professionals.

Conclusion. Targeting situations that potentially cause severe anxiety, as well as factors contributing to addictive forms of behavior in health workers during the pandemic could be beneficial in prevention programs for medical personnel.

Keywords: emergency, pandemic, COVID-19, healthcare professionals, physician, emotional distress, burnout, risk factors, prevention.

References

1. Bolekhan V.N., Uliukin I.M., Peleshok S.A. Osobennosti razvitiya epidemii koronavirusnoi infektsii COVID-19 [Features of the development of the COVID-19 pandemic] *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh* [Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2020. N 4. Pp. 16–26. DOI: 10.25016/2541-7487-2020-0-4-16-26. (In Russ.)
2. Vodopyanova N.E., Starchenkova E.S. Sindrom vygoraniya. Diagnostika i profilaktika [Burnout Syndrome: Diagnosis and Prevention]. Moskva. 2017. 343 p. (In Russ.)
3. Zinchenko Yu.P., Salagai O.O., Shaigerova L.A. [et al.]. Vospriyatie stressa razlichnymi kategoriyami meditsinskogo personala vo vremya pervoi volny pandemii COVID-19 v Rossii [Perception of stress by different categories of medical personnel during the first wave of the COVID-19 pandemic in Russia]. *Obshchestvennoe zdorov'e* [Public Health and Health Care]. 2021. N 1. Pp. 65–89. DOI: 10.21045/2782-1676-2021-1-1-65-89. (In Russ.)
4. Matyushkina E.Ya., Roy A.P., Rakhmanina A.A. [et al.]. Professional'nyi stress i professional'noe vygoranie u meditsinskikh rabotnikov [Occupational stress and burnout among healthcare professionals]. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya* [Journal of Modern Foreign Psychology]. 2020. Vol. 9, N 1. Pp. 39–49. DOI: 10.17759/jmfp.2020090104. (In Russ.)
5. Petrikov S.S., Kholmogorova A.B., Suroegina A.Yu. [et al.]. Professional'noe vygoranie, simptomy emotsional'nogo neblagopoluchiya i distressa u meditsinskikh rabotnikov vo vremya epidemii COVID-19 [Professional burnout, symptoms of emotional disorders and distress among healthcare professionals during the COVID-19 epidemic]. *Konsul'tativnaya psikhologiya i psikhoterapiya* [Counseling Psychology and Psychotherapy]. 2020. Vol. 28, N 2. Pp. 8–45. DOI: 10.17759/cpp.2020280202. (In Russ.)
6. Kholmogorova A.B., Rakhmanina A.A., Suroegina A.Yu. [et al.]. Psikhicheskoe zdorov'e i professional'noe vygoranie vrachei-ordinatorov vo vremya pandemii COVID-19: situatsionnye i psikhologicheskie faktory [Mental health and professional burnout among residents during the COVID-19 pandemic: situational and psychological factors]. *Konsul'tativnaya psikhologiya i psikhoterapiya* [Counseling Psychology and Psychotherapy]. 2021. Vol. 29, N 2. Pp. 9–47. DOI: 10.17759/cpp.2021290202. (In Russ.)
7. Azoulay E., De Waele J., Ferrer R. [et al.]. Symptoms of burnout in intensive care unit specialists facing the COVID-19 outbreak. *Ann. Intensive Care*. 2020. Vol. 10, N 1. Art. 110. DOI: 10.1186/s13613-020-00722-3.
8. Del Piccolo L., Donisi V., Raffaelli R. [et al.]. The Psychological Impact of COVID-19 on Healthcare Providers in Obstetrics: A Cross-Sectional Survey Study. *Front. Psychol*. 2021. Vol. 12. Art. 632999. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.632999.
9. Elshaer N.S.M., Moustafa M.S.A., Aiad M.W., Ramadan M.I.E. Job stress and burnout syndrome among critical care healthcare workers. *Alexandria J. Med*. 2018. Vol. 54. Pp. 273–277. DOI: 10.1016/j.ajme.2017.06.004.

10. Giusti E.M., Pedrolì E., D'Aniello G.E. [et al.]. The psychological impact of the COVID19 outbreak on health professionals: a cross-sectional study. *Front. Psychol.* 2020. Vol. 11. Art. 1684. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01684.

11. Kang E.K., Lihm H.S., Kong E.H. Association of intern and resident burnout with self-reported medical errors. *Korean J. Fam. Med.* 2013. Vol. 34, N 1. Pp. 36–42. DOI: 10.4082/kjfm.2013.34.1.36.

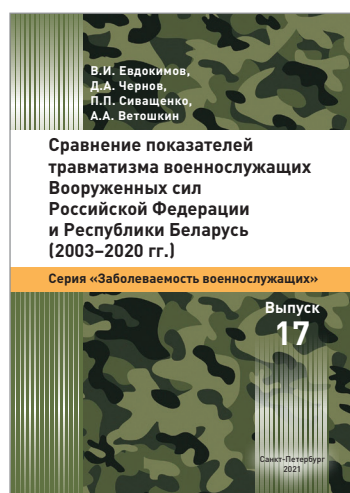
12. Kisely S., Warren N., McMahon L. [et al.]. Occurrence, prevention, and management of the psychological effects of emerging virus outbreaks on healthcare workers: rapid review and meta-analysis. *BMJ.* 2020. Vol. 369. Art. 1642. DOI:10.1136/bmj.m1642.

Received 26.08.2021

For citing: Shishkova A.M., Bocharov V.V., Karavayeva T.A., Vasilyeva N.G., Chrustaleva N.S. Rol' sotsial'no-demograficheskikh i professional'nykh faktorov v formirovani distressa i emotsional'nogo vygoraniya u meditsinskikh rabotnikov v period pandemii COVID-19. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh.* 2021. N 4. Pp. 103–114. (In Russ.)

Shishkova A.M., Bocharov V.V., Karavayeva T.A., Vasilyeva N.G., Chrustaleva N.S. Role of sociodemographic and occupational factors in emotional distress and burnout of health professionals during the COVID-19 pandemic. *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations.* 2021. N 4. Pp. 103–114. DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-103-114.

Вышла в свет монография



Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашенко П.П., Ветошкин А.А. Сравнение показателей травматизма военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации и Республики Беларусь (2003–2020 гг.) : монография / Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Гомельский государственный медицинский университет, Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России. СПб. : Политехника-принт, 2021. 97 с. (Серия «Заболеваемость военнослужащих» ; вып. 17).

ISBN 978-5-00182-005-5. Рис. 67, табл. 35. Библиогр. 23 назв. Тираж 500 экз.

Проведен анализ медицинских отчетов о состоянии здоровья личного состава по форме 3/МЕД воинских частей, в которых проходили службу не менее 80 % от общего числа офицеров Вооруженных сил Российской Федерации и Республики Беларусь в 2003–2020 гг.

Представлены уровень, структура и динамика основных медико-статистических показателей заболеваемости офицеров, военнослужащих, проходящих службу по призыву и контракту, с травмами (первичной заболеваемости или травматизма, госпитализации, дней трудопотери, увольняемости и смертности) по группам (блокам) травм XIX класса «Травмы, отравления и некоторые другие

последствия воздействия внешних причин» по Международной статистической классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем, 10-го пересмотра (МКБ-10). Провели сравнение показателей травм у военнослужащих Вооруженных сил Российской Федерации и Республики Беларусь. Исследованы военно-эпидемиологическая значимость травм (групп в классе) у военнослужащих и обстоятельства получения травм.

Профилактика травматизма – это не только медицинская проблема. Анализ обстоятельств получения травм должен обязательно проводиться с участием специалистов разного профиля с изучением причинно-следственных связей травматизма, выявлением и предупреждением факторов риска получения травм.

**Указатель статей, опубликованных в журнале
«Медико-биологические и социально-психологические проблемы
безопасности в чрезвычайных ситуациях» в 2021 г.**

35-лет аварии на Чернобыльской АЭС

Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Савельева М.В. Психологический статус и стресс-преодолевающее поведение у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленном периоде. 2021. № 2 (5–10). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-05-10.

Буртова Е.Ю., Акеев А.В., Барковская Л.П., Кантина Т.Э., Литвинчук Е.А. Заболеваемость психическими расстройствами населения муниципальных районов Челябинской области, подвергшихся аварийному радиоактивному загрязнению в отдаленном периоде. 2021. № 1 (22–30). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-22-30.

Дрыгина Л.Б., Хирманов В.Н. Кальциноз коронарных артерий и метаболические нарушения у ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС. 2021. № 2 (11–17). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-11-17.

Панов А.В. Возвращение радиоактивно загрязненных территорий к нормальной жизнедеятельности: современные проблемы и пути решения (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС). 2021. № 1 (5–13). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-05-13.

Соловьев В.Ю., Самойлов А.С., Лебедев А.О., Седанкин М.К., Гудков Е.А. Использование информации о времени развития рвоты при первичной сортировке пострадавших в радиационных авариях. 2021. № 1 (14–21). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-14-21.

Медицинские проблемы

Авитисов П.В., Гасанов Ш.М. Комплексная методика расчета возможных санитарных потерь населения и потребности в силах и средствах гражданского здравоохранения в вооруженном конфликте. 2021. № 2 (18–26). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-18-26.

Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Нестеренко Н.В., Якирев И.А., Попов А.С. Аэромобильный госпиталь МЧС России: задачи, основные подразделения, оснащение, варианты развертывания при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2021. № 3 (5–17). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-05-17.

Баранов А.В., Гончаров С.Ф., Мордовский Э.А., Самойлов А.С. Организация оказания специализированной медицинской помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях на федеральной автомобильной дороге М-8 «Холмогоры» в Архангельской области в госпитальном периоде. 2021. № 3 (18–25). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-18-25.

Вагнер Д.О., Зиновьев Е.В., Солошенко В.В., Шаповалов С.Г. Опыт применения метода вакуумной терапии в отделе термических поражений. 2021. № 3 (26–34). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-26-34.

Гацура В.Ю., Бацков С.С., Пятибрат Е.Д. Влияние кумуляции диоксинов в липидах крови на формирование неалкогольной жировой болезни печени у пожарных. 2021. № 4 (20–27). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-20-27.

Гончаров С.Ф., Баранов А.В., Мордовский Э.А. О целесообразности организации мониторинга медико-санитарных последствий дорожно-транспортных происшествий. 2021. № 1 (31–39). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-31-39

Гребеньков С.В., Батов В.Е., Кузнецов С.М. Оценка условий труда медицинских работников военно-медицинских организаций в период пандемии новой коронавирусной инфекции. 2021. № 3 (35–42). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-35-42.

Гуменюк С.А., Шептунов Г.В., Потапов В.И. Взаимодействие авиамедицинских бригад с бригадами скорой медицинской помощи и стационарами при ведении больных с искусственной вентиляцией легких. 2021. № 2 (27–35). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-27-35.

Евдокимов В.И., Путин В.С., Ветошкин А.А., Артюхин В.В. Обстоятельства профессионального травматизма и гибели личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России (2010–2020 гг.). 2021. № 4 (5–19). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19.

Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашенко П.П., Ветошкин А.А. Сравнение показателей травматизма военнослужащих, проходящих службу по призыву в Вооруженных силах России и Республики Беларусь (2003–2020 гг.). 2021. № 2 (36–51). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-36-51.

Евдокимов В.И., Чернов Д.А., Сивашенко П.П., Ветошкин А.А., Мухина Н.А. Анализ показателей травматизма офицеров Вооруженных сил Российской Федерации и Республики Беларусь (2003–2020 гг.). 2021. № 3 (43–58). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-43-58.

Жернов С.В., Ичитовкина Е.Г., Соловьев А.Г. Влияние личностных и социальных особенностей на формирование психической травматизации у сотрудников полиции в условиях пандемии COVID-19. 2021. № 3 (59–67). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-59-67.

Кондашов А.А., Удавцова Е.Ю., Маштаков В.А., Бобринев Е.В., Ветошкин А.А., Шавырина Т.А. Оценка допустимого риска травмирования личного состава Федеральной противопожарной службы МЧС России. 2021. № 1 (40–49). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-40-49.

Краснов А.А., Абриталин Е.Ю., Макеенко В.В. Сравнительная оценка параметров преморбидного периода и показателей функциональной диагностики невротических расстройств у военнослужащих. 2021. № 1 (50–55). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-50-55.

Майоров Б.А., Тульчинский А.Э., Беленький И.Г., Сергеев Г.Д., Барсукова И.М., Ендовицкий И.А. Лечение пострадавших с чрезвертельными переломами бедренной кости в травмоцентре 1-го уровня Ленинградской области. 2021. № 3 (68–76). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-68-76.

Мальцева О.С., Шелухин Д.А., Пшениснов К.В., Александрович Ю.С., Редкокаша А.А., Прозорова М.Н. Модель и принципы организации скорой специализированной медицинской помощи детям на этапе медицинской эвакуации. 2021. № 2 (52–61). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-52-61.

Никифоров М.В., Королев А.А. Оценка эффективности и технологии нутриционной поддержки пострадавших в чрезвычайных ситуациях с длительными нарушениями сознания вследствие черепно-мозговой травмы. 2021. № 4 (28–39). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-28-39.

Овчаренко А.П., Лемешкин Р.Н., Русев И.Т. Проблемные вопросы организации работы нештатных формирований службы медицины катастроф Министерства обороны Российской Федерации. 2021. № 4 (48–59). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-48-59.

Писаренко Л.В., Гуменюк С.А., Федотов С.А., Потапов В.И. Современные проблемы «золотого часа» в работе служб экстренной и скорой медицинской помощи и вероятный путь их решения. 2021. № 4 (60–70). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-60-70.

Теплов В.М., Алексанин С.С., Комедев С.С., Цебровская Е.А., Бурыкина В.В., Багненко С.Ф. Проблемы медицинской эвакуации и лечения в стационаре больных и пострадавших с внезапной остановкой кровообращения, развившейся вне медицинской организации. 2021. № 2 (89–94). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-89-94.

Теплов В.М., Алексанин С.С., Цебровская Е.А., Белаш В.А., Бурыкина В.В., Багненко С.Ф. Возможности компьютерного имитационного моделирования в оптимизации работы стационарного отделения скорой медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 4 (40–47). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-40-47.

Харин В.В., Бобринев Е.В., Удавцова Е.Ю., Кондашов А.А., Шавырина Т.А. Оценка профессионального риска и тяжести нарушений здоровья в подразделениях Федеральной противопожарной службы МЧС России. 2021. № 2 (62–69). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-62-69.

Шапкин Ю.Г., Селиверстов П.А. Преимущества и недостатки использования вертолетов для санитарно-авиационной эвакуации пострадавших с травмой (обзор литературы). 2021. № 2 (70–79). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-70-79.

Щепкина Е.А., Соломин Л.Н., Корчагин К.Л., Сабиров Ф.К. Сравнительная оценка замещения посттравматических дефектов бедренной и большеберцовой костей по Илизарову и поперх интрамедуллярного стержня. 2021. № 2 (80–88). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-80-88.

Биологические проблемы

Батырев В.В., Грачёв В.И. Современная система требований к самоспасателям – малогабаритным фильтрующим средствам защиты органов дыхания населения в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 1 (56–65). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-56-65.

Гацура В.Ю., Бацков С.С., Санников М.В., Крийт В.Е., Пятибрат Е.Д. Состояние резидентной микробной ассоциации кишечника и ее взаимосвязь с концентрацией диоксинов в липидах крови у пожарных. 2021. № 3 (77–82). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-77-82.

Евдокимов В.И. Средства индивидуальной защиты органов дыхания: развитие патентования и структура изобретений в мире (2000–2019 гг.). 2021. № 1 (66–81). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-66-81.

Зиямбетов В.Ю., Пятибрат А.О. Влияние гипоксической тренировки в изолирующем противогазе на повышение резистентности организма к влиянию экстремальных условий профессиональной деятельности. 2021. № 4 (71–77). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-71-77.

Зиновьев Е.В., Дергунов А.В., Кобиашвили М.Г., Митрейкин В.Ф., Шуленин К.С. Особенности иммуннопатогенеза и критериальная иммунодиагностика сепсиса у тяжелообожженных. 2021. № 2 (95–103). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-95-103.

Кузнецов М.С., Логаткин С.М., Дворянчиков В.В. Специальные акустические средства силовых структур: краткая история вопроса, медико-биологические эффекты при воздействии на орган слуха. 2021. № 3 (83–90). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-83-90.

Любимова Н.В., Тимофеев Ю.С., Бекашев А.Х., Зыбина Н.Н., Стилиди И.С., Кушлинский Н.Е. Глиофибрилярный кислый протеин (GFAP) в сыворотке крови у пациентов с травматическим поражением головного мозга. 2021. № 4 (78–84). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-78-84.

Мясников Д.В., Авитисов П.В., Золотухин А.В., Баринев М.Ф. Методический подход к определению допустимого времени работы спасателей в условиях интермиттирующего действия угарного газа. 2021. № 1 (82–88). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-82-88.

Неронова Е.Г. Построение калибровочных кривых для биологической цитогенетической дозиметрии и опыт применения при медицинском облучении. 2021. № 4 (85–93). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-85-93.

Ушаков И.Б., Богомолов А.В. Диагностика функциональных состояний человека в приоритетных исследованиях отечественных физиологических школ. 2021. № 3 (91–100). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-91-100.

Ушаков И.Б., Поляков А.В., Усов В.М., Князьков М.М., Мотиенко А.И. Использование сервисных роботов для противодействия распространению вируса SARS-CoV-2 в закрытых медицинских помещениях. 2021. № 2 (104–114). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-104-114.

Якимова Н.Л., Титов Е.А. Изменения поведенческих и морфологических показателей у крыс при свинцовой интоксикации, отягощенной лекарственным гипотиреозом. 2021. № 1 (89–96). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-89-96.

Яковлева М.В., Санников М.В., Алексанин С.С., Нестеренко Н.В. Особенности биоэлементного статуса у сотрудников МЧС России, работающих в условиях Арктической зоны. 2021. № 4 (94–102). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-94-102.

Социально-психологические проблемы

Абакумова И.В., Ермаков П.Н., Денисова Е.Г., Куприянов И.В. Генетические предикторы деструктивных и конструктивных форм информационного поведения молодежи. 2021. № 3 (101–107). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-101-107.

Гаврилова О.Я., Ульянина О.А. Международный опыт оказания экстренной психологической помощи несовершеннолетним детям. 2021. № 3 (108–115). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-108-115.

Карапетян Л.В., Редина Е.А. Мотивационная готовность психологов к оказанию экстренной психологической помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях. 2021. № 1 (107–115). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-107-115.

Станченков И.В., Чистяков С.И., Сулов А.Г. Оценка клинической эффективности организационной модели медико-психологической реабилитации на основе анализа динамики показателей психического статуса военнослужащих, подвергшихся воздействию боевого стресса. 2021. № 2 (115–122). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-115-122.

Шишкова А.М., Бочаров В.В., Караваева Т.А., Васильева Н.Г., Хрусталева Н.С. Роль социально-демографических и профессиональных факторов в формировании дистресса и эмоционального выгорания у медицинских работников в период пандемии COVID-19. 2021. № 4 (103–114). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-103-114.

Щелкова О.Ю., Исурина Г.Л., Усманова Е.Б., Яковлева М.В., Валиев А.К., Кулага А.В. Совладание со стрессом болезни и качество жизни пациентов, перенесших операцию в связи с опухолевым поражением позвоночника. 2021. № 1 (97–106). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-97-106.

Указатель статей, опубликованных в журнале «Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях» в 2020 г. 2021. № 1 (116–120).

Указатель статей, опубликованных в журнале «Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях» в 2021 г. 2021. № 4 (115–120).

Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никитина МЧС России: к 30-летию со дня образования: краткая историческая справка. 2021. № 3 (116–119).

**Index of articles of journal
«Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety
in Emergency Situations». 2021**

35 years after the Chernobyl NPP disaster

Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Savelyeva M.V. Psychological status and coping behavior in liquidators of the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the remote period. 2021. N 2 (5–10). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-05-10.

Burtovaia E.Yu., Akleyev A.V., Barkovskaia L.P., Kantina T.E., Litvinchuk E.A. Incidence of mental disorders in the population of municipal areas of the Chelyabinsk region in the remote period after accidental radioactive contamination. 2021. N 1 (22–30). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-22-30.

Drygina L.B., Khirmanov V.N. Coronary artery calcinosis and metabolic disorders in Chernobyl accident responders. 2021. N 2 (11–17). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-11-17.

Panov A.V. Returning radioactively contaminated territories to normal life: current problems and ways for solution (35 years after the Chernobyl NPP accident). 2021. N 1 (5–13). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-05-13.

Soloviev V.Yu., Samoilov A.S., Lebedev A.O., Sedankin M.K., Gudkov E.A. Application of time to emesis data for primary triage of radiation accident victims. 2021. N 1 (14–21). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-14-21.

Medical Issues

Aleksanin S.S., Rybnikov V.Yu., Nesterenko N.V., Yakirevich I.A., Popov A.S. Airmobile hospital of EMERCOM of Russia: tasks, main units, equipment, deployment options for eliminating consequences of emergencies. 2021. N 3 (5–17). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-05-17.

Avitsov P.V., Gasanov Sh.M. Comprehensive methodology for calculating possible sanitary losses of the population and the need for assets and resources of the civilian health care in armed conflicts. 2021. N 2 (18–26). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-18-26.

Baranov A.V., Goncharov S.F., Mordovsky E.A., Samojlov A.S. Organization of the provision of specialized medical care to injured in road accidents on the federal highway M-8 “Kholmogory” in the Arkhangelsk region during the hospital period. 2021. N 3 (18–25). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-18-25.

Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P., Vetoshkin A.A. Comparison of indicators of injuries in military personnel serving on conscription in the Armed Forces of Russia and the Republic of Belarus (2003–2020). 2021. N 2 (36–51). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-36-51.

Evdokimov V.I., Chernov D.A., Sivashchenko P.P., Vetoshkin A.A., Mukhina N.A. Analysis of traumatism in officers of the Armed Forces of the Russian Federation and the Republic of Belarus (2003–2020). 2021. N 3 (43–58). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-43-58.

Evdokimov V.I., Putin V.S., Vetoshkin A.A., Artyukhin V.V. The circumstances of work-related injuries and death of the personnel of the Federal Fire Service of the EMERCOM of Russia (2010–2020). 2021. N 4 (5–19). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-05-19.

Gatsura V.Y., Batskov S.S., Pyatibrat E.D. The effect of accumulation of dioxins in blood lipids on the formation of non-alcoholic fatty liver disease in firefighters. 2021. N 4 (20–27). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-20-27.

Goncharov S.F., Baranov A.V., Mordovsky E.A. On the expediency to organize monitoring of the medical and sanitary consequences of road traffic accidents. 2021. N 1 (31–39). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-31-39.

Grebenkov S.V., Batov V.E., Kuznetsov S.M. Assessment of the working conditions of medical personnel in military medical organizations during the pandemic of new coronavirus infection. 2021. N 3 (35–42). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-35-42.

Gumenyuk S.A., Sheptunov G.V., Potapov V.I. Interaction of aviation medical teams with ambulance, emergency medical care teams and hospitals in the management of mechanically ventilated patients. 2021. N 2 (27–35). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-27-35.

Kharin V.V., Bobrinev E.V., Udavtsova E.Y., Kondashov A.A., Shavyrina T.A. Assessment of occupational risks and severity of health disorders in the divisions of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia. 2021. N 2 (62–69). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-62-69.

Kondashov A.A., Udavtsova E.Yu., Mashtakov V.A., Bobrinev E.V., Vetoshkin A.A., Shavyrina T.A. Assessment of the acceptable risk of injury in employees of the Federal Fire Service of EMERCOM of Russia. 2021. N 1 (40–49). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-40-49.

Krasnov A.A., Abritalin E.Y., Makeenko V.V. Comparative assessment of premorbid period parameters and functional diagnostics indicators in military personnel with neurotic disorders. 2021. N 1 (50–55). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-50-55.

Maierov B.A., Tulchinskii A.E., Belenkii I.G., Sergeev G.D., Barsukova I.M., Endovitskiy I.A. Management of intertrochanteric femoral fractures at Level 1 trauma center in Leningrad Region. 2021. N 3 (68–76). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-68-76.

Maltseva O.S., Shelukhin D.A., Pshenishov K.V., Aleksandrovich Yu.S., Redkokasha A.A., Prozorova M.N. Model and principles of organizing emergency specialized medical care for children at the stage of medical evacuation. 2021. N 2 (52–61). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-52-61.

Nikiforov M.V., Korolev A.A. Evaluation of the effectiveness and technology of nutritional support of victims in emergency situations with a long-term impairment of consciousness due to traumatic brain injury. 2021. N 4 (28–39). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-28-39.

OVcharenko A.P., Lemeshkin R.N., Rusev I.T. Problematic issues of organizing the work of supernumerary units of the Disaster Medicine Service of the Ministry of Defense of the Russian Federation. 2021. N 4 (48–59). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-48-59.

Pisarenko L.V., Gumenyuk S.A., Fedotov S.A., Potapov V.I. Modern problems of the «golden hour» in the work of emergency services and emergency medical care and the likely way to solve them. 2021. N 4 (60–70). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-60-70.

Shapkin Yu.G., Seliverstov P.A. Advantages and disadvantages of using helicopters for air medical evacuation of victims with traumas (literature review) . 2021. N 2 (70–79). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-70-79.

Shchepkina E.A., Solomin L.N., Korchagin K.L., Sabirov F.K. Bone transport over the nail vs Ilizarov method in the treatment of posttraumatic defects of the femur and tibia. 2021. N 2 (80–88). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-80-88.

Teplov V.M., Aleksanin S.S., Komedelev S.S., Tsebrovskaya E.A., Burykina V.V., Bagnenko S.F. Problems of medical evacuation and in-patient treatment of patients and injured with sudden arrest of circulation occurred outside medical institution. 2021. N 2 (89–94). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-89-94.

Teplov V.M., Aleksanin S.S., Tsebrovskaya E.A., Belash V.A., Burykina V.V., Bagnenko S.F. Possibilities of computer simulation in optimizing the work of the inpatient emergency department in emergency situations. 2021. № 4 (40–47). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-40-47.

Vagner D.O., Zinoviev E.V., Soloshenko V.V., Shapovalov S.G. Experience of using vacuum therapy in the burn department. 2021. N 3 (26–34). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-26-34.

Zhernov S.V., Ichitovkina E.G., Soloviev A.G. Influence of personal and social characteristics on the formation of mental trauma in police officers in the context of the COVID-19 pandemic. 2021. N 3 (59–67). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-59-67.

Biological Issues

Batyrev V.V., Grachev V.I. Current requirements for selfrescuers – small filtering respiratory protection devices for the population in emergency situations. 2021. N 1 (56–65). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-56-65.

Evdokimov V.I. Personal respiratory protective equipment: development of patenting and structure of inventions in the world (2000–2019). 2021. N 1 (66–81). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-66-81.

Gatsura V.Y., Batskov S.S., Sannikov M.V., Kriyt V.E., Pyatibrat E.D. The state of the resident intestinal microbial association and its relationship with concentrations of dioxins in blood lipids of firefighters. 2021. N 3 (77–82). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-77-82.

Kuznetsov M.S., Logatkin S.M., Dvorjanchikov V.V. Special acoustic devices of law enforcement agencies: a short history, medical and biological effects on the hearing organ. 2021. N 3 (83–90). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-83-90.

Lyubimova N.V., Timofeev Yu.S., Bekyashev A.Kh., Zybina N.N., Stilidi I.S., Kushlinskiy N.E. Glial fibrillary acidic protein (GFAP) in blood serum of patients with traumatic brain injury. 2021. N 4 (78–84). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-78-84.

Myasnikov D.V., Avitsov P.V., Zolotukhin A.V., Barinov M.F. Methodical approach to determining permissible time limits of intermittent carbon monoxide exposure in rescuers. 2021. N 1 (82–88). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-82-88.

Neronova E.G. Calibration curves development for biological cytogenetic dosimetry and experience with medical exposure. 2021. N 4 (85–93). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-85-93.

Ushakov I.B., Bogomolov A.V. Diagnostics of human functional states in priority studies of Russian physiological schools. 2021. N 3 (91–100). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-91-100.

Ushakov I.B., Polyakov A.V., Usov V.M., Knyazkov M.M., Motienko A.I. Using service robots to counter the SARS-CoV-2 virus spread in enclosed medical premises. 2021. N 2 (104–114). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-104-114.

Yakimova N.L., Titov E.A. Behavioural and morphological changes in rats with lead poisoning aggravated by medicinal hypothyroidism. 2021. N 1 (89–96). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-89-96.

Yakovleva M.V., Sannikov M.V., Aleksanin S.S., Nesterenko N.V. Features of the bioelement status in Russian Emercom employees working in the Arctic zone. 2021. N 4 (94–102). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-94-102.

Ziambetov V.Yu., Pyatibrat A.O. The effect of hypoxic training in an insulating gas mask on increasing the body's resistance to the influence of extreme conditions of professional activity. 2021. N 4 (71–77). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-71-77.

Zinoviev E.V., Dergunov A.V., Kobiashvili M.G., Mitreikin V.F., Shulenin K.S. The features of immunopathogenesis of sepsis and immunodiagnoses in severely burned patients. 2021. N 2 (95–103). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-95-103.

Social and Psychological Issues

Abakumova I.V., Ermakov P.N., Denisova E.G., Kupriyanov I.V. Genetic predictors of destructive and constructive types of digital behavior among young people. 2021. N 3 (101–107). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-101-107.

Gavrilova O.Ya., Ulyanina O.A. International experience in providing emergency psychological assistance to minors. 2021. N 3 (108–115). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-3-108-115.

Karapetyan L.V., Redina E.A. Psychologists' motivational readiness to provide emergency psychological assistance in emergency situations. 2021. N 1 (107–115). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-107-115.

Shchelkova O.Yu., Isurina G.L., Usmanova E.B., Iakovleva M.V., Valiev A.K., Kulaga A.V. Disease-related stress coping and quality of life in patients with surgically treated spinal tumors. 2021. N 1 (97–106). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-1-97-106.

Shishkova A.M., Bocharov V.V., Karavayeva T.A., Vasilyeva N.G., Chrustaleva N.S. Role of sociodemographic and occupational factors in emotional distress and burnout of health professionals during the COVID-19 pandemic. 2021. N 4 (103–114). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-4-103-115.

Stanchenkov I.V., Chistyakov S.I., Suslov A.G. Assessment of the clinical effectiveness of the organizational model of medical and psychological rehabilitation based on the analysis of the dynamics of the indicators of the mental status in military personnel exposed to combat stress. 2021. N 2 (115–122). DOI: 10.25016/2541-7487-2021-0-2-115-122.

Index of articles of journal "Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations". 2020. 2021. N 1 (116–120).

Index of articles of journal "Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations". 2021. 2021. N 4 (115–120).

The Nikiforov Russian Center of Emergency and Radiation Medicine, EMERCOM of Russia – 30th Anniversary: a brief historical background. 2021. N 3 (116–119).