

УЧРЕДИТЕЛЬ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова» (ФГБНУ «НИИ МТ»)

при поддержке
Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации №ФС77-74608 от 29 декабря 2018 г.

Журнал входит в рекомендуемый ВАК перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук. Журнал включен в Российский индекс научного цитирования.

Адрес редакции:

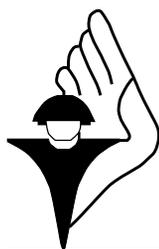
105275, Москва, пр-т Будённого, 31, ФГБНУ «НИИ МТ», комн. 274, редакция журнала «Медицина труда и промышленная экология»
Тел.: +7 (495) 366-11-10.
E-mail: zumiimtpe@yandex.ru
Зав. редакцией А.В.Серебрянникова

Подписка

Подписной индекс по каталогу «Роспечать»:
71430 — для всех подписчиков
Подписка на электронную версию журнала через:
www.elibrary.ru
www.journal-irioh.ru (сайт журнала)

Подписано в печать 24.1.2020.
Формат издания 60x84 1/8.
Объем 8,75 п.л. Печать офсетная.

Отпечатано с готового оригинал-макета в ООО «Амирит», 410004, г. Саратов, ул. Чернышевского, 88
E-mail: zakaz@amirit.ru
Сайт: amirit.ru
Заказ



МЕДИЦИНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

ISSN 1026-9428 (print)

ISSN 2618-8945 (online)

60 (1), 2020

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1957 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
БУХТИЯРОВ И.В.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, НИИ МТ, Москва

Заместитель главного редактора
ПРОКОПЕНКО Л.В.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

Ответственный секретарь журнала
КИРЬЯКОВ В.А.

д.м.н., проф., ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана, г. Мытищи, Московская обл.

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

АТЬКОВ О.Ю.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, РМАНПО, Москва

БЕЛЯЕВ Е.Н.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, ФЦГиЭ, Москва

БОНИТЕНКО Е.Ю.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

БУШМАНОВ А.Ю.

д.м.н., проф., ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва

БЫКОВ И.Ю.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, НИИ МТ, Москва

ГОЛОВКОВА Н.П.

д.м.н., НИИ МТ, Москва

ИЗМЕРОВА Н.И.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

КАПЦОВ В.А.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, ВНИИЖГ, Москва

КОЛОСИО К.

к.м.н., доцент, МЦ ПЗХГШ госпиталей С.С. Пауло и Карло, Милан, Италия

КОСЯЧЕНКО Г.Е.

д.м.н., доцент, НПЦГ, Минск

КУЗЬМИНА Л.П.

д-р биол. наук, проф., НИИ МТ, 1-й МГМУ им.

Сеченова, Москва

НИУ Ш.

д-р, Женева, МОТ, Швейцария

ПАЛЬЦЕВ Ю.П.

д.м.н., проф., НИИ МТ, Москва

ПАУНОВИЧ Е.

д-р, Белград, независимый эксперт, Сербия

ПОПОВА А.Ю.

д.м.н., проф., Роспотребнадзор, Москва

ПОТЕРЯЕВА Е.Л.

д.м.н., проф., академик РАЕН, НГМУ, Новосибирск

РЫЖОВ А.А.

д-р биол. наук, проф., ТвГУ, Тверь

СИДОРОВ К.К.

д.м.н., Роспотребнадзор, Москва

СТРИЖАКОВ Л.А.

д.м.н., 1-й МГМУ им. И.М. Сеченова, Москва

ТИХОНОВА Г.И.

д.биол.н., НИИ МТ, Москва

УШАКОВ И.Б.

д.м.н., проф., академик РАН, ФМБЦ им. А.И. Бурназяна, Москва

ФИЛИМОНОВ С.Н.

д.м.н., проф., НИИ КПГ ПЗ, Новокузнецк

ЭГЛИТЕ М.Э.

д.м.н., реабилитированный д-р, мед., проф., Рижский

университет им. Страдыня, Рига, Латвия

доцент, АМУ, Баку, Азербайджан

ЭФЕНДИЕВ И.Н.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

АМИРОВ Н.Х.

д.м.н., проф., академик РАН, КГМУ, Казань, Татарстан

БАКИРОВ А.Б.

д.м.н., проф., академик АН РБ, Уфимский НИИ МТ и ЭЧ Уфа, Башкортостан

ГУРВИЧ В.Б.

д.м.н., проф., ЕМНЦ ПОЗРПП, Екатеринбург

ДАНИЛОВ А.Н.

д.м.н., доцент, Саратовский НИИ СГ, Саратов

КАСЫМОВ О.Т.

д.м.н., проф., академик РАЕН, КРСУ им. Б.Н. Ельцина, Бешкек, Киргизия

МАЛЮТИНА Н.Н.

д.м.н., проф., ПГМУ им. акад. Е.А. Вагнера, Пермь

МЕЛЬЦЕР А.В.

д.м.н., проф., СЗГМУ им. И.И. Мечникова, Санкт-

Петербург

МИЛУШКИНА О.Ю.

д.м.н., доцент, РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Москва

ПОПОВ В.И.

д.м.н., проф., ВГМУ им. Н.Н. Бурденко, Воронеж

РУКАВИШНИКОВ В.С.

д.м.н., проф., член-корр. РАН, ВСИМЭИ, Ангарск

ТКАЧЕВА Т.А.

д.м.н., НИИ МТ, Москва

ШПАГИНА Л.А.

д.м.н., проф., академик РАЕН, НГМУ, Новосибирск

ЭЛЬГАРОВ А.А.

д.м.н., проф., академик РАЕН, КБГУ, Нальчик, Кабардино-Балкария

FOUNDER OF THE JOURNAL

Federal State Budgetary Scientific
Institution Izmerov Research
Institute of Occupational Health
(FSBSI IRIOH)

With the support
of the Federal service
for supervision of consumer rights
protection and human welfare
(Rospotrebnadzor)

Journal was registered in The
Federal Service for Supervision
of Communications, Information
Technology and Mass Media.
Registration certificate
No. ΦС77-74608,
29 December, 2018.

The Journal is included into a list
recommended by Russian Certification
Board and covering scientific and
scientific technological periodicals
published in Russian Federation. This
list contains main results of dissertations
for PhD and Doctor of Science degrees.
The Journal is included into Russian
index of scientific quotation.

Editorial office address:

editorial board of the journal «Russian
Journal of Occupational Health
and Industrial Ecology»,
room 274, 31, Prospect Budennogo,
Moscow Federation, 105275, FSBSI
IRIOH
Tel. +7 (495) 366-11-10.
E-mail: zurniimtpe@yandex.ru
www.journal-irioh.ru

Subscription to the electronic version
of the journal: www.elibrary.ru



Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology

Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya

ISSN 1026-9428 (print)
ISSN 2618-8945 (online)

60 (1), 2020

MONTHLY SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL
founded in 1957

EDITORIAL BOARD**Editor-in-chief**

BUKHTIYAROV I.V. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member, IRIOH, Moscow

Deputy Editor-in-chief

PROKOPENKO L.V. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

Executive secretary of journal

KIR'YAKOV V.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., F.F. Erisman FSCH, Mytishi

MEMBERS OF EDITORIAL BOARD

AT'KOV O.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
RMACPE, Moscow

BELYAEV E.N. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
FCHE, Moscow

BONITENKO E.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

BUSHMANOV A.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan FMBC, Moscow

BYKOV I.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
IRIOH, Moscow

GOLOVKOVA N.P. Dr. Sci. (Med.), IRIOH, Moscow

IZMEROVA N.I. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

KAPTSOV V.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member,
ARSIRH, Moscow

COLOSIO C. Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, OHU, ICRH of S.S. Paolo
and Carlo Hospitals, Milan, Italy

KOSYACHENKO G.E. Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Minsk, SPCH, Belarus

KUZMINA L.P. Dr. Biol. Sci., Prof., IRIOH, I.M. Sechenov
First MSMU, Moscow

NIU Sh. MD, ILO, Geneva, Switzerland

PAL'TSEV Yu.P. Dr. Sci. (Med.), Prof., IRIOH, Moscow

PAUNOVIC E. MD, independent expert, Belgrade, Serbia

POPOVA A.Yu. Dr. Sci. (Med.), Prof., Rospotrebnadzor, Moscow

POTERYAEVA E.L. Dr. Sci. (Med.), Prof., NSMU, Novosibirsk

RYZHOV A.Ya. Dr. Biol. Sci., Prof., TSU, Tver'

SIDOROV K.K. Dr. Sci. (Med.), Rospotrebnadzor, Moscow

STRIZHAKOV L.A. Dr. Sci. (Med.), I.M. Sechenov First MSMU, Moscow

TIKHONOVA G.I. Dr. Biol. Sci., IRIOH, Moscow

USHAKOV I.B. Dr. Sci. (Med.), Prof., A.I. Burnasyan FMBC, Moscow

FILIMONOV S.M. Dr. Sci. (Med.), Prof., SRI CPHOD, Novokuznetsk

EGLITE M.E. Dr. Sci. (Med.), Prof., RSU, Riga, Latvia

EFENDIEV I.N. Associate professor, Baku, AMU, Azerbaijan

EDITORIAL COUNCIL

AMIROV N.Kh. Dr. Sci. (Med.), Prof., KSMU, Kazan'

BAKIROV A.B. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of Academy of
Sciences of the Republic Bashkortostan, URI OM HE, Ufa

GURVICH V.B. Dr. Sci. (Med.), Prof., EMRC PHPIW, Ekaterinburg

DANILOV A.N. Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Saratov SRI RH, Saratov

KASYMOV O.T. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of Russian Academy
of Natural Sciences, B.N. Yeltsin KRSU, Bishkek,
Kyrgyzstan

MALYUTINA N.N. Dr. Sci. (Med.), Prof., E.A. Vagner PSMU, Perm'

MEL'TSER A.V. Dr. Sci. (Med.), Prof., Mechnikov NWSMU,
St. Petersburg

MILUSHKINA A.Yu. Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, RNRMU, Moscow

POPOV V.I. Dr. Sci. (Med.), Prof., N.N. Burdenko VSMU, Voronezh

RUKAVISHNIKOV V.S. Dr. Sci. (Med.), Prof., RAS Corresponding Member, ESIMER,
Angarsk

TKACHEVA T.A. Dr. Sci. (Med.), IRIOH, Moscow

SHPAGINA L.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of European
Academy of Natural Sciences, NSMU, Novosibirsk

EL'GAROV A.A. Dr. Sci. (Med.), Prof., Academician of European
Academy of Natural Sciences, KBSU, Nal'chik

Содержание

Contents

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Анализ материалов NIOSH (США) о приоритетах исследований промышленных роботов и комментарии к нему

4

Рыжкова А.В., Минина В.И., Соколова А.О., Баканова М.А., Титов Р.А., Тимофеева А.А. Полиморфизмы генов ферментов репарации ДНК и показатели нестабильности генома у рабочих угольных шахт

12

Дружинин В.Н., Суворов В.Г., Черный А.Н., Тройняков С.Н., Тухтаев У.Т. Рентгеноденситометрические аспекты диагностики локтевого эпикондилита

19

Сетко Н.П., Мовергоз С.В., Булычева Е.В. Особенности функционального состояния организма операторов и машинистов нефтехимического предприятия в зависимости от трудового стажа

25

Лей Хуан, Ян Лай, Йимей Ян. Исследование случая острой асфиксии при отравлении парами химических веществ на производстве

30

ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАРОВООХРАНЕНИЮ

Иванов И.В., Калинин Л.А., Готадзе И.И., Джержения С.А., Морозова Т.В., Семенцов В.Н., Юшкова О.И. Посттравматическая реабилитация с использованием спортивно-игровой модели в условиях гиподинамии

34

Горяев Н.И., Самойлов А.С., Горбачева О.Н., Кретов А.С. Совершенствования организационных форм в диагностике профессиональных злокачественных новообразований на региональном уровне

40

Бровко М.Ю., Стрижаков Л.А., Калашников М.В., Коновалов Д.В., Шоломова В.И., Лебедева М.В., Коган Е.А., Янакаева А.Ш. Клиническое наблюдение сочетания саркоидоза и силикоза у работницы горно-обогатительного комбината

44

Елифанов А.В., Лепунова О.Н., Фролова О.В., Ковязина О.Л., Шалабодов А.Д. Изменение элементов красной крови у доноров, работающих на предприятиях с вредным производством

48

ДИСКУССИИ

Федотов В.Д., Шония М.Л., Белоуско Н.И. Клинико-прогностические аспекты взаимоотношений хронической обструктивной болезни легких профессиональной этиологии и хронического необструктивного бронхита

53

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Потапова И.А. Особенности жирно-кислотного состава сыворотки крови при вибрационной болезни

59

Азизова Ф.Л., Болтабоев У.А. Характеристика функционального состояния центральной нервной системы у работников обувного производства

64

ИНФОРМАЦИЯ

3-й Международный Молодёжный Форум «ПРОФЕССИЯ и ЗДОРОВЬЕ» (ОНИУФ-2020)

69

ORIGINAL ARTICLES

Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I. Analysis of NIOSH (USA) materials on research priorities for industrial robots and comments on it

4

Ryzhkova A.V., Minina V.I., Sokolova A.O., Bakanova M.L., Titov R.A., Timofeeva A.A. Polymorphisms of genes of DNA repair enzymes and indicators of genome instability in coal mine workers

12

Druzhinin V.N., Suvorov V.G., Cherny A.N., Troinyakov S.N., Tukhtaev U.T. X-ray densitometric aspects of diagnosis of ulnar epicondylitis

19

Setko N.P., Movergoz S.V., Setko A.G., Bulycheva E.V. Features of the functional state of professionally significant body systems of operators and machinists of a petrochemical enterprise depending on their work experience

25

Lei Huang, Yan Lai, Yimei Yang. Survey on an acute occupational poisoning event caused by simple asphyxiating gas

30

FOR THE PRACTICAL MEDICINE

Ivanov I.V., Kalinkin L.A., Gotadze I.I., Djergeniya S.L., Morozova T.V., Sementzov V.N., Yushkova O.I. Post-labor rehabilitation with the use of a sports and game model for work in hypodynamic conditions

34

Goryaev N.I., Samoilov A.S., Gorbacheva O.N., Kretov A.S. Improving organizational forms in the diagnosis of professional malignant neoplasms at the regional level

40

Brovko M.Yu., Strizhakov L.A., Kalashnikov M.V., Konovalov D.V., Sholomova V.I., Lebedeva M.V., Kogan E.A., Yanakaeva A.Sh. Clinical observation of a combination of sarcoidosis and silicosis in a mining and processing plant worker

44

Elifanov A.V., Lepunova O.N., Frolova O.V., Kovyazina O.L., Shalabodov A.D. Indicators of red blood in donors working in enterprises with harmful production

48

DISCUSSIONS

Fedotov V.D., Shoniya M.L., Belousko N.I. Clinical and prognostic aspects of the relationship of chronic obstructive pulmonary disease of occupational etiology and chronic non-obstructive bronchitis

53

BRIEF REPORTS

Potapova I.A. Features of fatty acid composition of blood serum in vibration disease

59

Azizova F.L., Boltaboev U.A. Characteristics of the dynamics of the central nervous system and attention function in workers of shoe production

64

INFORMATION

The 3d «OCCUPATION and HEALTH» International Youth Forum

69

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-4-11>

УДК 613.6

ORCID:

© Бухтияров И.В., Денисов Э.И., 2020

0000-0002-8317-2718

Бухтияров И.В., Денисов Э.И.

0000-0002-2771-1617

Анализ материалов NIOSH (США) о приоритетах исследований промышленных роботов и комментариев к нему

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

Национальный институт охраны и медицины труда США (NIOSH), относящийся к Центрам по контролю и профилактике заболеваний (CDC), создал Центр исследований профессиональной робототехники (CORR) и запрашивает информацию для определения приоритетных направлений исследований. Речь идет о пробелах в знаниях по обеспечению безопасности и здоровья людей, работающих с промышленной робототехникой (ПРТ) с акцентом на исследованиях в области безопасности и гигиены труда, которые вряд ли будут проведены другими федеральными агентствами, научными кругами и частным сектором. Запрос подписал Директор NIOSH Джон Говард (John J. Howard), куратором CORR является Хунвэй Сяо, доктор философии; финансирование CORR предусмотрено стратегическим планом работ NIOSH на 2019–2023 гг. Ниже к основным направлениям CORR даны комментарии, а также изложены опубликованные в России разработки по информационной гигиене (ИГ). Отмечается также роль санитарного надзора и разработки стандартов и норм силам компетентных органов: объединенного комитета ВОЗ/МОТ по медицине труда, ИСО, МЭК и др. В России создан Технический комитет Росстандарта ТК–194 «Кибер-физические системы», который начал с терминологии. Представлен краткий перевод запроса CORR с комментариями и отечественной литературой и отражает два основных направления безопасности труда: техническую безопасность и гигиену труда ПРТ.

Ключевые слова: роботы; искусственный интеллект; методы оценки степени безопасности; информационная гигиена

Для цитирования: Бухтияров И.В., Денисов Э.И. Анализ материалов NIOSH (США) о приоритетах исследований промышленных роботов и комментариев к нему. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-4-11>

Для корреспонденции: Бухтияров Игорь Валентинович, д-р мед. наук, проф., чл.-корр. РАН, дир. ФГБНУ «НИИ медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова». E-mail: info@iriioh.ru

Благодарности. Авторы выражают благодарность доктору биологических наук Степаняну И.В. за полезную дискуссию.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Igor V. Bukhtiyarov, Eduard I. Denisov

Analysis of NIOSH (USA) materials on research priorities for industrial robots and comments on it

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275

The National Institute of Occupational Safety and Health of the USA (NIOSH), which belongs to the Centers for Disease Control and Prevention (CDC), created the Center for the Study of Professional Robotics (CORR) and requests information to determine the priority areas of research. These are gaps in knowledge on the safety and health of people working with industrial robotics, with a focus on the field of occupational safety and health, which are unlikely to be conducted by other federal agencies, academia, or the private sector. The request was signed by NIOSH Director John J. Howard, CORR's curator is Hongwei Xiao, Ph.D.; CORR funding is provided for by the NIOSH strategic work plan for 2019–2023. Below besides the directions of CORR comments, the main information hygiene (IG) developments published in Russia are outlined. The role of sanitary inspection is also noted, along with standardization and regulation by competent authorities: the WHO / ILO Joint Committee on Occupational Health, ISO, IEC, etc. The Technical Committee of Rosstandart TC–194 “Cyber-Physical Systems” was established in Russia, which began with terminology. The article presents a brief translation of the CORR request with our comments and some domestic literature on IG, thus reflecting two mainstreams of occupational safety and health robotics.

Keywords: robots; Artificial Intelligence; safety assessment methods, informational hygiene

For correspondence: Igor V. Bukhtiyarov, MD, Prof., RAS corr. member, Director of Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: info@iriioh.ru

For citation: Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I. Analysis of NIOSH (USA) materials on research priorities for industrial robots and comments on it. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-4-11>

Funding. The study had no funding.

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

Введение. В «Федеральном регистре США» опубликовано приглашение¹ всем специалистам мира поделиться идеями и публикациями по проблеме безопасности и медицины труда при работе с промышленной робототехникой (ПРТ). Эту работу будет выполнять Национальный институт медицины и охраны труда (NIOSH), относящийся к Центрам по контролю и профилактике заболеваний (CDC) Министерства здравоохранения и социальных служб (HHS), поскольку ПРТ могут быть опасными для работников [1].

NIOSH создал Центр исследований в области ПРТ и запрашивает информацию для определения приоритетов исследований, которые он будет проводить. NIOSH ищет информацию о приоритетных пробелах в знаниях о безопасности и здоровье людей, работающих с робототехникой, с упором на исследования безопасности и здоровья работников, которые вряд ли будут выполнены другими федеральными агентствами, научными кругами и частным сектором.

Запрос подписал Директор NIOSH г-н Джон Говард (John J. Howard). Организация работы CORR поручена Хунвэй Сяо², доктору философии из Отдела исследований безопасности NIOSH; для этих работ предусмотрено финансирование стратегическим планом NIOSH на 2019–2023 гг.

Использование роботов стремительно растет в промышленности, здравоохранении, горном деле и строительстве. Международная федерация робототехники сообщила, что глобальный рост ПРТ будет не менее 15% в год с 2018 по 2020 г., а к концу 2020 г. количество ПРТ превысит 3 млн. единиц [1]. В США продажи ПРТ возрастали с 2010 г. и были рекордными в 2016 г., при этом отмечают [2], что роботы с совместной функциональностью и использующие машинное обучение и ИИ в ближайшие годы будут преобладать в сфере робототехники и будут все чаще использоваться малыми и средними предприятиями.

Предполагаемые направления исследований CORR. ПРТ используют уже десятилетиями, в последние годы появились технологии, где роботы взаимодействуют с работниками-людьми — роботы для совместного использования с людьми (ко-роботы). Они функционируют в непосредственной близости от людей и могут вступать в контакт с ними в робототехнической системе.

Роботы меняют индустриальный ландшафт, что будет иметь серьезные последствия для безопасности и здоровья работников. Безопасность и здоровье работника может быть улучшена за счет более широкого использования роботов в той деятельности, которая может быть опасной для людей, в том числе повторяющихся движений, опасных для здоровья в части опорно-двигательного аппарата, а также выполнения работ в опасных средах, таких как замкнутые пространства и работы на высоте. Тем не менее, существуют также опасения по поводу безопасности и гигиены труда людей, связанные с быстрым развитием технологий робототехники, отсутствием опыта в тесном взаимодействии с новыми типами роботов в различных условиях работы и возможностью непредвиденных опасностей и непредвиденных последствий [3].

Хотя объем исследований в области робототехники, проводимых частным сектором, научными кругами и другими федеральными агентствами, большой [4], исследования,

¹ Occupational Robotics Research Prioritization. Docket Number CDC–2018–0046, NIOSH–313. Federal Register. 2018; 93(83): 22264–6.

² Hongwei Hsiao, Ph.D., NIOSH Division of Safety Research, 1095 Willowdale Road, Morgantown, WV 26505, 304–285–5910 (not a toll-free number), hhsiao@cdc.gov.

Introduction. The “Federal register of the USA” published an invitation for all specialists of the world to share ideas and publications on the problem of safety and occupational health when working with industrial robotics (IR). This work will be carried out by the National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), which belongs to the Centers for Disease Control and Prevention of the Ministry of Health and Human Services, because IR can be dangerous for workers a priori.

NIOSH established the Center for Occupational Robotics Research (CORR) and requests information to determine the priorities of research that it will conduct.

NIOSH seeks information about priority gaps in knowledge about the safety and health of people working with robotics, with a focus on employee safety and health research that is unlikely to be performed by other federal agencies, academia, and the private sector.

The request was signed by the NIOSH Director, Mr. John J. Howard. The organization of CORR’s work is entrusted to Hongwei Xiao, Ph. D., from the NIOSH Security Research Department; this work is funded by the NIOSH strategic plan for 2019–2023.

The use of robots is growing rapidly in industry, healthcare, mining, and construction. The International Federation of Robotics (IFR) reported that the worldwide growth of industrial robots will be at least 15% per year from 2018 to 2020, and by the end of 2020, the number of industrial robots will exceed 3 million units. In the United States, sales of industrial robots have increased since 2010 and were at a record high in 2016, it is noted that robots with joint functionality and using machine learning and artificial intelligence will lead the robotics field in the coming years and will be increasingly used by small and medium-sized enterprises.

Suggested research areas of CORR. IR has been used for decades, and in recent years there have been technologies where robots interact with human workers-robots for sharing with people (co-robots). They function in close proximity to people and can make contact with them in a robotic system.

Robots are changing the industrial landscape, which will have serious consequences for the safety and health of workers. Employee safety and health can be improved by increasing the use of robots for jobs that may be dangerous to humans, including repetitive tasks that are dangerous to health in the musculoskeletal system, as well as performing jobs in hazardous environments such as confined spaces and work at altitude. However, there are also concerns about human safety and health related to the rapid development of robotics technologies, the lack of experience in working closely with new and new types of robots in different working conditions, and the possibility of unforeseen hazards and unintended consequences.

Although the volume of research in the field of robotics conducted by the private sector, academia, and other federal agencies is large, research on the effects on worker safety and health has been limited but critical. While other federal agencies and academic programs support technological advances in robotics and promote their use in certain industries, NIOSH aims to focus on worker safety and well-being with its extensive experience in studying worker safety in the laboratory and in the field. In addition, NIOSH has knowledge and experience in various professions, industries, and jobs.

General tasks of the Center. The CORR Center’s mission is to provide scientific leadership to guide the development and use of robots in the workplace that enhance worker safety, health, and well-being of workers. The Center covers

посвященные последствиям для безопасности и здоровья работников, были ограниченными, но критическими. В то время как другие федеральные агентства и академические программы поддерживают технологические достижения в области робототехники и способствуют их использованию в некоторых отраслях промышленности, NIOSH стремится сосредоточить внимание на безопасности и благополучии работников с его обширным опытом в изучении безопасности работников в лаборатории и на местах. Кроме того, NIOSH обладает знаниями и опытом по различным профессиям, отраслям и рабочим местам.

Общие задачи центра. Миссия Центра CORR заключается в обеспечении научного лидерства для руководства разработкой и использованием роботов на рабочем месте для повышения безопасности, улучшения здоровья и благосостояния работников. Центр охватывает традиционные роботы с фиксированным и скрытым контуром, современные и появляющиеся роботизированные системы (например, роботы, оснащенные совместной функциональностью, совместными существующими и мобильными роботами, действующие экзоскелеты/экзокостюмы, беспилотные самолеты и внедорожные автономные транспортные средства), а также будущие роботы, использующие искусственный интеллект.

Центр будет проводить и поощрять исследования по робототехнике в качестве технических средств контроля для повышения безопасности на рабочем месте, а также роботов для безопасности и благополучия работников, включая психосоциальные воздействия на людей, работающих в тесном контакте с роботами. Центр CORR согласовал свои цели с целями, включенными в стратегический план NIOSH: FY 2019–2023, но более подробно.

Четыре типа исследований NIOSH: основной/этиологический, вмешательство, перенос и наблюдение. Базовый/этиологический тип создает основу для научных знаний для будущих вмешательств. Большинство лабораторных исследований относится к этой категории, а также к оценке воздействия. Связанные с роботом травмы происходят в результате сложения нескольких факторов риска, которые можно охарактеризовать как связанные с человеком, роботом, задачами и окружающей средой.

Потребности в исследованиях в этой области включают:

Идентификацию факторов риска для человека, а также уточнение и разработку требований, основанных на науке, а также пороговые значения боли и травматизма для работника, связанного с ПРТ. Сюда относятся когнитивные способности работников, физиологические характеристики, биометрия и антропометрия, которые могут иметь разные последствия при различных типах ПРТ. Эта линия исследований также включает пороги трения и сдвиговой травмы от экзоскелетного контакта с областями тела и связанные с ними гиперэкстензионные риски, связанные с носимыми роботами.

- Изучение приемлемости работниками ПРТ и их влияния на человека и робота, безопасность и благосостояние работников.

- Измерение ситуационной осведомленности работника, которая относится к способности идентифицировать, обрабатывать и понимать экологическую информацию, а также ее влияние на взаимодействие человека и робота в нормальных и ненормальных условиях эксплуатации.

- Изучение безопасных, интуитивных и полезных ПРТ и возможностей совместимых систем (например, расширенные датчики роботов, системы мобильности и навигации, системы адаптации и проектирование автономных роботов, автоматизация системы помощи и кибер-соци-

traditional fixed and caged robots, current and emerging robot system (e.g., robots equipped with collaborative functionality, coexisting and mobile robots, powered exoskeletons/exosuits, drones, and off-road autonomous vehicles), and future robots utilizing artificial intelligence.

The Center will conduct and encourage research on robotics as engineering controls to improve workplace safety, as well as robots as potential hazards to worker safety and well-being, including psychosocial impacts from humans working closely with robots. The CORR Center aligned its goals with those included in the NIOSH strategic plan: FY 2019–2023, but more detail.

Four research types of NIOSH: basic/etiological, intervention, translation, and surveillance. The basic/etiological type provides the basis for scientific knowledge for future interventions. Most laboratory research falls into this category, as well as exposure assessment. Robot-related injuries occur as a result of complex interactions of multiple risk factors which can be characterized as: human-related related, robot-related, and task-related and environmental.

Research needs in this area include:

- Identification of human worker risk factors, as well as clarification and development of requirements based on science, as well as thresholds for pain and injury for an employee associated with OR. The factors include workers' cognitive capability, physiological characteristics, biometrics, and anthropometry, and may have different implications with different types of robotics technologies. This line of research also includes friction and shear injury thresholds from exoskeleton contact with body regions and joint hyperextension risks associated with wearable robots.

- Study of human workers' acceptance to working with and alongside robots and its impacts on human-robot interaction and worker safety and well-being. This includes worker' attitudes, trust, and perceived safety.

- Measurement of worker's situational awareness, which refers to an ability to identify, process, and comprehend environmental information, and its impact on human-robot interactions under normal and abnormal operating conditions.

- Explore secure, intuitive, and useful IRs and compatible system capabilities (for example, advanced robot sensors, mobility and navigation systems, adaptation systems and Autonomous robot design, assistance system automation, and cyber-social physical security) for hazard assessment, field verification, and incident investigation.

- Study robot safety interfaces and functions with joint functions operated by exoskeletons (wearable robots), service robots, and other interactive robots that can cause injuries to people from sources such as unintentional contact, collision, vibration, and overstrain.

- Identify environmental risk factors in certain industries that have a high prevalence of robots (for example, manufacturing), or where IRs are beginning to be introduced (for example, mining, healthcare, services, construction, agriculture, public safety, and wholesale sectors).

- Study dangerous situations outside normal operating conditions, such as robot failures or unexpected changes in the environment.

Intervention. This type of research, which includes engineering controls, personal protective equipment, training and fact sheets, and other written materials designed to inform and change employee behavior. In this area of professional robotics research, there are two main areas: evaluating OR as preventive measures for existing hazards in the workplace and developing and evaluating measures to reduce incidents

альную физическую безопасность) для оценки опасности, проверки на местах и расследования инцидентов.

- Изучение интерфейсов и функций обеспечения безопасности роботов с совместными функциями, эксплуатируемыми экзоскелетами (носимыми роботами), сервисными роботами и другими интерактивными роботами, которые могут привести к травмам людей из таких источников, как непреднамеренный контакт, столкновение, вибрация и перенапряжение.

- Определение факторов риска для окружения в определенных отраслях, которые имеют высокую распространенность роботов (например, производство), или в которых начинают внедряться ПРТ (например, горное дело, здравоохранение, услуги, строительство, сельское хозяйство, общественная безопасность и оптовые секторы).

- Изучение опасных ситуаций вне нормальных условий эксплуатации, таких как сбой робота или неожиданные изменения в окружающей среде.

Вмешательство. Этот тип исследований, который включает в себя инженерные средства контроля, средства индивидуальной защиты, учебные и фактологические бюллетени и другие письменные материалы, предназначенные для информирования и изменения поведения работников. В этой области исследований профессиональной робототехники есть два основных направления: (1) оценка ПРТ в качестве превентивных мер для существующих опасностей на рабочем месте и (2) разработка и оценка мероприятий по сокращению инцидентов, связанных с роботами, и повышение безопасности и благополучия, работающих с ПРТ.

Конкретные исследовательские потребности в этой области включают:

- сбор и анализ различий в числах погибших, травм и случаев пропусков между рабочими местами с использованием технологий робототехники и аналогичных рабочих мест без технологий робототехники;

- оценку ПРТ технологий для предотвращения существующих опасностей и в результате травмы на рабочем месте, например, опорно-двигательного аппарата.

- оценку обучения, которое помогает работникам приобретать навыки, знания и способности, необходимые для работы с роботами в сложных и динамичных промышленных средах;

- изучение эффективности существующих стандартов безопасности;

- исследование новых вмешательств на рабочем месте для повышения безопасности и благосостояния людей, работающих с ПРТ, включая технические средства и административного контроля. Исследования могут учитывать затраты и выгоды, такие как оценка затрат на вмешательство и воздействие на производительность.

Перенос. Этот тип исследований открывает стратегии для переноса результатов исследований и теоретических знаний в практику. Этот тип исследований направлен на то, чтобы понять, почему доступные, эффективные, основанные на фактических данных вмешательства не принимаются и облегчают использование существующих или недавно разработанных вмешательств. Здесь необходимы исследования в области ПРТ:

- исследование вспомогательных средств и барьеров для работодателей с использованием давно установленных процедур безопасности для защиты работников от традиционных промышленных роботов;

- разработка и оценка инструкций на открытом языке для предотвращения травм, связанных с роботом, для работников;

involving robots and improve the safety and well-being of those working with IRs.

Specific research needs in this area include:

- collection and analyzing differences in fatalities, injuries, and near-miss incidences between workplaces using robotics technologies and similar workplaces without robotics technology;

- evaluation of robotics technologies as interventions for preventing existing hazards and resulting injuries in the workplace such as musculoskeletal disorders.

- evaluation of training that helps workers acquire skills, knowledge, and abilities needed to work with robots in complex and dynamic industrial environments;

- study of the effectiveness of existing safety standards;

- research on new workplace interventions to improve the safety and well-being of human workers working with robotics technologies, including engineering control and administrative controls. Research may be address costs and benefits, such as assessment of a cost of intervention and the impacts on productivity.

Translation. This type of research discovers strategies to translate research findings and theoretical knowledge to practice or technologies in the workplace. This type of research seeks to understand why available, effective, evidence-based interventions are not being adopted, and to facilitate the use of existing or newly developed interventions.

Occupational robotics research needs in this area include:

- research on aids and barriers to employers using long established safety procedures to protect workers from traditional industrial robots;

- development and evaluation of plain-language guidance on preventing robot-related injuries to workers;

- development and evaluation of dissemination strategies to facilitate the use by employers and other stakeholders of exiting and new guidance;

- study of awareness and acceptance of organizations to using evidence-based resources to implement robot safety management programs.

Supervision. Epidemiological supervision is a form of public health for the continuous and systematic collection, analysis and interpretation of data on health consequences (such as injuries and diseases) and participants (such as behaviors or actions) and the dissemination of this data for action.

Research in the field of supervision include the development of new methods, tools and analytical methods. Current employee injury data systems do not contain detailed information about how a robot-related incident occurred, related to a fatal outcome or injury. There is information about cases related to the investigation of employee injury deaths conducted by NIOSH and the Occupational Safety and Health Administration (OSHA). However, these investigations findings are limited to traditional industrial robots, and do not address emerging robotics technologies. Additionally, case-based information may not be representative of all robot-related fatalities.

Occupational robotics surveillance research needs include:

- development of surveillance methods and/or analytic techniques to identify and monitor robot-related incidents and risk factors, and quantify the burden of occupational injuries using existing data systems;

- the four broad research areas mentioned above, any additional knowledge gaps not affected by these areas, and how priority research areas should be defined. Commentators are encouraged to focus on research areas where NIOSH has a

- разработка и оценка стратегий распространения, что бы облегчить использование работодателями и другими заинтересованными сторонами существующих и новых указаний;

- изучение осведомленности и принятие организаций к использованию научно обоснованных ресурсов для реализации программ управления безопасностью роботов.

Надзор. Эпиднадзор является формой общественного здравоохранения для непрерывного и систематического сбора, анализа и интерпретации данных о последствиях для здоровья (например, травм и болезней) и участников (например, поведения или действий) и распространения этих данных для принятия мер.

Исследования в области надзора включают разработку новых методов, инструментов и аналитических методов. Текущие системы данных о травмах работников не содержат подробной информации о том, как произошел инцидент, связанный с роботом, связанный с летальным исходом или травмой. Существует информация о случаях, связанных с расследованием случаев смерти от травм работников, проводимых NIOSH и Администрацией безопасности и гигиены труда (OSHA). Однако данные результаты исследования ограничиваются традиционными промышленными роботами и не затрагивают новые технологии ПРТ. Кроме того, информация, основанная на случаях, может не соответствовать всем смертельным случаям, связанным с роботом.

Тем самым, **потребности в исследованиях в области ПРТ** включают:

- разработку методов наблюдения и/или аналитических методов для выявления и мониторинга связанных с роботом инцидентов и факторов риска, и количественного определения бремени профессиональных травм с использованием существующих систем данных;

- четыре обширные области исследований, указанные выше, любые дополнительные пробелы в знаниях, не затронутые этими областями, и то, как приоритетные области исследований должны быть определены. Комментаторам предлагается сосредоточиться на исследовательских областях, в которых NIOSH имеет сравнительные преимущества в сравнении с другими федеральными агентствами, научными кругами и частным сектором (т. е. безопасность и благополучие работников в отличие от технологий и производства роботов). Когда это возможно, NIOSH просит, чтобы комментаторы предоставили данные и цитаты из соответствующих исследований;

- NIOSH также ищет рекомендации по ключевым научным статьям, касающимся безопасности и гигиены труда и робототехники, которыми мы должны задавать руководствоваться в исследованиях.

Общая оценка перспективности работы центра CORR. В целом потребность в такой работе возникла давно в связи с бурным развитием роботов разных видов. Основной целью работы центра CORR планируется усовершенствование методологии оценки риска в охране труда в условиях стремительной замены машин и механизмов роботами на основе цифровизации и искусственного интеллекта. В центре планируется решать задачи обеспечения разработки безопасных ПРТ как в классических аспектах, так и новых специфических, требующих особых подходов и разработок логико-математических, организационных и др. Особенно отрадно включение в рабочий план аспектов профилактики психофизиологических нагрузок; давно признано, что перегрузки, стресс повышают риск суицидов, и авторы правильно отмечают необходимость решения этих задач в рамках саннадзора для контроля вредных факторов

comparative advantage over other federal agencies, academia, and the private sector (i.e., employee safety and well-being as opposed to technology and robot manufacturing). When possible, NIOSH requests that commentators provide data and quotes from relevant studies;

- NIOSH is also looking for recommendations on key scientific articles related to occupational safety and health and robotics that we should continue to follow in our research.

General assessment of the prospects for the work of the CORR Center. In general, this work is long overdue due to the rapid development of robots of different types. The main goal of the CORR Center is to improve the methodology of risk assessment in labor protection in the conditions of rapid replacement of machines and mechanisms by robots based on digitization and artificial intelligence. The center plans to solve the problems of ensuring the development of safe IR in both classical aspects and new specific ones that require special approaches and developments of logical-mathematical, organizational, etc. It is particularly gratifying to include aspects of prevention of psychophysiological loads in the work plan; it has long been recognized that overload and stress increase the risk of suicide, and the authors correctly note the need to solve these problems within the framework of sanitary supervision to control harmful factors (noise, vibration, radiation, chemical emissions from new materials and working fluids, nanoparticles, etc.). This also includes considering the needs of employees of vulnerable groups (pregnant and nursing women, disabled people, chronically ill, etc.).

Information hygiene is a new area of occupational health. In recent years, a number of countries have seen a change in the structure of occupational diseases a shift in the spectrum of occupational diseases and work — related diseases (WRD -WHO term, 1985) from traditional ones: vibration disease, hearing loss, overstrain of organs and systems (mainly from physical exertion) to psychosocial and General somatic diseases caused by them; the question of information-dependent disorders is also raised, especially in adolescent workers, which requires participation in the periodic medical examination along with specialist doctors of new directions: medical psychologists, etc.

Technological changes also required new ideas; based on the methodology for assessing occupational health risks, taking into account the Azilomar principles of robotics, a number of domestic publications appeared with new terminology and ideas, as well as methods, including computer programs to facilitate the operator's work.

Given the significant role of the interface 'a priori', the state and evolution of the quality of graphical interfaces is studied. Special attention is paid to the psychology of design, since complex machines must have simple solutions. We considered the role of standardization to reduce human operator errors, since the role of gross operator errors in management is well known. The analysis of the role of the human factor leads us to think whether we are solving the problem correctly. Some authors identify interfaces as new risk factors. For about 20 years the question of the danger of information overload has been raised.

Russian doctor A. Nikitin wrote in 1847 that "every improvement in the arts and industry was purchased at the price of bodily health", so it is important to pay attention to the simplification of the operator's work, reducing the nervous and emotional loads, including questions of robot ethics.

There are medical contraindications to working with robots; a special problem is workers of vulnerable groups:

(шума, вибрации, излучений, химических выделений от новых материалов и рабочих жидкостей, наночастиц). Сюда же относятся вопросы учета потребностей работников уязвимых групп (беременных и кормящих женщин, инвалидов, хронически больных).

Информационная гигиена — новое направление медицины труда. В последние годы в ряде стран отмечается изменение структуры профзаболеваемости [5] сдвиг спектра профзаболеваний и болезней, связанных с работой (БСР — термин ВОЗ, 1985) от традиционных: вибрационная болезнь, тугоухость, перенапряжение органов и систем (в основном, от физических нагрузок) [6] к психосоциальным и вызываемым ими общесоматическим; ставится также вопрос об информационно-зависимых расстройствах, особенно у подростков-работников [7–10], что требует участия в ПМО наряду с врачами-специалистами врачей новых направлений: медицинских психологов и т. п.

Технологические перемены потребовали и новых идей; на основе методологии оценки профессиональных рисков для здоровья [7] с учетом Азиломарских принципов роботизации появился ряд отечественных публикаций с новой терминологией и идеями [11,12], а также методами, включая компьютерные программы для облегчения труда оператора [13, 14].

Учитывая значительную роль интерфейса [15] ‘a priori’, изучено состояние и эволюция качества графических интерфейсов [17,18]. Особое внимание уделено психологии проектирования [19], т. к. сложные машины должны иметь простые решения [20]. Учитывали роль стандартизации для снижения ошибок человека-оператора [19], так как хорошо известна роль грубых ошибок оператора в управлении [20–21]; анализ роли человеческого фактора приводит к мысли, правильно ли решается проблема [22]. Некоторые авторы выделяют интерфейсы как новые факторы риска [23]. Около 20 лет ставится вопрос об опасности информационных перегрузок

Русский врач А. Никитин еще в 1847 г. писал, что «каждое усовершенствование в искусствах и промышленности было куплено ценою телесного здоровья» [24], поэтому важно обращать внимание на облегчение труда оператора, снижение нервно-эмоциональных нагрузок [25], включая вопросы этики роботов [18,28–30].

Имеются медицинские противопоказания к работам с роботами [31]; особой проблемой являются работники уязвимых групп: несостоятельные, беременные и кормящие женщины [32]. Ставится вопрос о гигиенической безопасности жизнедеятельности детей в цифровой среде [33].

В интерактивном справочник «Профессиональный риск» (<http://medtrud.com>) включены разделы 3.3 «Информационные нагрузки и инновационный труд» (ИНФО) и 3.4 «Расчет индекса аллоstaticической нагрузки от хронических стрессов» (ИАН). Эти макетные программы проходят испытания.

Необходимы стандарты терминологии, вклад должны внести ИСО, МЭК, Объединенный комитет ВОЗ/МОТ по медицине труда. Технический комитет Росстандарта РТ–194 «Кибер-физические системы» (<http://webportalsrv.gost.ru/>) уже подготовил первый словарь по интернету вещей (Internet of Things, IoT) — Стандарт NB-Fi со сроком введения 1 апреля этого года. Все это свидетельствует об актуальности этого направления и его стремительном развитии. Следует согласиться с декларацией ОСАЕМ [28] о целесообразности объединения усилий по сохранению и укреплению здоровья как на рабочем месте, так и в окружающей среде.

minors, pregnant and nursing women. The question of hygienic safety of children’s life in the digital environment is raised.

In the online directory “Professional risk” (<http://medtrud.com>) included sections 3.3 “Information loads and innovative labor” and 3.4 “Calculation of the allostatic load index from chronic stress”. These mock programs are being tested.

Terminology standards are needed, and ISO, IEC, and the WHO/ILO joint Committee on occupational health should contribute. Technical Committee of Rosstandart RT–194 “Cyber-physical systems” (<http://webportalsrv.gost.ru/>) has already prepared the first dictionary on the Internet of things — the NB-Fi Standard with a date of introduction on April 1, this year. All this testifies to the relevance of this direction and its rapid development. In General, we should agree with the OCAEM Declaration on the feasibility of combining efforts to preserve and promote health both in the workplace and in the environment.

REFERENCES

1. Endsley M., Jones D. *Designing situational awareness: an approach to user-centered design*. Boca Raton, FL, CRC Press. 2013.
2. Robotics Virtual Organization. *A roadmap for U.S. Robotics: from internet to robotics (2016 Edition)*. <https://robotics-vo.us/node/562>.
3. Murashov V., Hearl F., Howard J. Working safety with robot worker: recommendations for the new workplace. *J Occup Environ Hyg*. 2016; 13(3): 61–71.
4. International Federation of Robotics (IFR). Executive summary world robotics 2017 industrial robots. https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf.
5. Kostenko N.A. Working conditions and occupational morbidity in some types of economic activities of the Russian Federation in 2004–2013 *Occupational medicine and industrial ecology*. 2015; 4: 40–4 (in Russian).
6. Occupational pathology: national guide. ed. N.F. Izmerov. M.: GEOTAR-Media; 2011. ISBN 978-5-9704-1947-2. (in Russian).
7. Occupational Health Risk for Employees (Manual). Eds. N.F. Izmerov and E.I. Denisov. M.: Treovant, 2003. 448 pp. (in Russian).
8. Izmerov N.F., Denisov E.I. Occupational risk assessment in occupational medicine: principles, methods and criteria. *Bulletin of Russian Academy of Medical Sciences*. 2004; 2:17–21. (in Russian).
9. WHO. Mental health in the workplace. Information sheet. 2017 http://www.who.int/mental_health/in_the_workplace/en/.
10. Eurofound. Burnout in the workplace: A review of data and policy responses in the EU, Publications Office of the European Union, Luxembourg; 2018.
11. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Yeregin A.L. Fundamentals of information hygiene: concepts and problems of innovation. *Gigiena i sanitariya*. 2014; 4: 5–9 (in Russian).
12. Denisov E.I., Prokopenko L.V., Eremin A.L., Kurierov N.N., Bodyakin V.I., Stepanyan I.V. Information as a physical factor: the problems of measurement, hygienic evaluation and IT automation. *Med. truda i prom. ekol*. 2014; 1: 36–43 (in Russian).
13. Stepanyan I.V., Denisov E.I., Eremin A.L., Bodyakin V.I., Saveliev A.V. Algorithms for optimizing intellectual labor by visualizing information using cognitive semantic graphics. *Nejrokompyutery: razrabotka, primeneniye*. 2014; 7: 53–9 (in Russian).
14. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Lagutina G.N., Pfaf V.F., Chesalin P.V., Stepanyan I.V. Criteria and algorithms of work-relatedness assessment of workers’ health disorders. *Med. truda i*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Endsley M., Jones D. Designing situational awareness: an approach to user-centered design. Boca Raton, FL, CRC Press. 2013.
2. Robotics Virtual Organization. A roadmap for U.S. Robotics: from internet to robotics (2016 Edition). <https://robotics-vu.us/node/562>.
3. Murashov V., Hearl F., Howard J. Working safety with robot worker: recommendations for the new workplace. *J Occup Environ Hyg.* 2016; 13(3): 61–71.
4. International Federation of Robotics (IFR). Executive summary world robotics 2017 industrial robots. https://ifr.org/downloads/press/Executive_Summary_WR_2017_Industrial_Robots.pdf.
5. Костенко Н.А. Условия труда и профессиональная заболеваемость в некоторых видах экономической деятельности Российской Федерации в 2004–2013 гг. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 4: 40–4.
6. *Профессиональная патология: национальное руководство*. Под ред. Н.Ф. Измерова. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 784 с. ISBN 978-5-9704-1947-2.
7. *Профессиональный риск для здоровья работников (Руководство)*. Под ред. Н.Ф. Измерова и Э.И. Денисова. М.: Тривант; 2003.
8. Измеров Н.Ф., Денисов Э.И. Оценка профессионального риска в медицине труда: принципы, методы и критерии. *Вестник РАМН.* 2004; 2: 17–21.
9. WHO. Mental health in the workplace. Information sheet. 2017 (http://www.who.int/mental_health/in_the_workplace/en/).
10. Eurofound. *Burnout in the workplace: A review of data and policy responses in the EU, Publications Office of the European Union, Luxembourg;* 2018.
11. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А. Основы информационной гигиены: концепции и проблемы инноваций. *Гигиена и санитария.* 2014; 4: 5–9.
12. Денисов Э.И., Прокопенко Л.В., Еремин А.А., Курьеров Н.Н., Бодякин В.И., Степанян И.В. Информация как физический фактор: проблемы измерения, гигиенической оценки и ИТ-автоматизации. *Медицина труда и промышленная экология.* 2014; 1: 36–43.
13. Степанян И.В., Денисов Э.И., Еремин А.А., Бодякин В.И., Савельев А.В. Алгоритмы оптимизации интеллектуального труда методами визуализации информации с помощью когнитивной семантической графики. *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2014; 7: 53–9
14. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Лагутина Г.Н., Пфаф В.Ф., Чесалин П.В., Степанян И.В. Критерии и алгоритмы установления связи нарушений здоровья с работой. *Медицина труда и промышленная экология.* 2018; 8: 4–12. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2018-8-4-12>.
15. Ergonomic guidelines for user-interface design. Available at: <http://ergo.human.cornell.edu/AHTutorials/interface.html>.
16. Степанян И.В. Эргономические качества графических пользовательских интерфейсов: состояние и эволюция. *Медицина труда и промышленная экология.* 2018; 12: 51–8. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-12-51-57.
17. Wilpert B. (2007). Psychology and design processes. *Safety Science*, 45, 293–303.
18. Reinert D., Brun E., Flaspöler E. *Complex machinery needs simple explanation.* *Safety Science.* 2007; 45: 579–89.
19. Waters, R.M.: Use of standards to reduce human error. *Safety Engineering and Risk Analysis, ASME, Proceedings of the 1994. International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Nov 6–11, 1994; Chicago, IL. 1994; 2: 161–6.*
20. Döös, M., Backström, T. & Sundström-Frisk, C.: Human actions and errors in risk handling — an empirically grounded discussion of cognitive action-regulation levels. *Safety Science.* 2004. 42: 185–204.
21. Nachreiner, F., Nickel P and Meyer I. (2006). Human factors in process control systems: The design of human — machine interfaces. *Safety Science.* 2006; 44: 5–26.
22. Einarsson S., Human error in high hazard systems: Do we treat the problem in an appropriate way? *Journal of Risk Research.* 1999; 2 (2): 115–28.
23. The human machine interface as an emerging risk. Topic Centre Risk Observatory: E. Flaspöler, A. Hauke, P. Pappachan, D. Reinert et al. https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/HMI_emerging_risk/view.
24. Nikitin A. *Diseases of workers with the indication of protective measures described by the doctor of medicine Alexander Nikitin.* St. Petersburg: Edward Prats Printing House, 1847. 249 pp.
25. Denisov E.I. Robots, artificial intelligence, augmented and virtual reality: ethical, legal and hygienic issues. *Gigiena i sanitaria.* 2019; 98(1): 32–37 (in Russian).
26. Denisov E.I., Eremin A.L., Sivochalova O.V. Information hygiene and regulation of information for vulnerable populations. *Gigiena i sanitariya.* 2014; 5: 43–9 (in Russian).
27. Kuchma, V.R., Tkachuk, E.A., Tarmaeva, I.Yu. Psychophysiological state of children in the conditions of informatization of their vital activity and intensification of education. *Gigiena i sanitariya.* 2016; 95.12: 1183–8 (in Russian).
28. Occupational medicine and industrial ecology. ACOEM guidance statement. Workplace Health Protection and Promotion — A New Pathway for a Healthier—and Safer—Workforce. *JOEM.* 2011; (53)6: 695–702/ DOI: 10.1097/JOM.0b013e31822005d0/281.
29. Eremin A.L. Information ecology and human health in modern conditions. *Gigiena i sanitariya.* 1998; 5: 58–60 (in Russian).

1994 International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Nov 6–11 1994, Chicago, IL. 1994; 2: 161–6.

20. Döös, M., Backström, T. & Sundström-Frisk, C.: Human actions and errors in risk handling — an empirically grounded discussion of cognitive action-regulation levels. *Safety Science*. 2004. 42: 185–204.

21. Nachreiner, F., Nickel P and Meyer I. (2006). Human factors in process control systems: The design of human — machine interfaces. *Safety Science*. 2006; 44: 5–26.

22. Einarsson S., Human error in high hazard systems: Do we treat the problem in an appropriate way? *Journal of Risk Research*. 1999; 2 (2): 115–28.

23. The human machine interface as an emerging risk. Topic Centre Risk Observatory: E. Flaspöler, A. Hauke, P. Pappachan, D. Reinert et al. https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/HMI_emerging_risk/view.

24. Никитин А. Болезни рабочих с указанием предохранительных мер, описанные доктором медицины Александром Никитиным. СанктПетербург: Типография Эдуарда Праца, 1847.

25. Денисов Э.И. Роботы, искусственный интеллект, дополненная и виртуальная реальность: этические, правовые и гигиенические проблемы. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(1):

26. Денисов Э.И., Еремин А.Л., Сивочалова О.В. Информационная гигиена и регулирование информации для уязвимых групп населения. *Гигиена и санитария*. 2014;5: 43–9.

27. Кучма, В.Р., Ткачук, Е.А., Тармаева, И.Ю. Психофизиологическое состояние детей в условиях информатизации их жизнедеятельности и интенсификации образования. *Гигиена и санитария*. 2016; 95,12: 1183–8.

28. Occupational medicine and industrial ecology. ACO-EM guidance statement. Workplace Health Protection and Promotion — A New Pathway for a Healthier—and Safer—Workforce' JOEM. 2011; (53)6: 695–702/ DOI: 10.1097/JOM.0b013e31822005d0/281.

29. Еремин А.Л. Информационная экология и здоровье человека в современных условиях. *Гигиена и санитария*. 1998; 5: 58–60.

Дата поступления / Received: 15.05.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 19.12.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

Полиморфизмы генов ферментов репарации ДНК и показатели нестабильности генома у рабочих угольных шахт¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук», Советский пр-т, 18, Кемерово, Россия, 650000;²ФГБОУ ВПО «Кемеровский государственный университет», Красная ул., 6, Кемерово, Россия, 650000

Введение. Угольная промышленность — одна из основных сфер экономики многих стран мира. Однако данная сфера деятельности представляет опасность для окружающей среды и здоровья человека. Поскольку Кемеровская область является регионом с развитой промышленностью, проблема поддержания генетического гомеостаза является актуальной. Горнорабочие подвергаются воздействию различных вредных факторов, которые могут выступать в качестве генотоксикантов и тем самым вызывать различные повреждения ДНК.

Цель исследования — изучение ассоциаций полиморфных вариантов генов репарации ДНК с хромосомной нестабильностью у работников угледобывающей промышленности.

Материалы и методы. Проведен молекулярно-генетический анализ полиморфных вариантов генов ферментов репарации ДНК (*XPB* (*rs13181*), *XPG* (*rs17655*), *XRCC2* (*rs3218536*), *XRCC3* (*rs861536*), *XRCC4* (*rs2075685*), *XRCC4* (*rs1805377*)), и выполнен цитогенетический анализ хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови у 307 работников угольных шахт Кузбасса и 338 жителей Кемеровской области, не работающих на промышленных предприятиях.

Результаты. Установлено, что частота aberrаций хромосом в группе шахтеров ($4,01 \pm 0,14$) была значимо выше, чем в группе лиц, не работавших на производстве ($1,67 \pm 0,06$, $p < 0,0000005$). Выявлены варианты генов, ассоциированные с наиболее высоким уровнем хромосомных повреждений у шахтеров: *XPB* (*rs13181*), *XRCC3* (*rs861536*), *XRCC4* (*rs2075685*).

Выводы. Угольное производство оказывает негативное воздействие на геном рабочих и способно привести к формированию цитогенетических нарушений, что определяет необходимость разработки мер комплексной профилактики заболеваний, обусловленных накоплением повреждений ДНК. Результаты исследования позволяют расширить имеющиеся представления о формировании индивидуальной чувствительности генетического аппарата человека к воздействию генотоксических факторов, а также сформулировать рекомендации для работников угледобывающего производства в соответствии с их генетическими характеристиками.

Ключевые слова: шахтеры; хромосомные aberrации; гены ферментов репарации ДНК

Для цитирования: Рыжкова А.В., Минина В.И., Соколова А.О., Баканова М.Л., Титов Р.А., Тимофеева А.А. Полиморфизмы генов ферментов репарации ДНК и показатели нестабильности генома у рабочих угольных шахт. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-12-18>

Для корреспонденции: Рыжкова Анастасия Владимировна, вед. инженер-технолог ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук». E-mail: A.VRyzhkova@yandex.ru

Финансирование. Исследование было поддержано государственным заданием на 2019–2021 гг. №ГЗ 0352–2019–0011 (ЕГИСУ НИОКР АААА-А17–117041410052–4).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Anastasiya V. Ryzhkova¹, Varvara I. Minina¹, Anastasiya O. Sokolova², Marina L. Bakanova¹, Ruslan A. Titov¹, Anna A. Timofeeva¹**Polymorphisms of genes of DNA repair enzymes and indicators of genome instability in coal mine workers**¹The Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 18, Sovetsky Ave., Kemerovo, Russia, 650099;²Kemerovo state University, 6, Krasnaya str., Kemerovo, Russia, 650000

Introduction. Coal industry is one of the main economy sectors of many countries. However, it poses a danger to the environment and human health. Since the Kemerovo region is a region with a developed industry, the problem of maintaining genetic homeostasis is highly relevant. Miners are exposed to various harmful factors that can act as genotoxicants and cause various DNA damage.

The aim of the study was to explore the associations of polymorphic variants of DNA repair genes with chromosomal instability in coal mining workers.

Materials and methods. Polymorphic variants of genes of enzymes of reparation DNA (*XPB* (*rs13181*), *XPG* (*rs17655*), *XRCC2* (*rs3218536*), *XRCC3* (*rs861536*), *XRCC4* (*rs2075685*), *XRCC4* (*rs1805377*)) and chromosomal aberrations in blood lymphocytes of 307 miners of coal mines in Kuzbass, 338 residents of the Kemerovo region who did not work in industrial enterprises were analyzed.

Results. The frequency of chromosomal aberrations in the group of miners (4.01 ± 0.14) was significantly higher than in the group of individuals who did not work in production (1.67 ± 0.06 , $p < 0.0000005$). We found that allelic variants in genes *XPB* (*rs13181*), *XRCC3* (*rs861536*), *XRCC4* (*rs2075685*), are associated with the increased chromosomal damage in miners.

Conclusions. Coal production has a negative impact on the genome of workers and can lead to the formation of cytogenetic disorders, which determines the need to develop measures for the comprehensive prevention of diseases caused by the accumulation of DNA damage. The results of the study will expand the existing understanding of the formation of the human genetic apparatus individual sensitivity to the effects of genotoxic factors, as well as formulate recommendations for coal mining workers in accordance with their genetic characteristics.

Keywords: miners; chromosomal aberrations; DNA repair enzyme genes

For citation: Ryzhkova A.V., Minina V.I., Sokolova A.O., Bakanova M.L., Titov R.A., Timofeeva A.A. Polymorphisms of genes of DNA repair enzymes and indicators of genome instability in coal mine workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-12-18>

For correspondence: Anastasia V. Ryzhkova, leading process engineer of the Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences. E-mail: A.VRyzhkova@yandex.ru

Funding. The study was supported by State task to 2019–2021 years. No. GZ 0352–2019–0011 (EGIS R & d AAAA-A17–117041410052–4).

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

Введение. Угольная промышленность — одна из основных сфер экономики многих стран мира. В то же время на современном этапе развития данная сфера деятельности представляет немалую опасность для окружающей среды и здоровья человека. Поскольку Кемеровская область является регионом с развитой промышленностью, проблема поддержания генетического гомеостаза является актуальной, так как постоянство генетического материала является основой существования любого организма.

Известно, что горнорабочие подвергаются различным вредным воздействиям: радиация, контакт с угольно-породной пылью, изменение газового состава воздуха (снижение содержания кислорода, увеличение концентрации углекислого газа, поступление в атмосферу шахты метана, оксида углерода, сероводорода, сернистого газа, оксидов азота, взрывных газов и т. д.) [1].

Все вышеперечисленные неблагоприятные факторы могут выступать в качестве генотоксикантов и тем самым вызывать различные повреждения ДНК. В настоящее время существуют методы оценки мутагенной чувствительности и обнаружения изменений в геноме, происходящих под воздействием мутагенных агентов [2]. Одним из наиболее широко применяемых методов оценки воздействия факторов окружающей среды на геном человека является микроскопический анализ аберраций хромосом в метафазных клетках культивируемых лимфоцитов, что позволяет оценивать крупные структурные нарушения ДНК, приводящие к дисбалансу большого числа копий множества генов. Хромосомные аберрации могут привести к разрушению генов, изменению экспрессии онкогенов и генов супрессоров опухолей [3].

Реализация патологических процессов на молекулярно-генетическом уровне у лиц, подверженных высокой канцерогенной нагрузке, определяется механизмами клеточной защиты, деактивирующей генотоксические вещества и восстанавливающей целостность генетического материала. Ферменты репарации ДНК являются важнейшим ком-

понентом системы поддержания геномной стабильности, обеспечивающими баланс между повреждениями генома под действием мутагенов и его восстановлением [4].

Цель исследования — изучение ассоциаций полиморфных вариантов генов репарации ДНК с хромосомной нестабильностью у работников угледобывающей промышленности.

Материалы и методы. В программу исследования были включены 307 шахтеров, работающих на шахтах Кемеровского и Ленинск-Кузнецкого районов Кемеровской области без профессионально обусловленных патологий. В группу контроля вошли 338 человек старше 40 лет, не работающих на промышленных предприятиях и являющихся донорами областной станции переливания крови. Участие в исследовании проводилось на добровольной основе, все участники были проинформированы о целях, методах и результатах работы. Все обследованные заполняли анкеты, подписывали форму информированного согласия. Характеристика обследованных групп представлена в таблице 1.

Средний стаж работы на угольном производстве у обследованных шахтеров составил $21,2 \pm 0,52$ лет. Для выполнения исследований у всех обследованных доноров в асептических условиях была забрана венозная кровь в системы «Вакутейнер» с Li — гепарином и с ЭДТА.

Подготовка препаратов хромосом и учет хромосомных аберраций (ХА) проводилась в соответствии с требованиями, описанными ранее [5]. Учет ХА осуществлялся на зашифрованных препаратах.

Выделение ДНК проведено из периферической крови с помощью метода фенол-хлороформной экстракции.

Типирование локусов XRCC2 (*rs3218536*) и XRCC3 (*rs861539*) проводилось методом real-time ПЦР с использованием технологии конкурирующих TaqMan-зондов и наборов реактивов СибДНК (ООО «СибДНК», г. Новосибирск). Каждый образец амплифицировался с использованием пары специфических праймеров и двух зондов, несущих «гаситель» на 3'-конце (BHQ) и флуоресцентный

Таблица 1 / Table 1

Характеристика обследованных групп Characteristics of the surveyed groups

Выборка	Шахтеры (n=307)		Группа контроля (n=338)	
	Число	%	Число	%
Возраст, лет (Mean±St. err)	48,6±0,51		49,9±0,32	
Мужчин	303	98,6	315	93,2
Женщин	4	1,4	23	6,8
Курящие	146	47,5	141	41,7
Некурящие	161	52,5	197	58,3

краситель (FAM и R6G) на 5'-конце. Анализ полиморфных вариантов генов XPG (*rs17655*), XPD (*rs13181*), XRCC4 (*rs2075685*), XRCC4 (*rs1805377*) проведен методом аллель-специфической ПЦР с использованием наборов реактивов

«SNP-экспресс» (НПФ «Литех», г. Москва). Анализ продуктов полимеразной реакции проводили разделением геле-электрофореза с последующей визуализацией фрагментов ДНК в ультрафиолетовом свете.

Таблица 2 / Table 2

Количественные характеристики хромосомных нарушений
Quantitative characteristics of chromosomal disorders

Показатель, %	Шахтеры (n=307)			Контроль (n=338)		
	Me	Min-Max	Mean ± St. err	Me	Min-Max	Mean ± St. err
Аберрантные метафазы	4,0	0–12,5	4,01±0,14*	1,5	0–7,5	1,67±0,06
Аберраций на 100 клеток	4,0	0–13,5	4,19±0,14*	1,5	0–7,5	1,72±0,07
Хроматидные фрагменты	2,0	0–12,0	2,45±0,12*	1,0	0–5,5	1,19±0,05
Хроматидные обмены	0	0–1,0	0,05±0,01***	0	0–1,0	0,02±0,005
Аберрации хроматидного типа	2,0	0–12,0	2,51±0,12*	1,0	0–5,5	1,20±0,05
Парные фрагменты	1,0	0–5,0	1,09±0,05*	0	0–3,5	0,34±0,03
Дицентрики с фрагментами	0	0–1,5	0,06±0,01***	0	0–0,5	0,02±0,005
Дицентрики без фрагментов	0	0–3,0	0,18±0,02*	0	0–1,0	0,03±0,006
Кольцевые хромосомы	0	0–4,0	0,15±0,02***	0	0–1,0	0,05±0,01
Атипичные моноцентрики	0	0–3,0	0,21±0,02**	0	0–2,0	0,07±0,01
Аберрации хромосомного типа	1,5	0–8,0	1,67±0,08*	0,5	0–6,5	0,80±0,29

Примечания. Здесь и далее: Me — медиана, Mean ± St. err среднее значение ± стандартная ошибка. Отличается от аналогичного показателя в группе контроля при * — $p < 0,0000005$; ** — $p < 0,000005$; *** — $p < 0,00005$.

Notes: Here and further: Me — median, Mean ± St. err average value ± standard error. Differs from the same indicator in the control group when * — $p < 0,0000005$; ** — $p < 0,000005$; *** — $p < 0,00005$.

Таблица 3 / Table 3

Распределение изученных полиморфных локусов генов репарации ДНК у шахтеров и в группе контроля
Distribution of the studied polymorphic loci of DNA repair genes in miners and in the control group

Локусы и генотипы	Генотипы и аллели	Шахтеры (n=307)	Контроль (n=338)	χ^2	p (df)
XPD <i>rs13181</i> T>G	TT/TG/GG	142(46,2)/129(42,0)/36(11,8)	146(43,2)/156(46,2)/36(10,6)	0,14	0,70
	T/G	413(67,3)/201(32,7)	448(66,3)/228(33,7)	0,14	0,70
	p^{HWE}	0,44	0,63		
XPG <i>rs17655</i> G>C	GG/GC/CC	127(41,4)/149(48,5)/31(10,1)	165(48,8)/140(41,4)/33(9,8)	2,28	0,13
	G / C	403(65,6)/211(34,4)	470(69,5)/206(30,5)	2,23	0,13
	p^{HWE}	0,20	0,70		
XRCC2 <i>rs3218536</i> G>A	GG/GA/AA	277(90,2)/29(9,4)/1(0,4)	303(89,6)/33(9,7)/2(0,7)	0,11	0,73
	G/A	583(95,5)/31(4,5)	639(94,5)/37(5,5)	0,12	0,73
	p^{HWE}	0,55	0,26		
XRCC3 <i>rs861536</i> C>T	CC/CT/TT	118(38,4)/149(48,5)/40(13,1)	141(41,7)/159(47,0)/38(11,3)	0,93	0,33
	C/T	385(62,7)/229(37,3)	441(65,2)/235(34,8)	0,90	0,34
	p^{HWE}	0,54	0,55		
XRCC4 <i>rs2075685</i> G>T	GG/GT/TT	128(41,7)/141(45,9)/38(12,4)	125(37,0)/155(45,9)/58(17,1)	3,01	0,08
	G/T	397(64,7)/217(35,3)	405(59,9)/271(40,1)	3,08	0,08
	p^{HWE}	1,0	0,42		
XRCC4 <i>rs1805377</i> G>A	GG/GA/AA	209(68,1)/94(30,6)/4(1,3)	223(66,0)/101(29,9)/14(4,1)	1,37	0,24
	G/A	512(83,4)/102(16,6)	547(80,9)/129(19,1)	1,34	0,25
	p^{HWE}	0,09	0,59		

Примечания: Здесь и далее: χ^2 — критерий χ^2 с поправкой Йетса; p — значимость различий частоты встречаемости генотипа в группах, p^{HWE} * — значимость отличий распределения частот генотипов от равновесия Харди-Вайнберга (Exacttest for Hardy-Weinberg equilibrium).

Notes: Here and further: χ^2 -Yates-corrected criterion χ^2 ; p-significance of differences in the frequency of genotype occurrence in groups, p^{HWE} * — significance of differences in the distribution of genotype frequencies from the hardy-Weinberg equilibrium (Exacttest for Hardy-Weinberg equilibrium).

Статистическая обработка данных проведена с использованием программы «Statistica 8.0». Для анализа количественных цитогенетических показателей рассчитывались медианы, размахи, средние величины, стандартные отклонения, стандартные ошибки. Проверка соответствия распределения количественных показателей закону нормального распределения проведена с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Сравнение групп проводилось с помощью непараметрических критериев: Mann-Whitney U Test (для парных сравнений). Оценка частоты редкого аллеля, соответствие распределения частот генотипов равновесию Харди — Вайнберга (χ^2), статистическая значимость различий между группами по частотам аллелей и генотипов для теста χ^2 на гомогенность выборок и значение P-value проводились с помощью доступного онлайн-ресурса: <http://ihg.gsf.de/cgi-bin/hw/hwa1.pl>; статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты. На первом этапе исследования было проведено сравнение уровня цитогенетических повреждений у работников, занятых на производстве и лиц контрольной группы, не подвергающихся воздействию промышленных генотоксикантов (табл. 2).

Известно, что на формирование цитогенетических нарушений могут оказывать существенное влияние такие показатели, как пол, возраст и статус курения [6]. В исследуемых выборках не было выявлено существенного влияния возраста и пола на процессы хромосомного мутагенеза. Однако было выявлено статистически значимое негативное влияние курения у лиц контрольной группы. Повышение уровня цитогенетических повреждений достигалось за счет

таких показателей, как хроматидные обмены ($p=0,0003$), aberrации хроматидного типа ($p=0,04$) и кольцевые хромосомы ($p=0,05$).

На следующем этапе исследования была проанализирована частота распределения генотипов генов репарации ДНК (табл. 3). Анализ распределения частот генотипов и аллелей изучаемых полиморфных локусов показал соответствие Харди-Вайнбергу как в экспериментальной группе, так и у лиц контрольной группы, не занятых на производстве.

Достоверных различий при сравнении частот аллелей и генотипов исследованных полиморфных локусов между шахтерами и контрольной группой выявлено не было.

Далее был проведен анализ частот встречаемости хромосомных повреждений в зависимости от полиморфных вариантов генов репарации ДНК (табл. 4).

Анализ повреждаемости хромосом с учетом различных генотипов изучаемых локусов позволил выявить существенные отличия между генотипами XPD GG и TT ($5,19 \pm 0,38$ против $3,90 \pm 0,20$; $p=0,006$) и XPD GG и TG ($5,19 \pm 0,38$ против $3,71 \pm 0,20$; $p=0,0006$), а также между генотипами GT и GG ($4,16 \pm 0,26$ против $3,87 \pm 0,16$; $p=0,003$) варианта G-652T (*rs2075685*) гена XRCC4.

При изучении ассоциаций различных вариантов генов репарации ДНК с формированием отдельных типов ХА были получены следующие результаты (рис. 1–4).

Статистически значимые отличия были выявлены между генотипами TT и GG ($1,66 \pm 0,11\%$ vs $2,32 \pm 0,25\%$; $p=0,01$) и генотипами TG и GG ($1,51 \pm 0,11\%$ vs $2,32 \pm 0,25\%$; $p=0,001$) гена XPD для показателя aberrации хромосомного типа.

Таблица 4 / Table 4

Частота хромосомных aberrаций у индивидов с различными генотипами изучаемых полиморфных локусов генов репарации ДНК

Frequency of chromosomal aberrations in individuals with different genotypes of the studied polymorphic loci of DNA repair genes

Локусы и генотипы		Шахтеры (n=307)			Контроль (n=338)		
		Me	Min-Max	Mean ± St. err	Me	Min-Max	Mean ± St. err
XPD <i>rs13181</i> T>G	TT	4,0	0–10,0	3,90±0,20*	1,5	0–7,5	1,67±0,11
	TG	3,5	0–11,0	3,71±0,20**	1,5	0–5,5	1,67±0,09
	GG	4,75	1,0–12,0	5,19±0,38	1,5	0–4,0	1,69±0,18
XPG <i>rs17655</i> G>C	GG	4,0	0,5–11,0	3,93±0,21	1,5	0–5,5	1,58±0,09
	GC	4,0	0–12,5	4,0±0,20	1,5	0–7,5	1,79±0,11
	CC	4,0	0–9,0	3,96±0,46	1,5	0–5,5	1,61±0,21
XRCC2 <i>rs3218536</i> G>A	GG	4,0	0–12,5	3,93±0,15	1,5	0–7,5	1,67±0,07
	GA	4,0	0–9,0	4,35±0,42	1,5	0–5,5	1,64±0,21
	AA	5,0	5,0	5,0±0	2,0	0–4,0	2,0±0
XRCC3 <i>rs861536</i> C>T	CC	3,5	0–11,0	3,88±0,24	1,5	0–5,5	1,67±0,10
	CT	4,0	0–12,5	3,96±0,19	1,5	0–7,5	1,65±0,10
	TT	4,25	0,5–9,0	4,26±0,33	1,5	0–4,5	1,75±0,20
XRCC4 <i>rs2075685</i> G>T	GG	4,0	0–12,5	3,87±0,16	1,5	0–5,0	1,55±0,08
	GT	4,0	0–11,0	4,16±0,26***	1,5	0–7,5	1,73±0,12
	TT	4,25	2,0–8,0	4,63±1,43****	1,84	0–4,5	1,86±0,15
XRCC4 <i>rs1805377</i> G>A	GG	4,0	0–10,0	4,22±0,18	1,5	0–7,5	1,74±0,09
	GA	3,0	0–11,0	3,52±0,21	1,5	0–5,5	1,60±0,11
	AA	4,0	0,5–12,5	4,54±0,48	1,5	0–3,5	1,5±0,25

Примечания. При сравнении с XPD GG в группе шахтеров * — $p=0,006$; ** — $p=0,0006$. При сравнении с XRCC4 GG в группе шахтеров *** — $p=0,003$; **** — $p=0,05$.

Notes. When compared with XPD GG in the group of miners * — $p=0.006$; ** — $p=0.0006$. When compared with XRCC4 GG in the group of miners *** — $p=0.003$; **** — $p=0.05$.

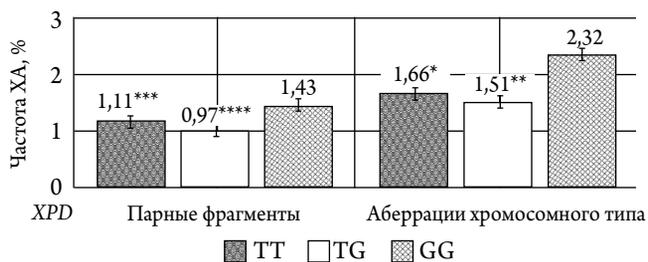


Рис. 1 Частота парных фрагментов и аберраций хромосомного типа у шахтеров с различными генотипами гена XPD (rs13181)

Fig. 1. Frequency of paired fragments and chromosomal aberrations in miners with different genotypes of the XPD gene (rs13181)

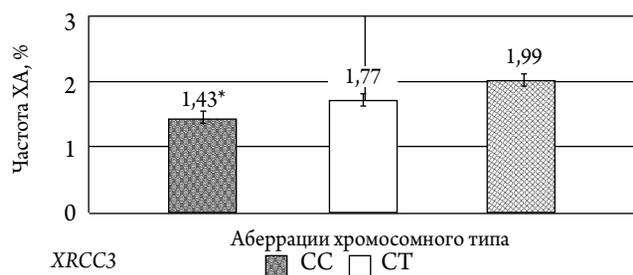


Рис. 3. Частота аберраций хромосомного типа у шахтеров с различными генотипами гена XRCC3 (rs861536)

Fig. 3. Frequency of chromosomal aberrations in miners with different genotypes of the XRCC3 gene (rs861536)

Также в группе шахтеров были выявлены отличия по таким показателям, как парные фрагменты между генотипами XPD TT и XPD GG (1,11±0,08% vs 1,43±0,13%; p=0,02) и XPD TG против XPD GG (0,97±0,08% vs 1,43±0,13%; p=0,0004).

При исследовании влияния различных генотипов XPD на частоту встречаемости цитогенетических повреждений также были выявлены отличия по таким параметрам, как хроматидные обмены между генотипами XPD TT и GG (0,06±0,02% vs 0,03±0,02%; p=0,04) и дицентрические хромосомы без фрагментов между следующими генотипами: XPD TT и TG (0,19±0,03% vs 0,15±0,04%; p=0,05); XPD TG и GG (0,15±0,04% vs 0,26±0,06; p=0,04).

Анализ показал статистически значимые отличия в частоте встречаемости аберраций хромосомного типа между генотипами XRCC3 CC и TT (1,43±0,10% vs 1,99±0,21%; p=0,03).

Выявлено, что у носителей варианта гена XRCC4 TT частота клеток с аберрациями хромосомного типа была статистически значимо выше по сравнению с носителями GG (1,73±0,23% vs 1,59±0,12%; p=0,04).

Обсуждение. Оценка уровня хромосомных повреждений показала увеличение числа всех изучаемых цитогенетических параметров у шахтеров по сравнению с контрольной группой. Таким образом, настоящее исследование подтверждает данные о мутагенном характере воздействия производственных факторов угольных шахт [7]. Полученные результаты сопоставимы с данными, опубликованными ранее другими учеными при изучении эффектов влияния производственной среды угольных шахт на цитогенетический статус работников данного типа производства [8].

Не было отмечено влияния возраста, пола, статуса курения на уровень цитогенетических повреждений у работников

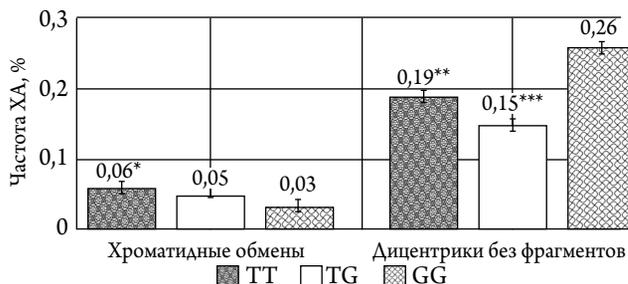


Рис. 2. Частота хроматидных обменов и дицентриков без фрагментов у шахтеров с различными генотипами гена XPD (rs13181).

Fig. 2. Frequency of chromatid exchanges and dicentric chromosomes without fragments in miners with different genotypes of the XPD gene (rs13181).

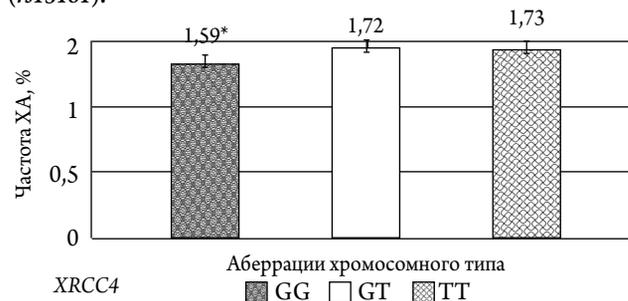


Рис. 4. Частота аберраций хромосомного типа у шахтеров с различными генотипами гена XRCC4 (rs2075685)

Fig. 4. Frequency of chromosomal aberrations in miners with different genotypes of the XRCC4 gene (rs2075685)

шахт, что может свидетельствовать о наличии связи наблюдаемых эффектов именно с воздействием производственных генотоксикантов на рабочих.

В данном исследовании было установлено, что формирование повышенного уровня аберраций хромосом у шахтеров главным образом связано с генетическими вариантами: XPD rs13181 и XRCC4 rs2075685.

Ген XPD/ERCC2 локализован в хромосоме 19q32.2. и кодирует фермент хеликазу с 5'→3' концевой активностью, принимает участие в эксцизионной репарации нуклеотидов. В составе комплекса ТФИПН XPD раскручивает двойную цепь ДНК, делая доступным поврежденный участок для эндонуклеаз. Замена Lys на Gln в 751 позиции (rs13181) приводит к изменениям конфигурации белка и влияет на его взаимодействие с хеликазным активатором p44 [9].

Ген XRCC4 расположен на хромосоме 5q14.2. XRCC4 участвует в процессе негомологичного соединения концевых участков ДНК в комплексе с ДНК-лигазой IV и ДНК-зависимой протеинкиназой. Присоединяясь к обоим концам ДНК на последнем этапе V(D)J рекомбинации, данный комплекс восстанавливает двухцепочечные разрывы [10]. Варианты XRCC4 (rs2075685) G>T и (rs1805377)G>A активно изучаются в связи с различными онкологическими заболеваниями.

При обследовании работников шахт было установлено, что формирование повышенного уровня отдельных типов ХА связано с вариантами генов: XPD rs13181, XRCC3 rs861536, XRCC4 rs2075685.

Из данных литературы известно, что носительство Gln-аллеля полиморфного варианта гена XPD rs13181 ассоциировано с возрастанием уровня аддуктов ДНК и разрывов [11]. Результаты работы группы ученых из Китая, проведенной на модели in vitro, оказались сопоставимы

полученным результатам. Они показали, что наличие варианта дикого типа *TT* ассоциировано с более высокой способностью к репарации ДНК по сравнению с *GG* при действии бензо(а)пирена [12]. Проведенное исследование подтверждает и результаты, полученные ранее при изучении ассоциаций генов репарации ДНК с хромосомной нестабильностью на меньшей выборке [13].

Белок *XRCC3*, кодируемый одноименным геном, локализованным на хромосоме 14q32.3, принимает участие в процессе репарации, осуществляемым путем гомологичной рекомбинации. Замена *Thr* на *Met* в 241 кодоне приводит к перемещению сайта фосфорилирования в аденозинтриптофансвязывающем домене, что может нести за собой изменение репаративной функции синтезируемого белка [14].

Ранние исследования показывают, что полиморфный вариант *XRCC3 722 C>T* оказывает непосредственное влияние на повреждения ДНК у носителей минорного аллеля [15].

В ряде исследований не было выявлено влияния варианта *XRCC4 (rs2075685) G>T* ни на повышение уровня хромосомных aberrаций [16], ни на риск развития рака легкого в тайванской популяции [17]. Однако исследование ученых из Китая показало, что данный полиморфизм может играть роль в восприимчивости к раку поджелудочной железы, при этом рискованно выступает генотип *TT* [18]. В данном исследовании повышенный уровень частоты клеток с ХА имели лица с генотипом *GT* ($p=0,003$) и *TT* ($p=0,05$) по сравнению с носителями варианта *GG XRCC4*. Кроме того, установлено увеличение частоты встречаемости клеток с aberrациями хромосомного типа у носителей *TT* варианта по сравнению с *GG XRCC4* ($p=0,04$).

Таким образом, данное исследование показывает, что полиморфные варианты генов *XPД (rs13181) T>G*, *XRCC3 (rs861536) C>T* и *XRCC4 (rs2075685) G>T* вносят свой вклад в формирование индивидуального ответа на воздействие факторов производственной среды и могут играть роль в накоплении потенциально опасных цитогенетических повреждений, что особенно актуально для населения промышленных регионов.

Выводы:

1. Угольное производство оказывает значительное негативное воздействие на геном рабочих и способно привести к формированию цитогенетических нарушений, что свидетельствует о мутагенном характере воздействия факторов производственной среды на шахтеров и указывает на необходимость разработки мер комплексной профилактики заболеваний, обусловленных накоплением повреждений ДНК. При этом интенсивность накопления хромосомных aberrаций зависит не только от факторов среды, но и от конститутивных особенностей организма, определяемых, в том числе, генетическими полиморфизмами генов репарации ДНК.

2. Установлено, что полиморфные варианты генов *XPД (rs13181) T>G*, *XRCC3 (rs861536) C>T* и *XRCC4 (rs2075685) G>T* ассоциированы с риском возрастания цитогенетических повреждений, в связи с чем данные полиморфизмы можно рассматривать как биомаркеры индивидуальной чувствительности к воздействию неблагоприятных факторов производственной среды.

3. Результаты данной работы позволят расширить имеющиеся представления о формировании индивидуальной чувствительности генетического аппарата человека к воздействию генотоксических факторов, а также сформулировать рекомендации для работников угледобывающего производства в соответствии с их генетическими характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорошилова Л.С., Табакаева Л.М., Харин Д.В. О профессиональной заболеваемости работников угольной отрасли промышленности Кузбасса. *Безопасность труда в промышленности*. 2008; 10.
2. Hsu T.C. Genetic instability in the human population: a working hypothesis. *Hereditas*. 1998; 4: 1–9.
3. Kloosterman WP, Hochstenbach R. Deciphering the pathogenic consequences of chromosomal aberrations in human genetic disease. *Mol Cytogenet*. 2014; 7: 100–12. DOI: 10.1186/s13039-014-0100-9.
4. Сальникова А.Е., Чумаченко А.Г., Лаптева Н.Ш., Веснина И.Н., Кузнецова Г.И., Рубанович А.В. Аллельные варианты полиморфных генов, сопряженные с повышенной частотой хромосомных aberrаций. *Генетика*. 2011; 47 (11): 1536–44.
5. Минина В.И., Нелюбова Ю.А., Савченко Я.А., Тимофеева А.А., Астафьева Е.А., Баканова М.А. и др. Оценка повреждений хромосом у рабочих угольных теплоэлектростанций. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 3: 149–54.
6. Бочков Н.П., Чеботарев А.Н., Катосова Л.Д., Платонова В.И. База данных для анализа количественных характеристик частоты хромосомных aberrаций в культуре лимфоцитов периферической крови человека. *Генетика*. 2001; 37 (4): 549–57.
7. Дружинин В.Г. Количественные характеристики частоты хромосомных aberrаций в группе жителей крупного промышленного региона Западной Сибири. *Генетика*. 2003; 39 (10): 1373–80.
8. Минина В.И., Кулемин Ю.Е., Толочко Т.А., Мейер А.В., Савченко Я.А., Волобаев В.П. и др. Генотоксические эффекты воздействия производственной среды у шахтеров Кузбасса. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 5: 4–8.
9. Monaco R., Rosal R., Dolan M.A., Pincus M.R., Freyer G., Brandt R. Conformational effects of a common codon 751 polymorphism on the C-terminal domain of the xerodermapigmentosum D protein. *J. Carcinog*. 2009; 8: 12. DOI:10.4103/1477-3163.54918.
10. Junop M.S., Modesti M., Guarné A., Ghirlando R., Gellert M., Yang W. Crystal structure of the *XRCC4* DNA repair protein and implications for end joining. *EMBO J*. 2000; 19 (22): 5962–70. DOI:10.1093/emboj/19.22.5962.
11. Wlodarczyk M, Nowicka G. *XPД* gene rs13181 polymorphism and DNA damage in human lymphocytes. *Biochem. Genet*. 2012; 50 (11–2): 860–70. DOI: 10.1007/s10528-012-9526-0.
12. Xiao S., Cui S., Lu X., Guan Y., Li D., Liu Q. et al. The *ERCC2/XPД Lys751Gln* polymorphism affects DNA repair of benzo[a]pyrene induced damage, tested in an in vitro model. *Toxicol In Vitro*. 2016; 34: 300–8. DOI: 10.1016/j.tiv.2016.04.015.
13. Соколова А.О. Вклад полиморфизма генов *XPД* и *XPС* в формирование хромосомных aberrаций у здоровых шахтеров. *Материалы симпозиума XIV: Международной научно-практической конференции «Образование, наука, инновации: вклад молодых исследователей»*. Кемерово, 22–24 апр., 2019 г.
14. Matullo G., Palli G., Matullo D., Guarrera S., Carturan S., Celentano E. et al. *XRCC1*, *XRCC3*, *XPД* gene polymorphisms, smoking, and (32) P-DNA adducts in a sample of healthy subjects. *Carcinogenesis*. 2001; 22(9): 1437–45. DOI:10.1093/carcin/22.9.1437.
15. Shakeri M., Zakeri F., Changizi V., Rajabpour M.R., Farshidpour M.R. Cytogenetic effects of radiation and genetic polymorphisms of the *XRCC1* and *XRCC3* repair genes in industrial radiographers. *Radiat Environ Biophys*. 2019; 58(2): 247–55. DOI:10.1007/s00411-019-00782-5.
16. Уржумов П.В., Возилова А.В., Донов П.Н., Блинова Е.А., Аклеев А.В. Связь полиморфизма генов систем репарации ДНК

с повышенным уровнем хромосомных aberrаций у облученных лиц. *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности*. 2014; 1(11): 59–64.

17. Hsu N.Y., Wang H.C., Wang C.H. Lung cancer susceptibility and genetic polymorphism of DNA repair gene *XRCC4* in Taiwan. *Cancer Biomark.* 2009; 5(4): 159–65. DOI:10.3233/CBM-2009-0617.

18. Ding Y, Li LN. Association between single nucleotide polymorphisms of X-ray repair cross-complementing protein 4 gene and development of pancreatic cancer. *Genetics and Molecular Research.* 2015; 14(3): 9626–32. DOI: 10.4238/2015.august.14.25.

REFERENCES

1. Khoroshilova L.S., Tabakaeva L.M., Kharin D.V. On the occupational morbidity of workers in the coal industry of Kuzbass. *Bezopasnost truda v promyshlennosti*. 2008; 10. (in Russian)

2. Hsu T.C. Genetic instability in the human population: a working hypothesis. *Hereditas*. 1998; 4:1–9.

3. Kloosterman WP, Hochstenbach R. Deciphering the pathogenic consequences of chromosomal aberrations in human genetic disease. *MolCytogenet.* 2014; 7: 100–12. DOI: 10.1186/s13039-014-0100-9.

4. Salnikova L.E., Chumachenko A.G., Lapteva N.S., Vesnina I. N., Kuznecova G. I., Rubanovich A.V. Allelic variants of polymorphic genes associated with a higher frequency of chromosome aberrations. *Genetika*. 2011; 47 (11): 1364–71 (in Russian).

5. Minina V.I., Nelyubova Y.A., Savchenko Y.A., Timofeeva A.A., Astaf'eva E.A., Bakanova M.L. et al. Estimation of chromosome disorders in workers at coal thermal power plant. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 3: 149–54. DOI:10.31089/1026-9428-2019-3-149-154 (in Russian).

6. Bochkov N.P., Chebotarev A.N., Katosova L.D., Platonova V.I. Database for the analysis of quantitative characteristics of the frequency of chromosomal aberrations in a culture of human peripheral blood lymphocytes. *Genetika*. 2001; 37(4): 549–57 (in Russian).

7. Druzhinin V.G. Quantitative characteristics of the frequency of chromosomal aberrations in the group of residents of a large industrial region of Western Siberia. *Genetika*. 2003; 39(10): 1373–80 (in Russian).

8. Minina V.I., Kulemin Y.E., Tolochko T.A., Mejer A.V., Savchenko Y.A., Volobaev V.P. et al. Genotoksicheskie efekty vozdejstviya proizvodstvennoj sredy u shahterov Kuzbassa. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; 5: 4–8 (in Russian).

9. Monaco R., Rosal R., Dolan M.A., Pincus M.R., Freyer G., Brandt R. Conformational effects of a common codon 751 poly-

morphism on the C-terminal domain of the xerodermapigmentosum D protein. *J. Carcinog.* 2009; 8: 12. DOI:10.4103/1477-3163.54918.

10. Junop M.S., Modesti M., Guarné A., Ghirlando R., Gellert M., Yang W. Crystal structure of the *XRCC4* DNA repair protein and implications for end joining. *EMBO J.* 2000; 19 (22): 5962–70. DOI: 10.1093/emboj/19.22.5962.

11. Wlodarczyk M, Nowicka G. XPD gene rs13181 polymorphism and DNA damage in human lymphocytes. *Biochem. Genet.* 2012; 50 (11–2): 860–70. DOI: 10.1007/s10528-012-9526-0.

12. Xiao S, Cui S, Lu X, Guan Y, Li D, Liu Q et al. The *ERCC2/XPD Lys751Gln* polymorphism affects DNA repair of benzo[a]pyrene induced damage, tested in an in vitro model. *Toxicol In Vitro.* 2016; 34: 300–8. DOI: 10.1016/j.tiv.2016.04.015.

13. Sokolova AO. Vklad polimorfizma genov XPD i XPC v formirovanie hromosomnyh aberracij u zdorovyh shahterov. *Materialy simpoziuma XIV: Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Obrazovanie, nauka, innovacii: vklad molodyh issledovatelei"*. Kemerovo, 22–24 apr., 2019. (in Russian)

14. Matullo G, Palli G, Matullo D, Guarrera S, Carturan S, Celentano E. et al. *XRCC1*, *XRCC3*, *XPD* gene polymorphisms, smoking, and (32) P-DNA adducts in a sample of healthy subjects. *Carcinogenesis.* 2001; 22(9):1437–1445. DOI:10.1093/carcin/22.9.1437.

15. Shakeri M., Zakeri F., Changizi V., Rajabpour M.R., Farshidpour M.R. Cytogenetic effects of radiation and genetic polymorphisms of the *XRCC1* and *XRCC3* repair genes in industrial radiographers. *Radiat Environ Biophys.* 2019; 58(2): 247–255. DOI:10.1007/s00411-019-00782-5.

16. Urzhumov P.V., Vozilova A.V., Donovan P.N., Blinova E.A., Akleev A.V. The relationship of DNA polymorphism of DNA repair systems with an increased level of chromosome aberrations in irradiated individuals. *Mediko-biologicheskie problem zhiznedeyatel'nosti*. 2014; 1(11): 59–64 (in Russian)

17. Hsu N.Y., Wang H.C., Wang C.H. Lung cancer susceptibility and genetic polymorphism of DNA repair gene *XRCC4* in Taiwan. *Cancer Biomark.* 2009; 5(4): 159–65. DOI:10.3233/CBM-2009-0617.

18. Ding Y, Li LN. Association between single nucleotide polymorphisms of X-ray repair cross-complementing protein 4 gene and development of pancreatic cancer. *Genetics and Molecular Research.* 2015; 14(3): 9626–32. DOI: 10.4238/2015.august.14.25.

Дата поступления / Received: 01.10.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 14.10.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-19-24>

УДК 613.62

© Коллектив авторов, 2020

Дружинин В.Н.¹, Суворов В.Г.¹, Черний А.Н.², Тройняков С.Н.³, Тухтаев У.Т.³

Рентгеноденситометрические аспекты диагностики локтевого эпикондилита

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

²ФГБОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, ул. Трубецкая, 8/2, Москва, Россия, 119991;

³ГБУ «Инфекционная клиническая больница №2 департамента здравоохранения», 8-я ул. Соколиной горы, 15, Москва, Россия, 105275

Введение. Своевременная адекватная диагностика и лечение дегенеративно-дистрофических заболеваний костно-суставного аппарата, к которым относятся эпикондилиты (эпикондилозы), в том числе профессионально обусловленные, продолжает оставаться сегодня серьезной проблемой здравоохранения, поскольку они наносят значительный экономический ущерб, связанный с временной и стойкой инвалидизацией активной части населения планеты. В связи с этим поиски методов и методических подходов, позволяющих улучшить лучевую диагностику данного заболевания, остается актуальным. Исследование посвящено решению медицинской проблемы в профпатологии — оптимизации рентгенодиагностики локтевого эпикондилита на основе использования новых методических подходов количественного определения плотности патологической перестройки костной структуры, что позволяет существенно объективизировать направленность изменений при мониторинге выраженности изменений в оцениваемых структурах.

Цель исследования — улучшение качества рентгенодиагностики локтевого эпикондилита на основе прецизионной оценки оптической плотности костной и периартикулярных тканей с использованием цифровой рентгенографии

Материалы и методы. Выполнен сравнительный анализ результатов комплексного клинико — рентгенологического обследования пациентов — представителей рабочих профессий основной группы (слесари-сборщики и подсобные рабочие машиностроительных заводов) трудоспособного возраста в диапазоне 30–50 лет с клинической картиной подострой фазы локтевого эпикондилита при отсутствии патогномичных результатов УЗИ и рентгеноморфологических признаков заболевания. Рентгенологические исследования выполнялись с помощью цифровых малодозовых рентгенодиагностических аппаратов. Визуализация, обработка, анализ медицинских изображений и сопоставления результатов в динамике исследований осуществляли с использованием программ «Линс махаон рабочая станция врача». Для измерения условной оптической плотности костных и мягких тканей использовался инструмент ROI (зона интереса), позволяющий определение искомой величины на площадях различной размерности. Измерения осуществлялись на цифровых рентгенограммах и на экранах мониторов компьютеров в зонах интереса: латеральных отделах надмыщелков плечевых костей и в смежных с ними околосуставных тканях с вычислением средних значений показателя оптической плотности (ID) и градиентов оптической плотности (IDG) относительно плотности периартикулярных мягких тканей.

Результаты. Анализ результатов апостериорной остеоденситометрии дистальных отделов плечевых костей в рамках разработанного алгоритма, включающего использование абсолютных и относительных показателей условной оптической плотности после предварительной цветокоррекции цифрового рентгеновского изображения костных и параоссальных мягкотканых структур позволил расширить наши представления о топографии распределения минеральной насыщенности в надмыщелках у лиц групп риска относительно лиц контрольной группы. Удалось установить, что показатели оптической плотности костных и параоссальных тканей могут быть своеобразным (условным), иногда и единственными индикаторами степени выраженности изменений, положительной или отрицательной динамики патофизиологических процессов. Плотностные различия дистальных отделов правой и левой плечевых костей (костной и мягкотканной параоссальной структур надмыщелков) у лиц контрольной группы (условная норма) по абсолютному показателю оптической плотности и по ее градиенту вне зависимости от площадей оценки оказались незначительными (статистически недостоверными), хотя и разнонаправленными. У пациентов с клиническими признаками эпикондилита на фазах отсутствия рентгеноморфологических структурных изменений выявлено снижение ID и динамику его восстановления на различных этапах наблюдения. Даже при сравнительно равных ID собственно костной структуры IDG у различных людей отличаются, поскольку в значительной степени определяются динамически более лабильными, чем в костях, протекающими в мягких тканях метаболическими процессами и таким образом являются своеобразными индикаторами их интенсивности. С учетом относительной торпидности перестроечных процессов в структурах костной ткани надмыщелков при эпикондилитах более информативным показателем, манифестирующим их динамику, следует считать IDG. Значение показателей оптической плотности в качестве предикторов рассматриваемой патологии особенно наглядно проявляется в процессе анализа результатов ее диагностики в динамике наблюдений не столько на коллективном, сколько на индивидуальном уровне оценки.

Заключение. Применение разработанного методического подхода позволяет значительно расширить наши представления о топографическом распределении плотностей костных и мягкотканых структур дистальных отделов плечевых костей на различных этапах обследования пациентов, в том числе на ранних субклинических фазах развития возможной патологии даже при отсутствии визуально улавливаемых рентгеноморфологических изменений. Использование оригинального алгоритма оценки плотности тканей, позволяют снизить негативную роль так называемого «человеческого фактора» и в значительной мере обеспечить объективность интерпретации результатов исследований.

Ключевые слова: эпикондилит; оптическая плотность костной ткани; цифровая остеоденситометрия

Для цитирования: Дружинин В.Н., Суворов В.Г., Черный А.Н., Тройняков С.Н., Тухтаев У.Т. Рентгеноденситометрические аспекты диагностики локтевого эпикондилита. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-19-24>

Для корреспонденции: Дружинин Валентин Николаевич, вед. науч. сотр. отделения рентгенологических исследований и томографии ФГБНУ «НИИ Медицины труда», д-р мед. наук. E-mail: druzhinin@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Valentin N. Druzhinin¹, Vadim G. Suvorov², Aleksandr N. Cherny², Sergey N. Troynakov³ Ulugbek T. Tukhtaev³

X-ray densitometric aspects of diagnosis of ulnar epicondylitis

¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8/2, Trubetskaya str., Moscow, Russia, 119991;

³Infectious diseases clinical hospital №2 of the Department of health, 15, 8th str. Sokolinoy Gory, Moscow, Russia, 105275

Introduction. Timely and adequate diagnosis and treatment of degenerative-dystrophic diseases of the bone and joint apparatus, which include epicondylitis (epicondylosis), including professionally caused, continues to be a serious health problem today, since they cause significant economic damage associated with temporary and persistent disability of the active part of the world's population. In this regard, the search for methods and methodological approaches to improve the radiation diagnosis of this disease remains relevant. The study is devoted to solution of important medical problems, including occupational diseases-optimization of X-ray of the ulnar epicondylitis based on the use of new methodological approaches quantifying the density of pathological remodeling of bone structures in the subject area, that allow to objectify the direction of changes in monitoring intensity changes in the estimated structures.

The aim of the study is to improve the quality of x-ray diagnostics of ulnar epicondylitis based on a precision assessment of the optical density of bone and periarticular tissues using digital radiography.

Materials and methods. A comparative analysis of the results of a comprehensive clinical and radiological examination of patients, workers of the main group (fitters and laborers machine-building plants) working age range of 30–50 years with a clinical picture of subacute phase of the ulnar epicondylitis in the absence of a pathognomonic ultrasound findings and x-ray morphological signs of the disease. X-ray studies were performed using digital low-dose x-ray diagnostic devices. Visualization, processing, analysis of medical images and comparison of results in the dynamics of research were carried out using the programs «Lins machaon doctor's workstation». To measure the conditional optical density of bone and soft tissues, we used the ROI tool (zone of interest), which allows us to determine the desired value in areas of different dimensions. Measurements were performed on digital radiographs and computer monitor screens in the areas of interest: the lateral parts of the humerus condyles and adjacent periarticular tissues with the calculation of the average values of the optical density index (ID) and optical density gradients (IDG) relative to the density of periarticular soft tissues.

Results. Analysis of the results of a posteriori osteodensitometry of the distal humerus within the framework of the developed algorithm, which includes the use of absolute and relative indicators of conditional optical density after preliminary color correction of digital x-ray images of bone and paraossal tissue structures, allowed us to expand our understanding of the topography of the distribution of mineral saturation in the condyles of at-risk individuals relative to those of the control group. It was found that the indicators of optical density of bone and paraossal tissues can be a kind of (conditional), sometimes the only indicators of the degree of severity of changes, positive or negative dynamics of pathophysiological processes. Density differences in the distal parts of the right and left humerus (bony and soft-tissue paraossal structures of the condyles) in the control group (conditional norm) in terms of absolute optical density and its gradient, regardless of the assessment area, were insignificant (statistically unreliable), although they were multidirectional. In patients with clinical signs of epicondylitis in the absence of x-ray morphologically detectable structural changes, a decrease in ID and the dynamics of its recovery at various stages of observation were revealed. Even when the ID of the actual bone structure is relatively equal, the IDG differs in different people, since it is largely determined by metabolic processes that are dynamically more labile than in the bones, and thus serve as a kind of indicator of their intensity. Taking into account the relative torpidity of perestroika processes in the structures of the bone tissue of the condyles in epicondylitis, IDG should be considered a more informative indicator of their dynamics. The importance of optical density indicators as predictors of the considered pathology is particularly evident in the process of analyzing the results of its diagnosis and development in the dynamics of observations not so much at the collective as at the individual level of assessment.

Conclusions. The application of the developed methodological approach allows us to significantly expand our understanding of the topographical distribution of the density of bone and soft tissue structures of the distal humerus at various stages of examination of patients, including the early subclinical phases of possible pathology, even in the absence of visually detectable x-ray morphological changes. The use of an original algorithm for evaluating tissue density will reduce the negative role of the so-called «human factor» and thus significantly ensure the objectivity of the interpretation of research results.

Keywords: epicondylitis; optical bone density; digital osteodensitometry

For citation: Druzhinin V.N., Suvorov V.G., Cherny A.N., Troinyakov S.N., Tukhtaev U.T. X-ray densitometric aspects of diagnosis of ulnar epicondylitis. *Med. truda i prom. ecol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-19-24>

For correspondence: Valentin N. Druzhinin, leading researcher of X-ray department research and tomography of the Izmerov Research Institute of Occupational Health, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: druzhinin@mail.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Актуальность исследования обусловлена высокой распространенностью локтевого эпикондилита в общей популяции и у лиц, работающих в контакте с вредными производственными факторами. Данное заболевание даже в условиях современного промышленного производства, основанного на применении конвейерных, поточных и механизированных линий, часто связано с локальным характером нагрузки на сухожильно-мышечную систему верхних конечностей. Среди заболеваний рук от перенапряжения эпикондилиты локтя составляют 18–23%, являясь достаточно распространенным заболеванием, однако в основном они встречаются среди лиц, занимающихся физическим трудом, и спортсменов. Эпикондилит относится к патологии дегенеративно-дистрофического характера периартикулярных тканей по типу энтезопатий в области внутреннего и наружного надмыщелка, нередко сочетаясь с остеоартрозами локтевого сустава и шейным остеохондрозом [1–4]. Для внутреннего эпикондилита («локоть гольфиста») характерными являются изменения мышц и сухожилий, ответственных за функцию сгибания; и, наоборот, для наружного эпикондилита («локоть теннисиста»), который встречается в десять раз чаще чем внутренний), манифестирующим является поражение сухожильно-мышечного аппарата, участвующего в процессе разгибания кисти. Данное заболевание диагностируется в 90% у лиц, находящихся, как правило, в возрастном диапазоне 40–50 лет, и значительно чаще в правой руке в связи с превалированием в популяции «правшей». Данный патологический процесс может также развиваться не только вследствие профессионального занятия спортом или от длительной работы на компьютере, но и в результате «активного отдыха», например при выполнении садовых работ на даче. Иногда причиной заболевания могут быть однократные интенсивные нагрузки на локтевой сустав или его травмы [5,6].

Диагностика эпикондилита базируется на анализе жалоб, анамнеза, данных санитарно-гигиенических характеристик, результатов ортопедического и неврологического обследований (с учетом преморбидного фона) с использованием инструментальных и лабораторных методов (рентгенография, УЗИ, МРТ). При этом проводится дифференциальная диагностика с заболеваниями локтевого сустава: остеоартриты, асептический некроз, тоннельные синдромы, синдром гипермобильности, хондрокальциноз, гигрома, повреждение нервных волокон, специфические инфекции (туберкулезный, сифилитический и бруцеллезный артрит), диффузный фасциит, рассекающий остеохондрит [7,8].

С учетом первично-хронического характера данного заболевания, высокой тенденции к прогрессированию при относительно низкой эффективности лечебных мероприятий, приводящей в итоге к профинвалидности, раннее его выявление остается актуальной задачей для современной медицины. При наличии болевого синдрома, свойственного эпикондилитам (низкая степень васкуляризации, бедный клеточный состав, большое количество рецепторов растяжения и болевых рецепторов), отсутствие характерных для энтезопатий рентноморфологических признаков в виде дегенеративных и воспалительных изменений периартикулярных тканей на этапе рутинных исследований (визуальный анализ рентноморфологической картины на конвенционных и цифровых рентгенограммах) не исключает наличия изучаемой патологии на метаболическом уровне. В связи с изложенным, поиски методов и методи-

ческих приемов своевременной диагностики (в том числе и рентгенологической) на «донозологическом» этапе остаются востребованными [9–12]. Дигитальный анализ рентгеновского изображения позволяет значительно повысить качество диагностики, поскольку количественные характеристики по информативности превосходят традиционное рентгенологическое исследование, в том числе и на этапе первичной диагностики. При этом соблюдение принципа сравнительной оценки является приоритетным в процессе интерпретации результатов адекватности терапии на всех ее этапах. Наиболее оптимальные цифровые характеристики могут быть получены благодаря применению магнитно-резонансной (МРТ) и компьютерной томографии (КТ), но в силу высокой стоимости и относительно высокой лучевой нагрузки (при использовании КТ) высокоточная оценка оптической плотности тканей в дистальном отделе плечевой кости (локтевой сустав) с использованием указанных технологий пока еще не получила достаточно широкого распространения не только в амбулаторной практике, но и в стационарах.

Цель исследования — улучшение качества рентгенодиагностики плечевого эпикондилита на основе прецизионной оценки оптической плотности костной и периартикулярных тканей с использованием цифровой рентгенографии.

Материалы и методы. Работа выполнена на основе сравнительного анализа результатов комплексного клинико-рентгенологического обследования пациентов — представителей рабочих профессий основной группы (60 человек мужчин: слесари-сборщики и подсобные рабочие машиностроительных заводов) трудоспособного возраста в диапазоне 30–50 лет с клинической картиной подострой фазы локтевого эпикондилита (с характерной болевой симптоматикой) при отсутствии патогномичных результатов УЗИ и рентгеноморфологических признаков заболевания относительно 90 человек контрольной группы — представителей рабочих профессий без наличия характерной для эпикондилита клинической симптоматики, сопоставимой по возрасту и преморбидному фону с основной группой. Рентгенологические исследования выполнялись с помощью цифровых малодозовых рентгенодиагностических аппаратов: «DR-F» фирмы GE — на базе отделения рентгенологических исследований и томографии клиники ФГБНУ «НИИ МТ» и «AXIOM Luminis DR-F» фирмы Siemens — на базе рентгенодиагностического отделения ГБУЗ «Инфекционная клиническая больница №2» г. Москвы. Визуализация, обработка, анализ медицинских изображений и сопоставления результатов в динамике исследований осуществляли с использованием программ «ЛИНС Махаон рабочая станция врача». Для измерения условной оптической плотности костных и мягких тканей использовался инструмент ROI (зона интереса), позволяющий определение искомой величины на площадях различной размерности. Измерения осуществлялись на цифровых рентгенограммах и на экранах мониторов компьютеров в зонах интереса: латеральных отделах надмыщелков плечевых костей и в смежных с ними околосуставных тканях с вычислением средних значений показателя оптической плотности (ID) и градиентов оптической плотности (IDG) относительно плотности периартикулярных мягких тканей. Анализировались как нативные показатели оптической плотности структуры надмыщелков, так и, соответственно, их градиенты после предварительной цветокоррекции рентгеновского изображения в зонах интереса с помощью схемы LUT (Look Ap Table) и аддитивной модели пара-

метра цветов RGB (red, green, blue — красный, зеленый, синий).

Результаты. В выраженных стадиях диагностика патологии костей, суставов и параоссальных структур, проявляющейся дегенеративными изменениями, в част-

ности, остеопенией или остеопорозом (ОП), остеосклерозом, миозитом, тендинитом, тендовагинитом кальцификацией сухожилий, сухожильных влагалищ, мышц и бурс, не является неразрешимой проблемой. Проблематичной является диагностика так называемых доклини-

Таблица 1 / Table 1

Результаты остеоденситометрии дистальных отделов плечевых костей (надмыщелков) у лиц контрольной группы по показателю оптической плотности и ее градиенту ($Sx \pm sx$)

Results of osteodensitometry of the distal humerus (condyles) in the control group in terms of optical density and its gradient ($Sx \pm sx$)

Плечевая кость	Надмыщелок	Площадь оценки *	Оптическая плотность (ID)	Градиент плотности (IDG)
Правая	Медиальный	S1	2708±7,20	627± 0,72
		S2	2734±6,30	858±0,94
		S3	2849±6,66	673±0,93
	Латеральный	S1	2709±6,84	687±0,86
		S2	2725± 8,14	713±0,75
		S3	2780±7,74	763±0,79
Левая	Медиальный	S1	2770±6,84	621±0,68
		S2	2789±9,09	700±0,81
		S3	2859±7,38	723±0,74
	Латеральный	S1	2557±8,64	670±0,88
		S2	2660±8,89	507±0,81
		S3	2841±0,96	679±085

Примечания: * — площади оценки: S1 — 1 мм², S2 — 20 мм², S3 — 30 мм².

Notes: * — area estimates: S1 — 1 mm², S2 — 20 mm², S3 — 30 mm².

Таблица 2 / Table 2

Результаты остеоденситометрии дистальных отделов плечевых костей (надмыщелков) у пациентов с наличием клинических признаков эпикондилита в динамике наблюдений ($Sx \pm sx$)

Results of osteodensitometry of the distal humerus (condyles) in patients with clinical signs of epicondylitis in the dynamics of observations ($Sx \pm sx$)

Фамилия, возраст, диагноз	*Площадь оценки: S1, S2, S3	Оптическая плотность (ID) и градиенты плотности (IDG) костной структуры надмыщелков					
		До лечения		В конце лечения		Через 12 месяцев	
		ID	IDG	ID	IDG	ID	IDG
Г-ан 36 лет, наружный эпикондилит	S1	2559	470	2690	511	2707	580
	S2	2610	475	2715	643	2720	651
	S3	2617	511	2718	661	2727	673
Ме-ов, 3 8 лет, наружный эпикондилит	S1	2715	417	2712	470	2721	506
	S2	2600	460	2618	580	2624	625
	S3	2588	450	2601	514	2909	621
М-ин, 40 лет, внутренний эпикондилит	S1	2637	405	2644	519	2738	644
	S2	2730	424	2335	548	2729	641
	S3	2711	493	2715	605	2717	602
Не-ев, 39 лет, внутренний эпикондилит	S1	2755	468	2725	530	2730	564
	S2	2658	470	2700	503	2677	552
	S3	2619	479	2677	515	2700	598
Гр-ов, 37 лет, двусторонний эпикондилит**	S1	2790	513	2800	569	2766	630
	S2	2703	485	2736	540	2742	607
	S3	2790	466	2802	500	2787	509
Пр-ин, 44 года, двусторонний эпикондилит**	S1	2670	505	2688	516	2699	530
	S2	2749	488	2768	499	2773	502
	S3	2788	501	2790	512	2784	603

Примечания: * — площади оценки: S1 — 1 мм², S2 — 20 мм², S3 — 30 мм², ** — усредненные показатели ID и IDG внутреннего и наружного надмыщелков

Notes: * — area estimates: S1 — 1 mm², S2 — 20 mm², S3 — 30 mm², ** — average values of ID and IDG of internal and external epicondyles.

ческих форм изучаемой патологии, поэтому перспективными направлениями в современной диагностике остеоартромиопатий, в том числе и локтевого сустава, следует считать объективные чувствительные дигитальные (цифровые) методы исследований. В связи с этим показатели оптической плотности костных и периартикулярных тканей могут быть своеобразными (условными), иногда и единственными индикаторами выраженности изменений, положительной или отрицательной динамики патофизиологических процессов. Плотностные характеристики дистальных отделов плеч по показателям ID и IDG в зонах интереса, характеризующие их состояние, изучены у лиц контрольной группы (условная норма) (табл. 1). Манифестация ультраструктурных изменений на основе предварительной цветокоррекции рентгеновского изображения оцениваемых структур открывает возможность адекватно анализировать распределение оптических плотностей и косвенно судить об активности остеобластов и остеокластов в костной ткани фактически еще на метаболическом уровне, что позволяет говорить о действительно доклинической диагностике.

Такой методический подход апостериорной обработки цифрового изображения субстрата исследования позволяет получать достаточную качественно-количественную информацию и, следовательно, переходить от интуитивно-эмпирического уровня оценки изменений к объективному. Используемая тактика позволяет оптимизировать скрининговые исследования в процессе выявления групп риска среди пациентов, имеющих предрасположенность к возникновению эпикондилитов, обусловленных особенностями их профессиональной деятельности. Также она эффективна для динамических наблюдений при оценке качества профилактических и терапевтических мероприятий.

Плотностные различия дистальных отделов правой и левой плечевых костей (костной и мягкотканной параоссальной структур надмышцелков) у лиц контрольной группы (условная норма) по абсолютному показателю оптической плотности и по ее градиенту вне зависимости от площадей оценки оказались незначительными (статистически недостоверными), хотя и разнонаправленными. Этот феномен позволил в дальнейшем использовать показатели ID и IDG в качестве базисных у основной когорты обследованных. У пациентов с клиническими признаками эпикондилита на фазах отсутствия рентгеноморфологически улавливаемых структурных изменений удалось выявить снижение абсолютного и относительного показателей оптической плотности и динамику их восстановления на различных этапах наблюдения (табл. 2). Оценка плотности по IDG существенно расширяет представления о динамике изменений в параоссальных мягкотканых структурах вследствие перенапряжения и микротравматизации мышечно-сухожильных структур, связанных с надмышцелками, приводящих их к коллоидному набуханию и асептическому реактивному воспалению с последующими метапластическими изменениям в надкостнице [13]. Даже при сравнительно равных показателях оптической плотности собственно костной структуры показатели IDG у различных людей могут отличаться, поскольку в значительной степени определяются динамически более лабильными, чем в костях, протекающими в мягких тканях метаболическими процессами, являющимися своеобразными индикаторами их интенсивности. С учетом относительной торпидности перестроенных

процессов в структурах костной ткани надмышцелков при эпикондилитах более информативным показателем манифестирующим их динамику следует считать IDG. Значение показателей оптической плотности в качестве предикторов рассматриваемой патологии особенно наглядно проявляется в процессе анализа результатов ее диагностики и развития в динамике наблюдений не столько на коллективном, сколько на индивидуальном уровне оценки.

Заключение. Цифровая рентгеноденситометрия костных и мягкотканых параоссальных структур при наличии клинических признаков эпикондилита позволяет объективизировать перестроенные процессы в них уже на этапах метаболических изменений. Денситометрические показатели ID и IDG могут быть использованы в качестве своеобразных индикаторов как на этапе первичной диагностики, так и в процессе оценки эффективности лечения при динамических наблюдениях. Разработанные методические приемы количественной (цифровой) денситометрической оценки состояния костных и мягкотканых параоссальных структур с использованием малодозовой цифровой рентгенодиагностической аппаратуры и программ «Линс махаон рабочая станция врача» позволяют объективизировать исследования, связанные с решением вопросов ранней диагностики эпикондилитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грацианская Л.Н., Элькин М.А. Профессиональные заболевания конечностей от функционального перенапряжения. Л.: Медицина; 1984: 157–61.
2. McCormack R.R. Jr., Inman R.D., Wells A. et al. Prevalence of tendinitis and related disorders of the upper extremity in a manufacturing workforce. *J. Rheumatol.* 1990; 17(7): 958–64.
3. Shiri R., Viikari-Juntura E., Varonen H., Heliövaara M. Prevalence and Determinants of Lateral and Medial Epicondylitis: A Population Study. *American Journal of Epidemiology.* 2006; 164, (11): 1065–74.
4. Бельский А.Г. Эпикондилит. *Русский медицинский журнал.* 2006; 25: 1786–98.
5. Артамонова В.Г. Актуальные проблемы диагностики и профилактики профессиональных заболеваний. *Мед. труда и пром. экология.* 1996; 5: 4–6.
6. Waugh E.J. Lateral epicondylalgia or epicondylitis: what's in a name? *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2005; 35 (4): 2000–2.
7. Трухан Д.И. Эпикондилиты: актуальные вопросы диагностики и лечения на этапе оказания первичной медико-санитарной помощи. *Consilium medicum.* 2016; 9: 164–69.
8. Бельский А.Г. Энтезопатии при серонегативных спондилоартритах. *Consilium medicum.* 2006; 2:11–14.
9. Korthals-de-Bos I.B., Smidt N., van Tulder M.W. et al. Cost effectiveness of interventions for a lateral epicondylitis: results from a randomised controlled trial in primary care. *Pharmacoeconomics.* 2004; 22 (3): 185–95.
10. Saccomanni B. Corticosteroid injection for tennis elbow or lateral epicondylitis: a review of the literature. *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* 2010; 3 (1–4): 38–40.
11. Годзенко А.А. Лечение периартикулярных болевых синдромов. *Рус. мед. журн.* 2012; 7: 382–85.
12. Шутов Ю.М., Шутова М.З., Новиков Н.Д., Храменко Я.В., Котрехова А.С. Оптимальное лечение эпикондилита плеча. *Сибирский медицинский журнал.* 2015;(3):47.
13. Cushing G.M., Lourie D.V., Miller J.A. Heterotopic ossification after lateral epicondylectomy. *J. South. Orthop. Assoc.* 2001; 10 (1): 53–6.

REFERENCES

1. Grazianskaya L. N., Elkin M.A. Occupational diseases of the limbs from functional overstrain L.: Meditsina; 1984: 157–61 (in Russian).
2. McCormack R.R. Jr., Inman R.D., Wells A. et al. Prevalence of tendinitis and related disorders of the upper extremity in a manufacturing workforce. *J. Rheumatol.* 1990; 17(7): 958–64.
3. Shiri R., Viikari-Juntura E., Varonen H., Heliövaara M. Prevalence and Determinants of Lateral and Medial Epicondylitis: A Population Study. *American Journal of Epidemiology.* 2006; 164 (11):1065–74.
4. Belenky A. G. Epicondylitis. Russian medical journal. 2006; 25 :1786–98(in Russian).
5. Artamonova V. G. Actual problems of diagnosis and prevention of occupational diseases. *Med. truda i prom ekol.* 1996; 5: 4–6 (in Russian).
6. Waugh E.J. Lateral epicondylalgia or epicondylitis: what's in a name? *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2005; 35 (4): 2000–2.
7. Trukhan D. I. Epicondylitis: topical issues of diagnosis and treatment at the stage of primary health care. *Consilium medicum.* 2016; 9: 164–9 (in Russian).
8. Pomeranse S. Radiographic analysis of lateral epicondylitis *J. Shoulder Elbow Surg.* 2002. 11(2): 156–7.
9. Korthals-de-Bos I.B., Smidt N., van Tulder M.W. et al. Cost effectiveness of interventions for a lateral epicondylitis: results from a randomized controlled trial in primary care. *Pharmacoeconomics.* 2004; 22 (3): 185–95.
10. Saccomanni B. Corticosteroid injection for tennis elbow or lateral epicondylitis: a review of the literature. *Curr. Rev. Musculoskelet. Med.* 2010; 3 (1–4): 38–40.
11. Godzenko A.A. Treatment of periarticular pain syndromes. *Ros. med. zhurnal.* 2012; 7: 382–85 (in Russian).
12. Shutov Yu. M., Shutova MZ, Novikov ND, Khramchenko Y. V., Kotrekhoval A.S. Optimal treatment for shoulder epicondylitis. *Sibirsky med. zhurnal.* 2015; (3): 47 (in Russian).
13. Cushing G.M., Lourie D.V., Miller J.A. Heterotopic ossification after lateral epicondylectomy. *J. South. Orthop. Assoc.* 2001; 10 (1): 53–6.

Дата поступления / Received: 20.11.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 19.12.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-25-29>

УДК 612:613:62:665.6

© Коллектив авторов, 2020

Сетко Н.П., Мовергоз С.В., Булычева Е.В.

Особенности функционального состояния организма операторов и машинистов нефтехимического предприятия в зависимости от трудового стажа

ФБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Советская, 6, Оренбург, Россия, 460000

Введение. В результате масштабной модернизации технологических процессов на организм рабочих предприятий нефтехимической промышленности воздействуют факторы малой интенсивности. С увеличением времени экспозиции при действии таких факторов ответная реакция организма характеризуется различными изменениями физиологического статуса, однако до настоящего времени медицинские осмотры рабочих нефтехимических предприятий имеют клиническую направленность. В связи с этим, чрезвычайно важным становится системное исследование физиологических функций рабочих с учетом их трудового стажа для раннего выявления неблагоприятного влияния производственной среды и разработки эффективных профилактических мероприятий.

Цель исследования — оценить особенности функционального состояния организма операторов и машинистов нефтехимического предприятия в зависимости от трудового стажа.

Материалы и методы. Для выявления особенностей функционального состояния организма 78 операторов и 68 машинистов в зависимости от трудового стажа были разделены на три подгруппы. Исследовано функциональное состояние центральной, вегетативной нервной и сердечно-сосудистой систем, а также определены уровень биологической адаптации и работоспособность рабочих. Функциональное состояние центральной нервной системы оценено по показателям функционального уровня нервной системы, устойчивости нервной реакции, уровню функциональных возможностей сформированной функциональной системы и уровню работоспособности на аппаратно-программном комплексе.

Результаты. Выявлено, что с увеличением трудового стажа у операторов нефтехимического предприятия изменились показатели функционального состояния организма, о чем свидетельствует уменьшение времени простой зрительно-моторной реакции в 1,5 раза, увеличение показателей симпатической активности вегетативной нервной системы в 1,7 раза, а также увеличение в 1,4 раза показателя адекватности процессов регуляции на фоне повышения в 1,7 раза вегетативного показателя ритма, характеризующих усиление дезорганизации в межсистемных взаимодействиях центрального и автономного контура регуляции физиологическими функциями. У машинистов с увеличением трудового стажа отмечалось увеличение показателей парасимпатической активности вегетативной нервной системы в 1,3 раза, а также увеличение вегетативного показателя регуляции в 1,2 раза, что свидетельствует об усилении автономного контура регуляции физиологическими функциями.

Выводы. У рабочих основных профессий нефтехимического предприятия с увеличением трудового стажа отмечалось развитие долгосрочной адаптации, что подтверждается снижением числа рабочих с неудовлетворительным уровнем адаптации и увеличением операторов и машинистов с нормальным уровнем работоспособности.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающая промышленность; операторы; машинисты; профессионально значимые системы организма

Для цитирования: Сетко Н.П., Мовергоз С.В., Булычева Е.В. Особенности функционального состояния организма операторов и машинистов нефтехимического предприятия в зависимости от трудового стажа. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-25-29>

Для корреспонденции: Сетко Нина Павловна, зав. каф. гигиены и эпидемиологии ФБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет», д-р мед. наук, проф. E-mail: nina.setko@gmail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Nina P. Setko, Sergey V. Movergoz, Ekaterina V. Bulycheva

Features of the functional state of professionally significant body systems of operators and machinists of a petrochemical enterprise depending on their work experience

Orenburg state medical university, 6, Sovetskaya str., Orenburg, Russia, 460000

Introduction. As a result of large-scale modernization of technological processes, the organism of workers in the petrochemical industry is affected by low intensity factors. With an increase in exposure time under the influence of such factors, the response of the body is characterized by various changes in physiological status, however, until now, medical examinations of workers in petrochemical enterprises have a clinical focus. In this regard, it becomes extremely important to systematically study the physiological functions of workers, considering their working experience for early detection of the adverse effects of the work environment and the development of effective preventive measures.

The aim of the study is to evaluate the features of the functional state of the organism of operators and operators of a petrochemical enterprise, depending on the length of service.

Materials and methods. To identify the features of the functional state of the body, 78 operators and 68 drivers, depending on the length of service, were divided into three subgroups. The functional state of the central, autonomic nervous and

cardiovascular systems was studied, and the level of biological adaptation and working capacity of workers were determined. The functional state of the central nervous system is assessed by indicators of the functional level of the nervous system, the stability of the nervous reaction, the level of functionality of the formed functional system and the level of performance on the hardware-software complex.

Results. It was revealed that with an increase in seniority, the operators of the petrochemical enterprise changed the indicators of the functional state of the body, as evidenced by a decrease in the time of simple visual-motor reaction by 1.5 times, an increase in the rates of sympathetic activity of the autonomic nervous system by 1.7 times, and an increase in 1.4 times the adequacy of regulation processes against a 1.7-fold increase in the vegetative rhythm indicator, which characterize increased disorganization in the intersystem interactions of central and an independent contour of regulation of physiological functions. With an increase in seniority, typists noted an increase in the parasympathetic activity of the autonomic nervous system by 1.3 times, as well as an increase in the autonomic regulation rate by 1.2 times, which indicates a strengthening of the autonomous regulation loop by physiological functions.

Conclusions. *The workers of the main professions of the petrochemical enterprise with an increase in their seniority noted the development of long-term adaptation, which is confirmed by a decrease in the number of workers with an unsatisfactory level of adaptation and an increase in operators and drivers with a normal level of working capacity.*

Keywords: oil refining industry; operators; machinists; professionally significant systems

For citation: Setko N.P., Movergoz S.V., Setko A.G., Bulychева E.V. Features of the functional state of professionally significant body systems of operators and machinists of a petrochemical enterprise depending on their work experience. *Med. truda i prom. ecol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-25-29>

For correspondence: Nina P. Setko, Head of the hygiene and epidemiology department of Orenburg State Medical University, Dr. of Sci. (Med.), prof. E-mail: nina.setko@gmail.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. В настоящее время в результате масштабной модернизации технологических процессов, включающей внедрение непрерывных, замкнутых технологических циклов, высокую степень автоматизации и механизации трудоемких операций, замену устаревшего оборудования, на организм рабочих предприятий нефтехимической промышленности воздействуют факторы малой интенсивности [1–3]. С увеличением времени экспозиции при действии таких факторов ответная реакция организма, в первую очередь, характеризуется различными изменениями физиологического статуса, однако до настоящего времени медицинские осмотры рабочих нефтехимических предприятий имеют клиническую направленность [3]. В связи с этим, чрезвычайно важным становится системное исследование физиологических функций рабочих с учетом их трудового стажа для раннего выявления неблагоприятного влияния производственной среды и разработки эффективных профилактических мероприятий.

Цель исследования — оценить особенности функционального состояния организма операторов и машинистов нефтехимического предприятия в зависимости от трудового стажа.

Материалы и методы. Для выявления особенностей функционального состояния организма 78 операторов и 68 машинистов в зависимости от трудового стажа были разделены на три подгруппы. В первую подгруппу вошли малостажированные рабочие, трудовой стаж которых составлял до 5 лет; во вторую подгруппу — среднестажированные рабочие (трудовой стаж 6–10 лет); третью подгруппу составили высокостажированные рабочие, трудовой стаж которых был больше 11 лет.

У операторов и машинистов нефтехимического предприятия исследовано функциональное состояние центральной, вегетативной нервной и сердечно-сосудистой систем, а также определены уровень биологической адаптации и работоспособность рабочих. Функциональное состояние центральной нервной системы оценено по показателям функционального уровня нервной системы (ФУС), устойчивости нервной реакции (УР), уровню функциональных возможностей сформированной функциональной системы (УФВ) и интегральному показателю общего состояния ор-

ганизма — уровню работоспособности на аппаратно-программном комплексе, в основе которого лежит принцип регистрации простой зрительно-моторной реакции по методике М.П. Мороз [4]. Функциональное состояние сердечно-сосудистой, вегетативной нервной системы, включая вегетативную регуляцию физиологическими функциями, а также уровень биологической адаптации рабочих исследованы с помощью регистрации на аппаратно-программном комплексе OTRC-expert [5], статистических показателей variability сердечного ритма — вариационного размаха (ΔX), моды (M_0), амплитуды моды (AM_0), математического ожидания (M), среднеквадратического отклонения (SDNN) с последующим расчетом таких интегральных показателей, как индекс вегетативного равновесия (ИВР), вегетативный показатель равновесия (ВПР), показатель адекватности процессор регуляции (ПАПР), индекса напряжения регуляторных систем (ИН).

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием пакета прикладных программ Статистика 6.0 и Microsoft Excel 2007. Оценка достоверности осуществлялась по t-критерию Стьюдента [6].

Результаты. Установлено, что с увеличением трудового стажа среди операторов отмечалось увеличение скорости реакции в ответ на рабочий сигнал, о чем свидетельствует достоверное уменьшение времени латентной простой зрительно-моторной реакции (T) с $0,31 \pm 0,01$ мс до $0,28 \pm 0,01$ мс ($p \leq 0,05$) (табл. 1).

По всей вероятности, это объясняется тренированностью нервных процессов у операторов при выполнении своих профессиональных функций, характеризующееся быстрым переключением внимания, анализом изменяющихся контролируемых показателей, а также быстрым принятием решений при необходимости на рабочем месте [7]. Этот факт подтверждается тенденцией к увеличению в процессе трудовой деятельности среди операторов таких показателей, как УР с $1,20 \pm 0,20$ усл. ед. до $1,30 \pm 0,15$ усл. ед. ($p \geq 0,05$) и УФВ с $2,47 \pm 0,18$ усл. ед. до $2,52 \pm 0,11$ усл. ед. ($p \leq 0,05$).

У машинистов установлена иная картина изменения функционального состояния центральной нервной системы в зависимости от трудового стажа и характеризова-

лось увеличением латентного периода зрительно-моторной реакции в ответ на рабочий сигнал с $0,28 \pm 0,01$ мс у малостажированных до $0,31 \pm 0,01$ мс у высокостажированных рабочих ($p \leq 0,05$), на фоне достоверного снижения УР с $1,42 \pm 0,31$ усл. ед. до $0,98 \pm 0,17$ усл. ед. ($p \leq 0,05$); и УФВ, соответственно, с $2,71 \pm 0,20$ ед. до $2,22 \pm 0,19$ усл. ед. ($p \leq 0,05$). Установленное ухудшение функционального состояния центральной нервной системы у машинистов с увеличением трудового стажа, вероятно, связано с неблагоприятным влиянием на организм рабочих таких ведущих факторов производственной среды, как нейротоксические химические вещества и производственный шум, которые при содействии могут вызывать перенапряжение тормозных процессов в коре больших полушарий, снижая функциональные возможности центральной нервной системы [8–10].

С увеличением трудового стажа у операторов выявлена активизация симпатического тонуса вегетативной нервной системы, о чем свидетельствует снижение SDNN с $0,054 \pm 0,005$ с до $0,031 \pm 0,007$ с ($p \leq 0,05$) и увеличение АМо с $44,6 \pm 3,34\%$ до $64,5 \pm 2,21\%$ ($p \leq 0,05$). Причем, АМо у рабочих с трудовым стажем от 6 лет и больше была выше физиологических норм на $21,9\%$ у среднестажированных

операторов и на $46,9\%$ у высокостажированных операторов и составила $53,5 \pm 5,14\%$ и $64,5 \pm 2,21\%$ при нормируемых значениях этого показателя в пределах $42,1$ – $43,9\%$ [1].

У машинистов в отличие от операторов с увеличением трудового стажа вегетативная регуляция кардиоритмом смещалась в сторону парасимпатических влияний, что подтверждается увеличением ΔX с $0,235 \pm 0,043$ с у малостажированных машинистов до $0,275 \pm 0,055$ с у высокостажированных машинистов ($p \leq 0,05$). При этом отмечалось одновременное снижение активности симпатического отдела вегетативной нервной системы у высокостажированных рабочих относительно данных малостажированных рабочих. SDNN с увеличением трудового стажа достоверно увеличивался с $0,045 \pm 0,001$ с до $0,053 \pm 0,002$ с ($p \leq 0,05$); а Мо достоверно снижалась с $0,828 \pm 0,029$ с до $0,738 \pm 0,025$ с ($p \leq 0,05$), (табл. 2).

Подтверждением выявленного вегетативного баланса у рабочих исследуемых профессий являлась и установленная динамика изменения индекса вегетативного равновесия, который у высокостажированных операторов достоверно увеличился в $2,5$ раза и составил $426,7 \pm 3,26$ усл. ед. при $171,5 \pm 4,12$ ед. у малостажированных рабочих ($p \leq 0,05$); тогда как у высокостажированных машинистов, напротив, этот

Таблица 1 / Table 1

Показатели функционального состояния центральной нервной системы у рабочих нефтехимического предприятия основных профессий в зависимости от трудового стажа

Indicators of the functional state of the Central nervous system in workers of the petrochemical enterprise of the main professions, depending on the length of service

Показатель	Операторы, трудовой стаж			Машинисты, трудовой стаж		
	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет
Время латентной простоя зрительно-моторной реакции, с	$0,31 \pm 0,01$	$0,29 \pm 0,01^*$	$0,28 \pm 0,01^*$	$0,28 \pm 0,01^{**}$	$0,29 \pm 0,01^*$	$0,31 \pm 0,01^{***}$
Функциональный уровень нервной системы, усл. ед. (ФУС)	$2,62 \pm 0,25$	$2,61 \pm 0,29$	$2,63 \pm 0,31$	$2,50 \pm 0,15$	$2,60 \pm 0,08$	$2,51 \pm 0,07$
Устойчивость нервной реакции, ед. (УР)	$1,20 \pm 0,20$	$1,40 \pm 0,25$	$1,30 \pm 0,15$	$1,42 \pm 0,13$	$1,25 \pm 0,18$	$0,98 \pm 0,17^{***}$
Уровень функциональных возможностей сформированной функциональной системы, усл. ед. (УФВ)	$2,47 \pm 0,18$	$2,67 \pm 0,17$	$2,52 \pm 0,11$	$2,71 \pm 0,20$	$2,5 \pm 0,20$	$2,22 \pm 0,19^*$

Примечания: * — $p \leq 0,05$ при сравнении с данными малостажированных рабочих; ** — $p \leq 0,05$ при сравнении данных машинистов и операторов одной стажевой группы

Notes: * — $p \leq 0,05$ when compared with data from low-skilled workers; ** — $p \leq 0,05$ when compared with data from drivers and operators of the same trainee group

Таблица 2 / Table 2

Статистические показатели variability сердечного ритма у рабочих нефтехимического предприятия основных профессий в зависимости от трудового стажа

Statistical indicators of heart rate variability in workers of the petrochemical enterprise of the main professions depending on the length of service

Показатель	Операторы, трудовой стаж			Машинисты, трудовой стаж		
	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет
Математическое ожидание (M), с	$0,812 \pm 0,028$	$0,778 \pm 0,023$	$0,809 \pm 0,020$	$0,832 \pm 0,026$	$0,881 \pm 0,020$	$0,858 \pm 0,022$
Среднеквадратическое отклонение (SDNN), с	$0,054 \pm 0,005$	$0,038 \pm 0,003^*$	$0,031 \pm 0,007^*$	$0,045 \pm 0,001$	$0,061 \pm 0,003^{***}$	$0,053 \pm 0,002^{***}$
Мода распределения (Mo), с	$0,810 \pm 0,031$	$0,770 \pm 0,025$	$0,820 \pm 0,028$	$0,828 \pm 0,029$	$0,818 \pm 0,027^{**}$	$0,738 \pm 0,025^{***}$
Амплитуда моды (АМо), %	$44,6 \pm 3,34$	$53,5 \pm 5,14^*$	$64,5 \pm 2,21^*$	$52,9 \pm 3,79^{**}$	$38,9 \pm 3,55^{***}$	$53,9 \pm 6,81^{**}$
Вариационный размах (ΔX), с	$0,268 \pm 0,021$	$0,192 \pm 0,023^*$	$0,151 \pm 0,017^*$	$0,235 \pm 0,043$	$0,293 \pm 0,086^{***}$	$0,275 \pm 0,055^{**}$

Примечания: * — $p \leq 0,05$ при сравнении с данными малостажированных рабочих; ** — $p \leq 0,05$ при сравнении данных машинистов и операторов одной стажевой группы

Notes: * — $p \leq 0,05$ when compared with data from low-skilled workers; ** — $p \leq 0,05$ when compared with data from drivers and operators of the same trainee group.

показатель относительно малостажированных машинистов снижался в 1,3 раза с $250,4 \pm 3,87$ усл. ед. до $196,1 \pm 1,39$ усл. ед. ($p \leq 0,05$).

Важной характеристикой вегетативной регуляции физиологическими функциями является оценка активности центрального и автономного контуров регуляции. Интеграция и гармоничная координация двух уровней ритмогенеза обеспечивает надежность и функциональное совершенство регуляторных систем физиологических функций [1,7,11].

У операторов с увеличением трудового стажа отмечена дезорганизация в межсистемных вегетативных влияниях автономного и центрального контура регуляции физиологическими функциями. Это подтверждается увеличением в 1,4 раза у высокостажированных операторов относительно данных малостажированных операторов показателя адекватности процессов регуляции, который отражает недостаточность централизации в вегетативной регуляции, и увеличение вегетативного показателя регуляции в 1,7 раза, свидетельствующего о снижении активности автономного контура регуляции. У машинистов, напротив, при увеличении трудового стажа установлено снижение активности центрального контура регуляции, что подтверждается незначительным увеличением ПАПР от $65,3 \pm 2,15$ усл. ед. до $73,1 \pm 1,05$ усл. ед. ($p \geq 0,05$), на фоне усиления автономного контура регуляции, о чем свидетельствует снижение ВПР с $5,81 \pm 0,05$ до $4,91 \pm 0,03$ усл. ед. ($p \leq 0,05$).

Располаганность регуляторных процессов приводила к истощению функциональных резервов и снижению адаптационных возможностей у высокостажированных операторов. Анализ данных свидетельствует о том, что индекс напряжения регуляторных систем достоверно увеличивался у высокостажированных операторов до $525,4 \pm 1,17$ усл. ед. при данных $203,2 \pm 79,9$ усл. ед. у низкостажированных операторов ($p \leq 0,05$).

У машинистов индекс напряжения регуляторных систем был практически на одном уровне и составлял у малостажированных рабочих $177,2 \pm 32,6$ усл. ед. при данных $197,4 \pm 58,5$ усл. ед. у высокостажированных рабочих этой профессиональной группы ($p \geq 0,05$). В связи с этим, при увеличении трудового стажа среди операторов практиче-

ски в 2,5 раза увеличилось число рабочих с неудовлетворительным уровнем адаптации, тогда как среди машинистов удельный вес лиц с таким уровнем биологической адаптации практически не изменился и составлял от 5,8% среди высокостажированных машинистов до 8,3% среди малостажированных машинистов (табл. 3).

У большинства рабочих во всех стажевых группах установлено напряжение механизмов адаптации, удельный вес которых составил среди операторов и машинистов 37,1% и 25,0% в группе малостажированных рабочих; 36,8% и 81,7% в группе среднестажированных рабочих и 31,4% и 29,4% в группе высокостажированных рабочих.

Функционирование организма в режиме напряжения свидетельствует о становлении адаптационной системы к факторам, воздействующим на организм рабочих, при этом реализуются не самые эффективные и экономные механизмы регуляции [1,7], что в целом может отражаться на общей работоспособности организма рабочего. По всей вероятности, это и объясняет тот факт, что большинство рабочих основных профессий нефтехимического предприятия имели работоспособность на уровне нижней границы нормы (табл. 4), т. е. у рабочих при этом состоянии наблюдалось снижение скорости выполнения простых задач в пределах 10–20%. Увеличивалось время выполнения задания и количество допускаемых ошибок. Сложные элементы деятельности при этом выполнялись в полном объеме и без ошибок, но снижались косвенные психофизиологические показатели операторской деятельности, которые относятся к простым элементам — увеличение на 10% простой зрительно-моторной реакции с одновременным увеличением ее дисперсии на 25%, что свидетельствует о снижении внимания [4].

Незначительно сниженный уровень работоспособности был зарегистрирован у 56,5% операторов и у 70% машинистов среди малостажированных рабочих; среди 35,5% и 49,9% среднестажированных рабочих и среди 57,8% и 40% высокостажированных рабочих, соответственно. Среди операторов установлена тенденция к увеличению удельного веса рабочих с нормальным уровнем работоспособности с 8,7% среди малостажированных до 21,1% среди высокостажированных рабочих, что связано с тренированностью

Таблица 3 / Table 3

Распределение рабочих нефтехимического предприятия в зависимости от уровня биологической адаптации, %
Distribution of petrochemical plant workers depending on the level of biological adaptation, %

Уровень биологической адаптации	Операторы, трудовой стаж			Машинисты, трудовой стаж		
	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет
Удовлетворительный	28,6	36,8	27,4	–	11,1	1,0
Напряжение	37,1	36,8	31,4	25	81,7	29,4
Неудовлетворительный	5,7	21,0	13,8	8,3	7,2	5,8
Срыв	28,6	5,4	27,4	66,7	–	23,4

Таблица 4 / Table 4

Распределение рабочих нефтехимического предприятия основных профессий в зависимости от уровня работоспособности, %

Distribution of workers of the petrochemical enterprise of the main professions depending on the level of efficiency, %

Уровень работоспособности	Операторы, трудовой стаж			Машинисты, трудовой стаж		
	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет	≤5 лет	6–10 лет	≥11 лет
Нормальный	8,7	16,1	21,1	10	16,7	6,7
Незначительно сниженный	56,5	35,5	57,8	70	49,9	40
Сниженный	34,8	41,9	21,1	20	33,4	46,6
Существенно сниженный	–	6,5	–	–	–	6,7

нервных процессов и развитию долгосрочной адаптации на фоне выработки профессиональной надежности.

Выводы:

1. С увеличением трудового стажа у операторов нефтехимического предприятия изменились показатели функционального состояния организма, о чем свидетельствует уменьшение времени простой зрительно-моторной реакции в 1,5 раза, увеличение показателей симпатической активности вегетативной нервной системы в 1,7 раза, а также увеличение в 1,4 раза показателя адекватности процессов регуляции на фоне повышения в 1,7 раза вегетативного показателя ритма, характеризующих усиление дезорганизации в межсистемных взаимодействиях центрального и автономного контура регуляции физиологическими функциями.

2. У машинистов с увеличением трудового стажа отмечалось увеличение показателей парасимпатической активности вегетативной нервной системы в 1,3 раза, а также увеличение вегетативного показателя регуляции в 1,2 раза, что свидетельствует об усилении автономного контура регуляции физиологическими функциями.

2. У рабочих основных профессий нефтехимического предприятия с увеличением трудового стажа отмечалось развитие долгосрочной адаптации на фоне выработки профессиональной надежности, что подтверждается снижением в 1,5–2 раза числа рабочих с неудовлетворительным уровнем адаптации и увеличением в 1,5 раза операторов и машинистов с нормальным уровнем работоспособности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин А.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации. *Вестник аритмологии*. 2001; 24: 65–87.
2. Сетко Н.П., Сетко А.Г., Назмеев М.А., Лутошкина А.С. Методические подходы к оценке функционального состояния органов и систем работающих при прогнозировании индивидуального профессионального риска. *Охрана труда и техника безопасности в учреждениях здравоохранения*. 2012; 1: 33–7.
3. Мовергоз С.В., Сетко Н.П., Булычева Е.В. Оценка профессиональных рисков здоровью операторов нефтехимического производства и их физиолого-гигиеническая обусловленность. *Гигиена и санитария*. 2016; 10 (95): 1002–7.
4. Мороз М.П. *Экспресс-диагностика работоспособности и функционального состояния человека*. М.П. Мороз. СПб.: ИМАТОН; 2001.
5. Игишева А.Н. Галеев А.Р. *Комплекс ORTO-expert как компонент здоровьесберегающих технологий в образовательных учреждениях*. Методическое руководство. Кемерово; 2003.
6. Зайцев В.М., Лифляндский В.Г., Маринкин В.И. *Прикладная медицинская статистика: учеб. пособие*. СПб.: Фолиант; 2006.
7. Покровский В.М. *Формирование ритма сердца в организме человека и животных*. Краснодар: Изд-во «Кубань-Книга»; 2007.
8. Картапольцева Н.В. Общие закономерности поражения центральной и периферической нервной системы при действии

физических факторов (локальной вибрации и шума) на организм работающих. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012; 2–1: 40–4.

9. Погонишева И. А., Погонишев Д.А., Крылова А.А. Влияние шума на психофизиологические параметры и работоспособность организма человека. *Вестник НВГУ*. 2015; 1: 87–93.

10. Решетников М.М., Баранов Ю.А., Мухин А.П., Чермыкин С.В. Психофизиологические аспекты состояния, поведения и деятельности людей в очагах стихийных бедствий и катастроф. *Военно-медицинский журнал*. 1991; 9: 11–6.

11. Яхно Н.Н., Штульман Д.Р., Мельничук П.В. и др. *Болезни нервной системы. руководство для врачей*. М.: Медицина; 1995.

REFERENCES

1. Baevsky R.M., Ivanov G.G., Chireikin L.V. et al. Analysis of heart rate variability with the use of various electrocardiographic systems: methodical recommendations. *Vestnik aritmologii*. 2001; 24: 65–87 (in Russian).
2. Setko N.P., Setko A.G., Nasmiev M.A., Lutoshkina A.S. Methodical approaches to the assessment of the functional state of organs and systems working in predicting individual occupational. *Okhrana truda i tekhnika bezopasnosti v uchrezhdeniyakh zdравookhraneniya*. 2012; 1: 33–7 (in Russian).
3. Movergoz S.V., Setko N.P., Bulycheva E.V. Assessment of occupational health risks of petrochemical operators and their physiological and hygienic conditionality. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 10 (95): 1002–7 (in Russian).
4. Moroz M.P. *Express diagnostics of the working capacity and functional state of a person*. M.P. Moroz. SPb.: IMATON; 2001 (in Russian).
5. Igisheva L.N., Galeev A.R. *Complex ORTO-expert as a component of health-saving technologies in educational institutions. Methodical guidance*. Kemerovo; 2003 (in Russian).
6. Zaitsev V.M., Lifyandsky V.G., Marinkin V.I. *Applied Medical Statistics: Textbook*. Benefit. St. Petersburg: Foliant; 2006.
7. Pokrovsky V.M. *Formation of the rhythm of the heart in the human body and animals*. Krasnodar: Publishing house “Kuban-Kniga”, 2007 (in Russian).
8. Kartapoltseva N.V. The general laws of the lesion of the central and peripheral nervous system under the action of physical factors (local vibration and noise) on the working organism. *Acta Biomedica Scientifica*. 2012; 2–1: 40–4 (in Russian).
9. Pogonysheva I.A., Pogonyshev D.A., Krylova A.A. The influence of noise on psychophysiological parameters and the capacity of the human body. *Vestnik NVNGU*. 2015; 1: 87–93 (in Russian).
10. Reshetnikov M.M., Baranov Yu.A., Mukhin A.P., Chermiykin S.V. Psychophysiological aspects of the state, behavior and activity of people in the outbreaks of natural disasters and catastrophes. *Voенно-meditsinskij zhurnal*. 1991; 9: 11–6 (in Russian).
11. Yakhno N.N., Shtulman D.R., Melnichuk P.V. et al. *Diseases of the nervous system. a guide for doctors*. M.: Meditsina; 1995 (in Russian).

Дата поступления / Received: 18.04.2018

Дата принятия к печати / Accepted: 19.12.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

Survey on an acute occupational poisoning event caused by simple asphyxiating gas

Hunan Prevention and Treatment Institute for Occupational Diseases, 162, Xinjianxi Road, Changsha, People's Republic of China, 410007

Objective. To provide a basis for the effective prevention of the same type of poisoning events through analyzing the causes of an occupational acute simple asphyxiating gas poisoning incident.

Method. Descriptive epidemiological method was used to investigate the related personnel of the poisoning incident, detect poisonous and harmful gases in the air of the scene, and collect and analyze the clinical data of patients.

Result. The poisoning incident led to 1 death and 2 poisoning. All of them were male. The dead patient was 38 years old, and two injured patients were 37 and 31 years old, respectively. The day after the accident, the contents of phenol, toluene, hydrochloric acid and oxygen were determined in the reactor where the accident occurred. The results showed that the maximum concentration of phenol, toluene and hydrochloric acid (CM) was 0/m³, which did not exceed the occupational exposure limit of harmful factors in the workplace stipulated by GBZ2.1–2007. Also, the oxygen content was 10.0%, which was lower than the oxygen content in normal air.

Conclusion. This is an acute simple asphyxiating gas poisoning incident caused by the employing unit managers and operators' weak awareness of occupational hygiene and safe operation. The employing unit managers and operators should strengthen occupational safety training, strictly implement the occupational health management system, and prevent such incidents.

Key words: gas poisoning; asphyxia; occupational safety

For citation: Lei Huang, Yan Lai, Yimei Yang. Survey on an acute occupational poisoning event caused by simple asphyxiating gas. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-30-33>

For correspondence: Yan Lai, associate chief physician; research field: occupational poisoning. E-mail: 5061392@qq.com

Funding. The study had no funding.

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

Лей Хуан, Ян Лай, Йимей Ян

Исследование случая острой асфиксии при отравлении парами химических веществ на производстве

Хунаньский институт профилактики и лечения профессиональных заболеваний Китай, шоссе Синьджаньси, г. Чанша, Китайская Народная Республика, 410007

Цель исследования — разработать основы эффективного предупреждения типичных интоксикаций путем анализа причин несчастного случая на производстве — острой асфиксии (гипоксии).

Методы. Использован описательный эпидемиологический метод для исследования случая отравления персонала, определения вредных веществ в воздухе на рабочем месте, сбора и анализа данных клинического обследования пострадавших.

Результаты. Три случая острой интоксикации произошли на частном предприятии по производству эпоксидных смол. После автоматической выгрузки продукта химической реакции (2 т фенола + 1,5 т дихлорбензола + 0,3 т толуола + соляная кислота) из реактора, чистки жидких остатков струей воды и вытеснения токсичных паров газообразным азотом, реактор был открыт для проведения внутри необходимых ручных работ персоналом. Сразу после входа в резервуар работники потеряли сознание и были извлечены из резервуара только через 40–50 минут. Двое пострадавших (37 и 31 года) выжили. Химический анализ воздуха в реакторе через сутки после инцидента показал отсутствие фенола, толуола и соляной кислоты и низкое (10%) содержание кислорода.

Заключение. Случай острого отравления (асфиксии) вызван слабой подготовкой руководства и операторов в области гигиены труда и безопасной эксплуатации оборудования. Работодателям и операторам необходимо пройти надлежащее обучение по вопросам производственной безопасности, внедрять систему управления здравоохранением на производстве для предупреждения подобных случаев.

Ключевые слова: отравление парами, асфиксия, производственная безопасность

Для цитирования: Лей Хуан, Ян Лай, Йимей Ян. Исследование случая острой асфиксии при отравлении парами химических веществ на производстве. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-30-33>

Для корреспонденции: Ян Лай, зам. гл. врача; область исследований: профессиональные отравления. E-mail: 5061392@qq.com

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction. On May 22, 2019, National Health Commission of the People's Republic of China issued the Statistical Bulletin on the Development of Health Careers in China in 2018. According to the report, by the end of 2018, 23497 new

cases of occupational diseases were reported in China in 2018, including 1333 cases of occupational chemical poisoning [1]. Occupational poisoning refers to the state of illness caused by the direct and long-term effects of pathogenic substances in

the production environment and the process of labor, which can damage the body function, structure and even cause death. In December 2013, the Classification and Catalogue of Occupational Diseases was revised. There were 132 kinds of legal occupational diseases in 10 categories and 60 kinds of occupational poisoning. Particular attention is paid to the fact that the vast majority of acute and fatal occupational diseases are concentrated in these diseases. In recent years, occupational poisoning incidents occur from time to time. The incidence of occupational poisoning is second only to that of occupational pneumoconiosis, other respiratory diseases and occupational diseases of ear, nose, throat and mouth. Occupational poisoning is caused by many factors. Limited space operation is one of the important factors [2]. With the development of China's economy and the continuous improvement of science and technology, limited space has been widespread in various fields of the development of modern society, such as all kinds of tanks, containers, sewer wells, underground pits, pipelines and so on [3]. Operating in limited space is a very dangerous job. A slight carelessness may lead to safety accidents, resulting in incalculable casualties and economic losses. In February 2019, an acute simple asphyxiating gas poisoning incident occurred in a county of Yueyang City, Hunan Province, which resulted in poisoning of three workers at the scene, one of whom died. Based on the occupational epidemiological investigation, clinical manifestations and laboratory test results, it is indicated that this is an acute simple asphyxiating gas poisoning event caused by hypoxia in limited space operation. The results of the survey are reported below.

1. Object and Method

Subjects of investigation

Relevant personnel of this poisoning incident include the person in charge of the enterprise and witnesses at the scene of the accident, the poisoned patients and their families, the local medical workers involved in the treatment and the medical staff of the poisoning Medicine Department of Hunan Prevention And Treatment Institute For Occupational Diseases

Investigation methods

Occupational epidemiological investigation was carried out on the above-mentioned subjects and the site of poisoning incidents according to the Notice on the Issuance of 15 Technical Schemes for Health Emergency Disposal of Sudden Poisoning Incidents issued by the General Office of the former Ministry of Health in 2011 (hereinafter referred to as Technical schemes).

On-site inspection

According to the test method recommended by the technical scheme, the toxic and harmful gases such as phenol, toluene and hydrochloric acid in the air of accident

site were detected by gas detection method and portable detector method. The oxygen content in reaction kettle was determined. The test results were analyzed according to «Occupational Contact Limit Value of Hazardous Factors in Workplace Part 1: Chemical Hazardous Factors» (GBZ 2.1–2007).

Clinical data

Medical records of poisoning cases were collected, including on-site treatment, clinical symptoms, signs, imaging examinations, laboratory examinations and treatment plans.

Diagnostic criteria

According to the General Principles for the Diagnosis of Occupational Acute Chemical Poisoning (GBZ 71–2013) and the Diagnostic Criteria for Respiratory Diseases of Occupational Acute Chemical Poisoning (GBZ 73–2009), the patients with poisoning were diagnosed.

2. Result

2.1. Overview of events

The accident happened in a county of Yueyang City, Hunan Province. Private high-tech enterprises, put into operation in March 2009, mainly produce epoxy resin. On February 20, 2019, a maintenance worker fainted in the reactor. Two workmates fainted in the reactor one after another when rescuing on the spot. After receiving the report, firefighters rescued three people from the reactor. Finally, one worker died before arriving at the hospital and two poisoned workers were sent to local hospitals for treatment. Two poisoned workers were transferred to the Poisoning Medicine Department of Hunan Prevention and Treatment Institute For Occupational Diseases after rescue in local hospitals. According to the General Principles for Diagnosis of Occupational Acute Chemical Poisoning (GBZ 71–2013) and the Diagnostic Criteria for Respiratory Diseases of Occupational Acute Chemical Poisoning (GBZ 73–2009), the two poisoned workers were diagnosed as acute occupational asphyxiating gas poisoning.

2.2. Epidemiological Survey

2.2.1. *Technological process and On-site environmental investigation*

Main process flow: 2000kg phenol (concentration unknown) + 1500 kg dichlorobenzyl + 300kg toluene (concentration unknown, mainly plays a catalytic role, evaporation after heating), mixed in the reactor heated to 100 C, the product is epoxy curing agent + hydrochloric acid. The reactor has a diameter of 2 meters, a height of 3 meters, an oval top, a man-hole of 40 cm x 60 cm, a nitrogen pipeline on the opposite side, no lighting facilities and no forced ventilation equipment. The reactor is washed regularly at ordinary times, and the time of water flushing and nitrogen replacement is more than 24 hours. Investigators arrived at the poisoning site the next

Table / Таблица

Detailed results

Подробные результаты

Toxic species	Detection result	Occupational exposure limits for hazardous factors in the workplace (PC-STEL ^a), mg/m ³	
		Occupational exposure limits for hazardous factors in the workplace (MAC ^b), mg/m ³	
Phenol	0	10 (skin)	–
Toluene	0	50	100
Hydrochloric acid	0	–	7.5
Oxygen content, %	10	–	–

Test results of chemical poisons at bottom of reactor

Note: a. The allowable concentration of short-term contact, i.e. the allowable concentration of short-term contact (15 minutes) under the premise of PC-TWA compliance; b. the maximum allowable concentration, i.e. the concentration of toxic chemicals at the workplace, within a working day and at any time, should not exceed; and «–» means that there is no corresponding standard

day to investigate the situation, including reactor ventilation measures, production process and other related information, and determine the concentration of oxygen, phenol, toluene and hydrochloric acid in the reactor. On-site investigation: the reactor is dry without liquid residue. On-site air detection at the bottom of the reactor: the concentration of phenol, toluene and hydrochloric acid was within the normal range. Oxygen content was 10.0% detected in the field. There was no stipulated oxygen content in the exposure limit of harmful factors in domestic workplace. Oxygen content in normal air was 20.93% (table).

2.2.2. Event Course.

On February 17, 2019, the reactor stopped working after releasing the product. The manhole was not opened. Due to the damage of the temperature monitor of the reactor, on February 20, the repairman opened the manhole to flush the residual liquid and gas in the reactor with water. The cleaning time was about 30 minutes. Then the reactor was continuously purged by nitrogen replacement to replace the toxic gas. On February 20, the replacement time was about 6 hours. After replacement, the residual liquid and gas were not detected, oxygen content and concentration of toxic and harmful substances were not detected. The maintenance worker fainted immediately after entering the reactor from manhole. After fainting for more than ten minutes, the workers on the side found that, then the first worker immediately went down to rescue and immediately fainted in the reactor. Then, the second worker entered the reactor with a filter respirator (no air respirator), immediately lost consciousness after entering the reactor floor. 40 minutes later, three workers were rescued by firefighters.

2.2.3. Treatment of patients.

After being rescued from the reactor, the maintenance worker had no vital signs and died. The other two workers were in a shallow coma. They were sent to a nearby hospital for emergency treatment with «cause of consciousness disorder». The examination results indicated that they were hypoxemia and were given symptomatic treatment such as oxygen therapy and brain nursing. Ten hours after the accident, two workers were transferred by ambulance to the Poisoning Medicine Department of Hunan Prevention And Treatment Center For Occupational Diseases. Two workers were hospitalized with “40 minutes of consciousness disturbance, fatigue, dizziness and headache for 10 hours”. On admission physical examination, both patients recovered from consciousness disorder, but showed signs of fatigue, dizziness and headache with central nervous system injury. Examination: blood gas analysis, partial oxygen pressure 69.00 mmHg, 74.00 mmHg. Methemoglobin was normal, myocardial enzymes, electrolytes and coagulation function were normal, and electrocardiogram was normal. Head CT+Lung CT: Brain Edema? Please combine clinical and review. In the early stage, it is impossible to determine whether there are phenol, toluene and hydrochloric acid residues in the reactor. Chemical phenol, hydrochloric acid burns and irritant gas poisoning are not excluded. Immediately bathing and changing clothes to remove toxic residues, high flow oxygen therapy, prevention of brain edema, prevention of pulmonary edema, prevention of secondary infections, maintenance of water and electrolyte balance, and promotion of brain cell recovery. After 14 days of active treatment in our department, the clinical symptoms of the two patients recovered, and the cranial CT and blood gas analysis returned to normal. Arrange discharge. According to the fact that two poisoned patients had the chance of simple asphyxiating gas contact, the clinical manifestation of central nervous system damage appeared in a short time, and the oxy-

gen content of air sampling in poisoning site decreased. The diagnosis was simple asphyxiating gas poisoning.

3. Analysis of Accident Causes.

According to the accident scene investigation and the poison contact history of three patients, it can be considered that this is an acute occupational poisoning accident which resulted in 1 death and 2 injuries caused by simple asphyxiating gas poisoning due to violation of safety production operation rules in the production process. The causes of the accident were analyzed as follows: (1) The reactor was washed with water and replaced with nitrogen. Nitrogen was a simple asphyxiating gas, which could significantly reduce the oxygen content in the reactor. When the oxygen content in the air dropped below 16%, people would have hypoxia symptoms; when the oxygen content dropped below 10%, people would have different degrees of consciousness disorder or even death. Sudden death may occur when the content is below 6%. The enterprise cleans regularly, and the time of water flushing and nitrogen replacement is more than 24 hours. According to GB-30871, after cleaning or replacement, good air circulation should be maintained in the confined space, and natural ventilation should be carried out by opening manholes, hand holes, material holes, air doors, smoke doors and other facilities connected with the atmosphere. When necessary, forced ventilation or duct air supply should be adopted. Before duct air supply, the medium and air source in duct should be analyzed and confirmed. Within 30 minutes before the operation, gas analysis should be carried out in the reactor. Only after qualified analysis can the reactor enter. Workers entering confined space should take individual protective measures; for confined space where harmful substances may be released, continuous monitoring should be carried out; when abnormal conditions occur, operations should be stopped immediately, all person should be evacuated, on-site treatment should be carried out, and operations can be resumed only after qualified analysis. There should be special guardianship outside the confined space, and guardians should not leave during the operation; when working in the confined space with greater risk, there should be additional guardians and keep in touch with the operators in the confined space at any time [4]. On-site rescue should first ensure the safety of staff, and on-site rescue and investigation work requires more than two people to cooperate. Entering severe hypoxic environment (such as coma/death cases or dead animals, or rapid on-site detection of oxygen content below 18%) requires the use of self-contained air breathing apparatus (SCBA) and the wearing of oxygen gas alarms; seat belts (ropes) must be fastened and communication tools carried. In this accident: the reactor of the enterprise is closed type, and the natural ventilation with single hole is adopted after replacement. On the day of the accident, the replacement time is shortened from 24 hours to about 6 hours. The natural ventilation in the reactor is insufficient, and there is no mechanical ventilation device. Before the workers work, there is no individual protective measures. The oxygen content and toxic and harmful gas content in the reactor are not detected. The first worker was found after fainting for more than ten minutes and died after missing the golden time for treatment. The second and third workers in the field were rescuing blindly under known dangerous environment. Company leaders and on-duty employees lack awareness of the hazards of limited space operations, and the company has not formulated specific operating procedures for limited space operations. Enterprises do not have a Permit for Entry into the Internal Work of Equipment. Workers fail to comply with the company's Employee Safety Code.

4. Corrective action.

Based on the accident scene investigation and Law of the People's Republic of China on Prevention and Control of Occupational Diseases, the following rectification measures are proposed for the company:

1. Establish and improve the occupational safety, hygiene management system and specific operating rules to regulate workers' operating behavior.

2. Formulating emergency rescue plans for accidents. Emergency rescue facilities were equipped. According to the law, effective occupational disease protection facilities and personal protective equipment that meet the requirements of occupational disease prevention and control must be provided.

3. In accordance with the law, warning signs and warning instructions in Chinese should be set up in the conspicuous positions of the working posts.

4. Employees should be trained in occupational safety and hygiene according to law to popularize occupational safety and hygiene knowledge. They should be taught to strictly abide by the rules of occupational safety and hygiene management and operating. Before entering the airtight pipelines and containers, make sure that the air was ventilated sufficiently, the oxygen content in the air was determined, air respirators were

worn and was guarded by concerned person to prevent similar accidents [5].

REFERENCES

1. National health commission of the people's republic of china. Statistical Bulletin on the Development of Health Careers in China 2018.

2. Pulili Yinye Ji Xiaodong, Four Malignant Events of Acute Occupational Continuous Poisoning in Limited Space Work. Occupational Health and Emergency Rescue, Feb. 2013 Vol. 31.

3. Zhou Xingfan, Yang Feng, Guo Ling. Analysis and Prevention Suggestions on Poisoning and Asphyxia Accidents in Limited Space Operation in China from 2014 to 2015[J]. Environmental and Occupational Medicine, 2018, 35(8):735–740.

4. Specification for GB-30871 restricted Space Operation of China National Standardization Administration Commission.

5. Chen Nianhui. An investigation report on a nitrogen poisoning accident [J]. Occupation and Health, 2007 (04): 258.

Received / Дата поступления: 23.10.2019

Accepted / Дата принятия к печати: 02.12.2019

Published / Дата публикации: 24.01.2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-34-39>

УДК 331.44+615.851.83

© Коллектив авторов, 2020

Иванов И.В.^{1,2,3}, Калинин Л.А.³, Готадзе И.И.³, Джержения С.Л.¹, Морозова Т.В.¹, Семенцов В.Н.^{1,3}, Юшкова О.И.³

Послетрудовая реабилитация с использованием спортивно-игровой модели в условиях гиподинамии

¹ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, ул. Трубецкая, 8/2, Москва, Россия, 119991;

²ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России, ул. Лесопарковая, 4, Санкт-Петербург, Россия, 195043;

³ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275

При длительной работе в малоподвижных условиях на организм человека оказывают неблагоприятное влияние фактор гиподинамии. В связи с этим большие контингенты трудящихся и учащейся молодежи нуждаются в послетрудовой реабилитации, основанной, в первую очередь, на повышении уровня двигательной активности. При использовании существующих тренажеров сталкиваются с их недостаточной мотивационной составляющей.

Цель исследования состояла в обосновании актуальности разработки тренажеров «психофизического сопряжения». Динамика функционального статуса обследованных лиц после использования тренажеров свидетельствует об эффективности их применения в процессе послетрудовой реабилитации.

Ключевые слова: условия труда работников; гиподинамия; послетрудовая реабилитация; психофизическое сопряжение; спортивно-игровые тренажеры; профессиональное здоровье

Для корреспонденции: Иванов Иван Васильевич, профессор ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России, д.м.н., проф. E-mail: ivanov-iv@yandex.ru

Для цитирования: Иванов И.В., Калинин Л.А., Готадзе И.И., Джержения С.Л., Морозова Т.В., Семенцов В.Н., Юшкова О.И. Послетрудовая реабилитация с использованием спортивно-игровой модели в условиях гиподинамии. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-34-39>

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Ivan V. Ivanov^{1,2,3}, Leonid A. Kalinkin³, Ilya I. Gotadze³, Svetlana L. Dzhergeniya¹, Tatyana V. Morozova¹, Vadim N. Sementsov^{1,3}, Olga I. Yushkova³

Post-labor rehabilitation with the use of a sports and game model for work in hypodynamic conditions

¹I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, 8/2, Trubetskaya str., Moscow, Russia, 119991;

²State Scientific Research Institute of the Military Medicine» of Defense Ministry of the Russian Federation, 4, Lesoparkovaja str., St. Petersburg, Russia, 195043;

³Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave, Moscow, Russia, 105275

When working for a long time in sedentary conditions, the human body is adversely affected by the factor of inactivity. In this regard, large groups of workers and students need post-work rehabilitation, based primarily on increasing the level of motor activity. When using existing simulators, they are faced with their insufficient motivational component.

The aim of the study was to substantiate the relevance of the development of “psychophysical coupling” simulators. The dynamics of the functional status of the examined persons after using the simulators indicates the effectiveness of their use in the process of post-work rehabilitation.

Keywords: working conditions of employees; physical inactivity; post-work rehabilitation; psychophysical coupling; sports and game simulators; professional health

For correspondence: Ivan V. Ivanov, Professor of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia, Dr. of Sci. (Med.). E-mail: ivanov-iv@yandex.ru

For citation: Ivanov I.V., Kalinkin L.A., Gotadze I.I., Djergeniya S.L., Morozova T.V., Sementzov V.N., Yushkova O.I. Post-labor rehabilitation with the use of a sports and game model for work in hypodynamic conditions. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-34-39>

Funding. The study had no funding.

Conflict of interests. The declare no conflict of interests.

Введение. В условиях реструктуризации предприятий при новых экономических отношениях система восстановительных профилакториев на производствах, в основном, ликвидирована или минимизирована. Однако необходимость реабилитации работающих после трудового процесса сохраняется. Это актуально для персонала нервно-эмоционального труда и реализуется созданием комнат отдыха, кабинетов психологической разгрузки для профилактики перенапряжения работников [1–3]. В то же время для лиц, деятельность которых характеризуется преобладанием умственного компонента в сочетании с гиподинамией необходимы другие подходы к восстановлению функционального состояния [4–6], а разрабатываемые методы послетрудовой реабилитации (ПТР) в современных условиях требуют совершенствования как в мотивационном аспекте, так и в технических вариантах их исполнения. Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования методов сохранения профессионального здоровья у персонала с гиподинамическим профилем деятельности.

Наиболее серьезным последствием трудовой деятельности в условиях гиподинамии является снижение работоспособности головного мозга. Это сопровождается соматическими проявлениями — связанные со снижением поступления кислорода к мозгу головные боли, сонливость, отклонения в костно-мышечной системе (проявления остеохондроза позвоночника и нарушения осанки, снижение тонуса мышц ног) [4,7]. Гиподинамия — прямой путь к нарушению репродуктивной функции человека, особенно выраженному у женщин (избыточная масса тела, нарушение кровообращения в малом тазу, провоцирующая снижение выработки женских гормонов, нарушение менструального цикла).

В 2015 г. в плане мероприятий Минздрава России совместно со Всероссийской торгово-промышленной палатой было предложено обеспечить условия для здорового образа жизни на рабочем месте, что подразумевало, в первую очередь, создание условий для проведения эффективной послетрудовой реабилитации. Термин «послетрудовая реабилитация» широко использовался в 80–90 годах прошлого столетия и в последующие годы [8], когда на промышленных предприятиях и в учебных заведениях внедрялись физкультурминутки, проектировались и строились производственные «оздоровительные центры», включающие в себя блоки психологической разгрузки, методы и средства водно-воздушно-термального и иного лечебно-профилактического воздействия на организм утомленного человека. Послетрудовая реабилитация включала в себя комплекс мероприятий по восстановлению функционального состояния организма работника и нивелированию профессиональных вредностей. Считалось, что оздоровительно-восстановительные мероприятия должны проводиться после трудовой смены или даже в режиме труда, вблизи от рабочих мест, по индивидуальным программам — в условиях «обогащенной технической среды» — центров ПТР [9]. С целью повышения производительности труда и увеличения прибыли использовались критерии оценки целесообразности проведения физкультурно-оздоровительной работы на промышленном предприятии. В частности, использовался опыт некоторых американских компаний, а также опыт японских специалистов по охране труда.

В настоящих условиях широко распространены тренажеры нагрузочного или разгрузочного характера и доказана их эффективность [3–5, 8]. Важным стимулом для распространения идеи ПТР стали исследования, проведенные на космических станциях [10,11]. Для сохранения

структуры костно-мышечной системы, работоспособности сердечно-сосудистой и дыхательной систем космонавтам приходится ежедневно по 2–3 часа в сутки выполнять нагрузку на «беговой дорожке», установленной на борту станции, а также заниматься силовыми упражнениями. В современных условиях процесс ПТР требует создания новых тренажеров и модификации существующих на основе как совершенствования технических возможностей, так и с учетом новых знаний в области физиологии упражнений и повышения мотивации к их выполнению.

Цель исследования — обосновать актуальность разработки тренажеров на принципе «психофизического сопряжения» для послетрудовой реабилитации работающих лиц.

Материалы и методы. Использованы аналитический метод, схемное моделирование новых тренажерных устройств и оценка их оздоровительных возможностей.

Исследованием были охвачены 4 группы лиц: 1-я — инженерно-технические работники (инженеры-конструкторы, технологи, сотрудники отделов и др.), практически здоровые, 2-я — те же инженерно-технические работники, что и в группе 1, но с избыточной массой тела; 3-я — инженерно-технические работники, работающие в условиях повышенных психоэмоциональных нагрузок (мастер участка, начальники отделов, цехов и др.) практически здоровые, 4-я — те же что в группе 3, но с избыточной массой тела. Группы обследуемых составляли мужчины и женщины от 31 до 56 лет в сопоставимых долях. Индекс массы тела (ИМТ) в группах 1 и 3—21,5–24, кг/м², в группах 2 и 4—26,3–29,9 кг/м² (избыточная масса тела). В ходе исследования у сотрудников оценивалась также выраженность мышечной массы и доля жировой ткани.

Для изучения функционального статуса у лиц, занимавшихся в цеховом оздоровительном комплексе до и после использования тренажеров психофизического сопряжения регистрировались уровень физического состояния (УФС) по Е.А. Пироговой (усл. ед.) [12], PWC–170 (кг*м/мин), частота сердечных сокращений и отношение зубцов P/T на электрокардиограмме (ЭКГ) (%). При использовании спортивно-игровых тренажеров «Трек», «Теннис» физические нагрузки составляли 35–50% от должного максимального потребления кислорода (ДМПК) по Б.П. Преварскому, ЧСС достигала 120–140 уд./мин. Тренировки на тренажерах во всех группах проводились по 15 минут в день в течение 4 недель.

Результаты и обсуждение. За последнее десятилетие прослежен путь развития и видоизменения устройств, используемых человеком для тренировки различных двигательных качеств, конструктивные особенности различных тренажерных устройств и функциональные характеристики различных силовых приводов, используемых для задания специфичной нагрузки. В результате установлено, что наиболее эффективны спортивно-игровые тренажеры, основанные на принципах игровой деятельности и так называемого «психофизического сопряжения».

В психологии и психофизиологии существует значительное количество методик и технических изделий, позволяющих оценить психическое состояние человека [7]. В то же время, например, в спортивной медицине существуют технологии и изделия, позволяющие получить информацию о физическом статусе человеческого организма. В частности, существуют тесты на оценку общей выносливости, силы, силовой выносливости, скоростно-силовых качеств и других параметров деятельности организма человека, выполняющего комплексные (физические и психические) нагрузки [12].

Однако получить информацию о том, как сопрягаются эти два процесса — психический и физический, тем более дать оценку уровня такого сопряжения — сложная задача. В ходе поисковых исследований была создана аппаратура и реально работающие технологии для прямой и косвенной оценки уровня психофизического сопряжения (ПФС), формируемого в человеческом организме.

В конце прошлого века огромный интерес у молодежи и у взрослых вызвали игровые приставки Sega, Nintendo, Dendy. К сожалению, они были направлены лишь на развитие мелкой сенсомоторики и увеличивали время пребывания человека в состоянии общей гиподинамии. Первые стационарные изделия для комплексной оценки уровня психофизического сопряжения были изготовлены на предприятии «Горизонт» (г. Ростов-на-Дону) и прошли апробацию в Ростовском мединституте. Модельные методики прямой оценки уровня психофизического сопряжения использованы С.А. Семеновой [8]. На этой основе были созданы первые тренажеры психофизического сопряжения. Первоначально было спроектировано тренажерное изделие «Морской бой» — видеомонитор с игровой ситуацией, сопряженный с велотренажером. Суть этого изобретения — изначально создаваемое очень быстрое движение корабля на видеомониторе уменьшалось человеком путем вращения педалей нагрузочного устройства — велотренажера до скорости возможного поражения морского объекта. Это был вариант игрового тренажера и одновременно устройства для психологических исследований процесса психофизического сопряжения. Такого типа тренажеры были установлены и использовались в оздоровительных комплексах предприятия «Ростсельмаш» и вертолетного завода в г. Ростов-на-Дону [6,9].

В последующем в России было получено авторское свидетельство на один из первых в мире спортивно-игровых тренажеров СИТАК (спортивно-игровой тренажер-автомат Калинкиных) [13]. Малой серией он был выпущен НПО «Бином» (г. Орджоникидзе, Владикавказ). Этот тренажер позволял моделировать спортивные игры — футбол, теннис, сквош — на новых, запатентованных в России устройствах. Занятия на этом комплексе должны

осуществляться после длительной гиподинамии — работы на компьютере или занятий в учебном заведении по информатике и программированию. Авторы изобретения были награждены золотой медалью ВДНХ. Соревновательный элемент придавал работе на этих тренажерах эмоциональный настрой, позволяющий относительно легко справляться с предлагаемой физической нагрузкой в течение 10–15 минут при лучших психофизических показателях, чем при работе на обычных тренажерах.

Через некоторое время появились зарубежные аналоги и началась создание тренажерной техники, в которой конструкция игровых изделий основывалась на спортивно-медицинском принципе «психофизического сопряжения». Эти изделия были интересны потребителям разного возраста — школьникам, студентам, а также лицам, в трудовой деятельности которых присутствовали гиподинамические факторы.

Устройства А, Б состояли из телевизионного дисплея, электронной приставки и нагрузочного блока в виде усовершенствованных «дисков здоровья» с датчиками, регистрирующими параметры движения человека при «игре» в футбол, сквош (игра с мячом и ракеткой в закрытом помещении-корте), теннис. Создаваемая на экране модельная спортивно-игровая ситуация автоматически менялась в соответствии с изменением параметров движения человека, что позволяло получить за время систематической тренировки выраженный эффект улучшения показателей функционального состояния организма (таблица).

При экспериментальной оценке эффективности таких тренажеров установлено, что изменения показателей теста САН (Самочувствие, Активность, Настроение) отличались при 15-минутной игре в сквош по сравнению с соревновательной игрой такой же продолжительности в теннис). При первой игре превалировало улучшение показателей «самочувствия», при второй — «активности» при общем достаточно стабильном характере показателей «настроения». При игре в футбол существенно улучшались все три показателя теста САН. При опросе после проведенного цикла оздоровления все занимающиеся заявили об улучшении общего самочувствия.

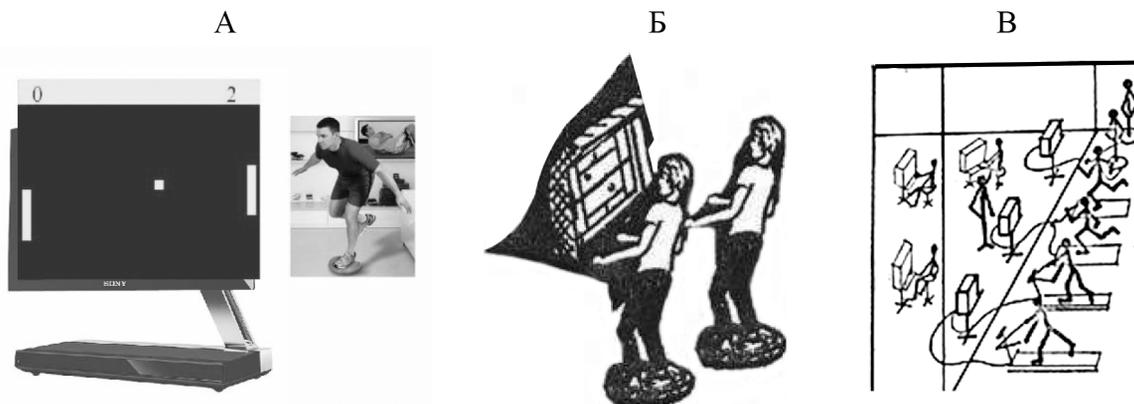


Рисунок. Типы спортивно-игровых тренажеров психофизического сопряжения: А — для одиночной игры, Б — для соревновательной игры, В — спортивно-оздоровительная игротека (слева — комната для текущего трудового процесса, справа — комната с тренажерами для физической оздоровительной нагрузки, дисплеями и блоками сопряжения).

Figure. Types of sports equipment psychophysical pairing: А — for single player game, В — for competitive gaming, V — sports game room (left room for the current labor process, to the right is a room with equipment for physical health burden, displays and interface blocks).

Динамика показателей функционального статуса у лиц, занимавшихся в цеховом оздоровительном комплексе с использованием тренажеров психофизического сопряжения ($M \pm m$)**Dynamics of indicators of the functional status of persons who were engaged in the shop health complex using simulators of psychophysical coupling ($M \pm m$)**

Группа	УФС, усл. ед.		PWC-170, кгм/мин		Отношение зубцов Р/Т на ЭКГ, %	
	до занятий	после занятий	до занятий	после занятий	до занятий	после занятий
1	0,624±0,04	0,624±0,01	610±86,9	811,3±30,8	52,3±7,2	57,5±5,8
2	0,528±0,03	0,583±0,09	563,7±92,5	772,1±63,4	50,1±6,8	55,8±4,3
3	0,587±0,03	0,598±0,02	528±73,6	758±45,3	47,3±3,1	51,6±2,9
4	0,526±0,08	0,572±0,04	475,8±69,7	661,8±53,8	43,6±7,2	48,8±6,3

Примечания: 1 — инженерно-технические работники, практически здоровые, 2 — те же инженерно-технические работники, что в группе 1, но с избыточной массой тела; 3 — инженерно-технические работники, работающие в условиях повышенных психоэмоциональных нагрузок практически здоровые, 4 — те же что в группе 3, но с избыточной массой тела.

Notes: 1 — engineering workers, healthy, 2 — the same engineering staff that in group 1, but with overweight; 3 — technical and engineering personnel working in conditions of high psycho-emotional stress healthy, 4 — the same as in group 3, but with overweight.

На современном российском рынке представлены три платформы зарубежных игровых приставок: Nintendo Wii, Microsoft Xbox 360 и SonyPlaystation [14]. На близких, но оригинальных принципах в России спроектирована комплексная спортивно-оздоровительная игротка для использования там, где трудятся лица с малоподвижной формой трудовой или учебной деятельности. Для промышленных предприятий была разработана система формирования реабилитационных мероприятий, предназначенных для центров ПТР различных уровней [9,15].

По минимальному набору вводимых данных система позволяет использовать индивидуальные программы ПТР. В ходе исследования было установлено, что применение индивидуальных (с учетом доли жировой ткани и мышечной массы) программ ПТР приводит к более выраженному улучшению состояния сердечно-сосудистой системы и повышению уровня физической работоспособности по сравнению со стандартной программой.

Входными элементами для индивидуальных программ ПТР являлись особенности профессии, психоэмоциональные компоненты труда, физиологические данные пациента, состояние его здоровья. При формировании рекомендаций используются расчетные показатели, уровень физического состояния (УФС), а также данные психологического тестирования, регламентирующие двигательный режим в процессе выполнения упражнений.

В ходе оценки эффективности оздоровительно-восстановительных мероприятий в отдельном эксперименте исследована эффективность физических нагрузок на тренажерах психофизического сопряжения по показателям снижения жировой ткани и увеличения мышечной массы. Установлено достоверное снижение жировой ткани, причем в экспериментальной группе (с использованием тренажеров психофизического сопряжения) оно было более значительным по сравнению с контрольной (использование тренажеров на основе неигровых методов). У занимающихся в экспериментальной группе жировая масса снизилась на 8%, в контрольной — на 2,4%. В экспериментальной группе отмечено увеличение на 6,3% мышечной массы, в контрольной группе достоверного увеличения мышечной массы не наблюдали.

Комплексные физиолого-эргономические исследования позволили разработать меры повышения работоспособности и профилактики заболеваний работников различных профессий, обосновать меры по оптимизации режимов труда и отдыха, коррекции функционального

состояния для предупреждения развития перенапряжения [16–20].

Представляется важным определение контингента лиц, который нуждается в занятиях на тренажерах психофизического сопряжения. Это могут быть:

1) офисные работники с малоподвижной деятельностью (программисты, операторы, бухгалтеры, кассиры) в моменты организации краткосрочного отдыха;

2) госслужащие с преимущественно интеллектуальным характером деятельности;

3) операторы станций слежения (тепловые и атомные электростанции, другие объекты РАО ЕЭС, морские, военные объекты);

4) авиадиспетчеры и другие работники управления воздушным движением;

5) операторы зон досмотра пассажиров в аэропортах, на железнодорожных вокзалах и грузов в таможенных терминалах;

6) школьники и студенты в учебных заведениях на «пятиминутках здоровья»;

7) другие лица, требующие коррекции гиподинамии (в частности, реабилитация больных в клиниках).

Актуальной проблемой для практики становится формирование путей внедрения предлагаемых тренажеров. Известно, что любые новации компьютерно-игровой индустрии позволяют национальным компаниям и организациям выйти на передовые позиции и получить экономическую выгоду. Для России это является особенно важным направлением в области импортозамещения. В настоящее время бюджет только одной зарубежной видеоигры составляет около 3 тысяч долларов. В то же время стоимость различных отечественных приставок при серийном производстве не более 300 долларов. Отличие российского подхода к экономико-организационным вопросам по сравнению с обычными технологиями состоит в более простом техническом решении без потери спортивно-развлекательного эффекта от игры, но с существенным добавлением двигательной оздоровительной физкультурно-спортивной компоненты.

Для распространения информации о новейших отечественных разработках в этой области и для расширения материально-технических возможностей предприятий и учебных заведений по проведению ПТР и активно-оздоровительной работы среди сотрудников и учащейся молодежи целесообразно построить 2–3 демонстрационные «спортивно-оздоровительные игротки» и довести их до серийного производства.

Выводы:

1. Использование спортивно-игровых тренажеров на принципе «психофизического сопряжения» повышает эффективность послетрудовой реабилитации, улучшает показатели функционального статуса организма, позволяет за более короткое время добиться увеличения мышечной массы и снизить долю жировой ткани в экспериментальной группе по сравнению с контрольной группой использования неигровых методов.

2. Спортивно-игровые тренажеры могут использоваться как самостоятельно, так и в сочетании с другими оздоровительно-восстановительными мероприятиями (массажем, гидротермопроцедуры, фитотерапия) в центрах послетрудовой реабилитации для улучшения функционального состояния организма и укрепления профессионального здоровья лиц, работающих в условиях гиподинамии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ворона А.А., Моисеев Ю.Б., Евдокимов А.В. Комнаты отдыха как новое средство восстановления функционального состояния экипажа в полете. *Военно-медицинский журнал*. 2017; 11: 77–8.

2. Ониани Х.Т., Сидорова Д.А., Юшкова О.И., Кириченко Л.В., Ленкова Н.И. Возможности комнат психологической разгрузки для работников нервно-эмоционального труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (4): 237–41. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-4-237-241.

3. Сериков В.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Калинина С.А., Ониани Х.Т. Коррекционно-восстановительные средства повышения профессиональной надежности и профилактики перенапряжения работников. *Мед. труда и пром. экол.* 2019. 59 (4):252–256. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-4-252-256.

4. Зеленин А.А. Влияние тренажеров на основные свойства нервной системы спортсменов // *Теория и практика физической культуры*. 2013; 10: 94–8.

5. Грец И.А., Булкова Т.М., Живуцкая И. А. Методика физкультурно-оздоровительных занятий в условиях тренажерного зала для женщин среднего возраста. *Вестник спортивной науки*. 2018; 3: 46–50.

6. Готадзе И.И. Коррекция программ послетрудовой реабилитации в зависимости от соматотипологических особенностей и индивидуального уровня психофизического сопряжения. Автореф. дисс. ... канд. мед. наук. Москва; 2005.

7. Пухов В.А., Иванов И.В., Чепур С.В. Оценка функционального состояния организма военных специалистов: научно-практическое руководство. Под ред. акад. И. Б. Ушакова. Санкт-Петербург: СпецЛит, 2016.

8. Семенова С.А., Резников В.А. Послетрудовая реабилитация как социально необходимый фактор повышения адаптационных возможностей лиц, занятых в трудовой. *Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта*. 2015; 5: 150–4.

9. Готадзе И.И., Харламов Е.В. Центры послетрудовой реабилитации в системе сохранения и укрепления здоровья населения. *Физическая культура, спорт и туризм: сегодня и завтра: Сб. материалов Международной научно-практической конференции*. Ростов-на-Дону, 2004: 392–6.

10. *Спортивная энциклопедия систем жизнеобеспечения*. Ред. А.Д. Жуков. Изд-во Юнеско; 2011.

11. Ушаков И.Б., Рогожников В.А., Поляков М.В. и др. *Основы авиационной и космической медицины*. М.: Фирма «Слово»; 2007.

12. Пирогова Е.А. *Совершенствование физического состояния человека*. Киев: Здоровья; 1989.

13. Калинин А.А., Калинин А.А. Устройство для тренировки спортсмена. Патент СССР № 1795899. Кл. А 63 В 69/00. М.; 1993.

14. Игровая приставка https://ru.wikipedia.org/wiki/Игровая_приставка#8-е_поколение.

15. Готадзе И.И., Белокрылова О.С., Харламов Е.В. Социально-экономическая роль региональных оздоровительных — восстановительных систем. *Физическая культура, спорт и туризм: сегодня и завтра: Сб. материалов Международной научно-практической конференции*. Ростов-на-Дону; 2003: 382–4.

16. Юшкова О.И., Порошенко А.С., Капустина А.В., Калинина С.А., Ониани Х.Т. Профилактика неблагоприятного влияния трудовой деятельности на функциональное состояние работников умственного труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2012; 4: 13–9.

17. Матюхин В.В., Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Шардакова Э.Ф., Ямпольская Е.Г., Елизарова В.В., Порошенко А.С., Капустина А.В., Калинина С.А., Рубцов М.Ю., Ониани Х.Т., Лагутина Г.Н., Меркулова А.Г. Роль физиологии труда в сохранении работоспособности и здоровья у работников различных видов трудовой деятельности. Достижения и перспективы развития. *Мед. труда и пром. экол.* 2013; 6: 19–24.

18. Бухтияров И.В., Юшкова О.И., Матюхин В.В. Физиологические особенности формирования психоэмоционального перенапряжения у работников умственного труда и его профилактики. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. 2014; 100 (11): 1324–34.

19. Сериков В.В., Юшкова О.И., Капустина А.В., Калинина С.А., Ониани Х.Т. Коррекционно-восстановительные средства повышения профессиональной надежности и профилактики перенапряжения работников. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 4: 252–256. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-4-252-256.

20. Ониани Х.Т., Капустина А.В., Форверц А.Ю. Профилактика перенапряжения работников умственного труда. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 9: 711–712. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-711-712.

REFERENCES

1. Vorona A.A., Moiseev Yu.B., Evdokimov A.V. Day rooms as a new means of restoring the crew's functional state during the flight. *Voyenno-meditsinskiy zhurnal*. 2017; 338 (11): 77–8 (in Russian).

2. Oniani K.T., Sidorova D.A., Yushkova O.I., Kirichenko L.V., Lenkova N.I. Possibilities of rooms of psychological unloading for workers of neuro-emotional work. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2019; 59 (4):237–41 (in Russian) <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-4-237-241>

3. Serikov V.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Kalinina S.A., Oniani K.T. Corrective and restorative means to improve job performance and prevention of over-voltage workers. *Med. труда i prom ekol.* 2019; 59 (4): 252–6 (in Russian) <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-4-252-256>.

4. Zelenin L.A. The Influence of Training Devices on Main Properties of Athletes Nervous System. *Teoriya i praktika fizicheskoy kul'tury*. 2013; 10:94–8 (in Russian).

5. Gretz G. N., Bulkova T. M., Zhivutskaya I. A. The method of physical culture and recreational trainings of middle-aged women in fitness center conditions. *Vestnik sportivnoy nauki*. 2018; 3:46–50 (in Russian).

6. Gotadze I.I. Correction of post-worker rehabilitation programs depending on somatotypologic features and individual level of psychophysical conjugation. *Abstract of diss. ... cand. medical sciences*. Moscow, 2005 (in Russian).

7. Pukhov V. A., Ivanov I. V., Chepur S. V. Evaluation of the functional condition of the military specialists: scientific and practical guidance. St. Petersburg; 2016 (in Russian).
8. Semenova S.A., Reznikov V.A. Posletrudovaya rehabilitation as socially necessary factor in increasing the adaptive capacities of the persons employed in the labor force. *Scientific notes of the P.F. Lesgaft University*. 2015; 5: 150–4 (in Russian).
9. Gotadze I.I., Kharlamov E.V. Post-labor rehabilitation centers in the system of preserving and strengthening the health of the population. *Physical culture, sport and tourism: today and tomorrow: The collection of materials of the International scientific and practical conference*. Rostov-on-Don, 2004: 392–6 (in Russian).
10. Sports encyclopedia of life support systems. Ed. A.D. Zhukov. UNESCO, 2011 (in Russian).
11. Ushakov I.B., Rogonnikov V.A., Polyakov M.V. et. all. The fundamentals of Aviation and Space Medicine. Moscow, 2007.
12. Pirogova E.A. Improving the physical condition of man. Kiev: Zdorov'ya, 1989 (in Russian).
13. Kalinkin L.A., Kalinkin A.L. Device for training an athlete. *Patent of the USSR № 1795899*. A 63 B 69/00; 1993 (in Russian).
14. Game console. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Игровая_приставка#8-е_поколение.
15. Gotadze I.I., Belokrylova O.S., Kharlamov E.V. Socio-economic role of regional recovery and rehabilitation systems. *Physical culture, sport and tourism: today and tomorrow: The collection of materials of the International scientific and practical conference*. Rostov-on-Don; 2003: 382–4 (in Russian).
16. Yushkova O.I., Poroshenko A.S., Kapoustina A.V., Kalinina S.A., Oniani H.T. Preventing hazardous effects of work on functional state of mental workers. *Med. truda i prom. ekol.* 2012; 4: 13–9 (in Russian).
17. Matyukhin V.V., Bukhtiyarov I.V., Yuskova O.I., Char-dakova E.F., Yampolsya E.G., Elisarova V.V., Poroshenko A.S., Kapustina A.V., Kalinina S.A., Rubtsov M.U., Oniani H.T., Lagutina G.N., Merkulova A.G. Labor physiology role in workers of different type labor activity workability and health. Progress and prospects. *Med. truda i prom. ekol.* 2013; 6: 19–24. (in Russian).
18. Bukhtiyarov I.V., Yushkova O.I., Matyukhin V.V., Kuzmina L.P., Kapustina A.V., Poroshenko A.S., Kalinina S.A., Oniani Ch. T. The physiological features of overstrain formation in mental work and its prevention. *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal imeni I.M. Sechenova*. 2014; 100 (11): 1324–34. (in Russian).
19. Serikov V.V., Yushkova O.I., Kapustina A.V., Kalinina S.A., Oniani K.T. Corrective and restorative means to improve job performance and prevention of surge employees. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 4: 252–6 (in Russian). DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-4-252-256.
20. Oniani K.T., Kapustina A.V., Forverz A.Y. Prevention of occurrence of workers mental work. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 9: 711–2 (in Russian). DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-9-711-712.

Дата поступления / Received: 04.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 15.01.2020

Дата публикации / Published: 24.01.2020

Совершенствование организационных форм в диагностике профессиональных злокачественных новообразований на региональном уровне

¹ГУЗ «Краевая Больница №3» Министерства здравоохранения Забайкальского края, ул. Пролетарская, 9, г. Чита, Забайкальский край, Россия, 673390;

²ФГБУ «Государственный научный центр Федеральный медицинский биофизический центр им А.И. Бурназяна» ФМБА России, ул. Живописная, 46, Москва, Россия, 123182;

³ГУЗ «Забайкальский краевой онкологический диспансер» Министерства здравоохранения Забайкальского края, ул. Ленинградская, 104, г. Чита, Забайкальский край, Россия, 672027

Профессиональные онкологические заболевания имеют высокую социальную значимость. Острота проблемы диктует необходимость концентрации усилий всех заинтересованных сторон в разработке и реализации эффективных организационных мероприятий, направленных на своевременную профилактику, диагностику злокачественных новообразований профессионального генеза.

Цель исследования — на региональном уровне разработать и внедрить организационные мероприятия, позволяющие диагностировать профессиональные злокачественные новообразования у работников, работающих в условиях канцерогенного риска. Представлен сравнительный анализ количества выявленных случаев профессиональных злокачественных новообразований в России и странах Европы. Выявлены причины низкой диагностики профессиональных злокачественных новообразований в России. Разработана схема маршрутизации пациентов с подозрением на злокачественные новообразования профессионального генеза.

Результаты исследований показали, что предложенная организационная форма доказала свою эффективность в диагностике профессиональных злокачественных новообразований у рабочих, работающих в условиях канцерогенного риска.

Ключевые слова: профессиональные злокачественные новообразования; канцерогенный риск

Для цитирования: Горяев Н.И., Самойлов А.С., Горбачева О.Н., Кретов А.С. Совершенствования организационных форм в диагностике профессиональных злокачественных новообразований на региональном уровне. *Мед. труда и пром. ecol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-40-43>

Для корреспонденции: Горяев Николай Ильич, гл. врач ГУЗ «Краевая больница №3» Минздрава Забайкальского края, заслуженный врач России, гл. профпатолог Министерства здравоохранения Забайкальского края. E-mail: obl3@inbox.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Nikolay I. Goryaev¹, Alexandr S. Samoilov², Olga N. Gorbacheva³, Andrey S. Kretov²

Improving organizational forms in the diagnosis of professional malignant neoplasms at the regional level

¹Regional Hospital No. 3, 9, Proletarskaya str., Pervomaisky Ave., Chita town, Trans-Baikal Territory, Russia, 673390;

²State Research Center — Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 46, Zhivopisnaya str., Moscow, Russia, 123182;

³Trans-Baikal Regional Oncology Dispensary, 104, Leningradskaya str., Chita town, Trans-Baikal Territory, Russia, 672027

Occupational oncological diseases have a very high social significance. It is necessary to concentrate the efforts of all interested parties in the development and implementation of effective organizational measures aimed at the timely prevention and diagnosis of malignant neoplasms of professional origin. The purpose of the study is to develop and implement organizational measures at the regional level that will help to diagnose occupational malignant neoplasms in workers whose working conditions are associated with carcinogenic risk.

A comparative analysis of the number of detected cases of occupational malignant neoplasms in Russia and European countries is presented. The reasons for the low diagnosis of occupational malignant neoplasms in Russia are identified. A routing scheme for patients with suspected malignant neoplasms of professional origin was developed.

The results of the research showed that the proposed organizational form has proved its effectiveness in the diagnosis of occupational malignant neoplasms in workers whose working conditions are associated with carcinogenic risk.

Key words: occupational cancer; carcinogenic risk

For citation: Goryaev N.I., Samoilov A.S., Gorbacheva O.N., Kretov A.S. Improving organizational forms in the diagnosis of professional malignant neoplasms at the regional level. *Med. trudai prom. ecol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-40-43>

For correspondence: Nikolay I. Goryaev, head physician of Regional Hospital No. 3» of the Ministry of Health in Zabaykalsky Region, honored doctor of Russia, the main occupational pathologist of the Ministry of Health of Transbaikalian region. E-mail: obl3@inbox.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Высокий уровень заболеваемости, инвалидности и смертности, а также трудности диагностики, необходимость проведения массовых профилактических мероприятий, а также сложное и дорогостоящее лечение позволяют отнести злокачественные новообразования к числу социально-значимых проблем. В национальном проекте «Здравоохранение», рассчитанном на реализацию с 2019 г. по 2024 г., на программу «Онкология» выделено 63% средств от общего финансирования программы.

Несмотря на проведение мероприятий и достижение определенных успехов, злокачественные новообразования по-прежнему являются 2-ой по значимости причиной смертности населения РФ с высоким уровнем заболевания, не имеющим тенденции к снижению. В 2018 г. в России выявлено 624709 случаев злокачественных новообразований. Забайкальский край не является исключением (рис. 1).

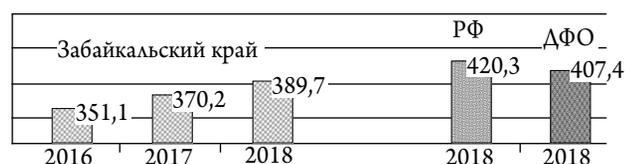


Рис. 1. Заболеваемость злокачественными новообразованиями на 100 тыс. населения

Fig. 1. Incidence of malignant neoplasms per 100 thousand population

В то же время профессиональные злокачественные новообразования регистрируются в единичных случаях.

Цель исследования — на региональном уровне разработать и внедрить организационные мероприятия, позволяющие диагностировать профессиональные злокачественные новообразования у работников, работающих в условиях канцерогенного риска.

Представлен сравнительный анализ количества выявленных случаев профессиональных злокачественных новообразований в России и странах Европы. Выявлены причины низкой диагностики профессиональных злокачественных новообразований в России. Разработана схема маршрутизации пациентов с подозрением на злокачественные новообразования профессионального генеза.

По мнению разных авторов, количественная оценка вклада профессиональных факторов в поражаемость раком населения колеблется от 4 до 38% среди всех случаев рака (табл. 1,2).

Эти данные наглядно свидетельствуют о том, что число выявленных случаев профессиональных новообразований в нашей стране не соответствует истинному числу заболеваний.

Актуальность профилактики, диагностики профессиональных злокачественных новообразований с каждым годом будет возрастать в связи с тем, что отмечается неуклонный рост использования в промышленном производстве различных химических веществ, технологий, оказывающих вредное воздействие и, соответственно, с каждым годом будет увеличиваться количество работающих в условиях канцерогенного риска.

В первую очередь, в России отсутствует единая система выявления профессиональных злокачественных заболеваний. Существующая система организации проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работающих во вредных производственных факторах в большинстве случаев не обеспечивает их выявление по той причине, что большинство злокачественных новообразований, возникающие у работников, проявляются через несколько лет после окончания работы в условиях канцерогенного риска. Постконтактный период может составлять 10–15 и более лет.

Связь между работой на производстве и выявленными злокачественными новообразованиями, диагностируемыми в постконтактном периоде у работников, ранее работавших на канцерогенных производствах, в подавляющем большинстве случаев врачами-онкологами как первичного звена, так и онкологических диспансеров, не рассматривается. В первую очередь решаются клинические вопросы, которые в дальнейшем будут определять продолжительность и качество жизни пациента. В то же время вероятность проведения экспертизы связи злокачественных новообразований с трудовой деятельностью в постконтактном периоде очень низкая.

Профессиональные онкологические заболевания имеют очень высокую социальную значимость. Острота проблемы диктует необходимость концентрации усилий всех заинтересованных сторон в разработке и реализации эффективных организационных мероприятий, направленных на своевременную профилактику, диагностику злокачественных новообразований профессионального генеза.

Одна из основных проблем низкой регистрации профессиональных злокачественных новообразований связана

Таблица 1 / Table 1

Удельный вес злокачественных новообразований в структуре профессиональных заболеваний в России
Percentage ratio of professional oncological diseases in Russian Federation

Показатель	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Число случаев хронических профессиональных заболеваний	6944	6676	6299	5489	4719	4120
Доля злокачественных новообразований в структуре профессиональных заболеваний	0,44%	0,44%	0,32%	0,46%	0,36%	0,33%

Таблица 2 / Table 2

Количество случаев профессионального рака, зарегистрированных в странах Европы и России
Number of occupational cancer cases reported in Europe and Russia

Страна	Случаи профессионального рака	Расчетные данные
Великобритания	150–200 случаев в год	1000–2000 случаев в год
Франция	150–200 случаев в год	7000 случаев в год
Германия	1604 случая в год	–
Италия	376 случаев в год	–
Россия	520 случаев за 17 лет	11600 тыс. случаев в год

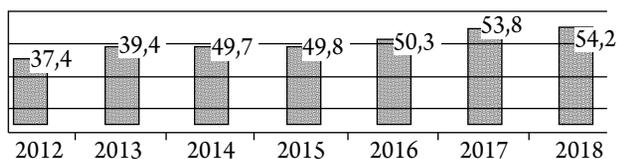


Рис. 2. Число работающих во вредных и опасных условиях труда на промышленных предприятиях Забайкальского края, %

Fig. 2. The number of workers in harmful and dangerous working conditions at industrial enterprises of the TRANS-Baikal territory, %

с тем, что до настоящего времени у исследователей нет объективной информации о контингентах, имеющих контакт с профессиональными канцерогенными факторами.

В этом случае паспортизация промышленных предприятий, являющихся источником канцерогенной опасности для работающих, решила бы многие проблемы. Ведь в задачи паспортизации входит не только учет канцерогенных организаций, но и устранение выявленных нарушений, оценка канцерогенной опасности, связанной с воздействием производственных канцерогенов. Паспортизация может явиться важным элементом профилактики профессиональных злокачественных новообразований и стать основой для создания Федерального регистра лиц, имеющих производственный контакт с канцерогенами, подобно существующему Федеральному регистру ликвидаторов Чернобыльской аварии.

Стратегической целью паспортизации канцерогенных производств является снижение онкологической заболеваемости путем уменьшения риска, обусловленного действием производственных канцерогенных факторов.

Это позволило бы осуществлять мониторинг состояния здоровья ранее работающих лиц с канцерогенными веществами в постконтактном периоде.

Также необходимо пересмотреть действующие нормативные акты, регламентирующие вопросы экспертизы связи заболевания с профессиональной деятельностью. Действующий приказ Минздравсоцразвития от 27.04.2013 г. №417 «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний» лишил экспертизу злокачественных новообразований системы персонализированных критериев, которые были прописаны в ранее изданном приказе №90 от 1996 г. В связи с этим на региональном уровне проводится применять нестандартные организационные формы, позволяющие устанавливать связь онкологических заболеваний с профессиональной деятельностью у работающих в канцерогенных производствах. Это не только даст возможность пациентам получить установленные законодательно компенсации за потерю здоровья, но и будет являться одним из важных элементов в профилактике онкологических заболеваний на канцерогенных производствах.

В период с 2014 г. по 2018 г. количество работающих во вредных и опасных условиях труда увеличилось на 3,8% с 43,2 тыс. человек до 49,3 тыс. человек; в условиях ионизирующего излучения, химических факторов, аэрозолей фиброгенного действия работали 21 540 человек (рис. 2).

В Забайкальском крае находится 137 канцерогенных производств, работают предприятия по добыче и обогащению урановой руды, бериллия, предприятия по добыче угля, деревообрабатывающие производства, предприятия, использующие в технологическом производстве химические вещества, представляющие канцерогенную опасность, ионизирующее излучение и т. д. Именно неудовлетвори-



Рис. 3. Трехуровневая система оказания медицинской помощи по профилю «онкология»

Fig. 3. A three-level system of rendering medical aid in the field of oncology

тельные условия труда являются основной причиной возникновения профессионального заболевания, в том числе профессионального рака.

В Забайкальском крае существует трехуровневая система организации оказания медицинской помощи пациентам с подозрением на злокачественное заболевание (рис. 3).

В трехуровневой системе организации оказания медицинской помощи по профилю «онкология» определена схематизация маршрутизации пациентов с подозрением на злокачественное новообразование профессиональной этиологии (рис. 4).

Для эффективного функционирования данной системы необходим постоянный контроль и управление этой системой.

За 2019 г. с подозрением на злокачественное новообразование профессиональной этиологии в Центры профпатологии ФМБА России и Забайкальского края было направлено 132 пациента, из которых в центр профессиональной патологии МЗ ЗК — 126 пациентов.

Структура организаций, выявивших подозрение на наличие связи злокачественного новообразования с профессиональной деятельностью в 2019 г.:

- Центров амбулаторной онкологической помощи (ЦАОП) — 66 чел. (50%).

- Медицинские организации, проводящие обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры и диспансеризацию — 19 чел. (14,5%).

- Онкологические диспансеры — 39 чел. (29,5%).

- Самообращение — 8 чел. (6%).

В центрах профпатологии ФМБА России и Забайкальского края установлено 14 заключительных диагнозов ЗНО профессиональной этиологии, что составляет 10,6% от общего числа пациентов, направленных для проведения экспертизы связи заболевания с профессией. Из них в центре профессиональных заболеваний МЗ ЗК — 12 пациентов:

- злокачественное заболевание легких — 5;

- злокачественное заболевание кожи — 3;

- злокачественное заболевание желудка — 2;

- злокачественное заболевание гортани — 2.

В 9 случаях злокачественное новообразование было установлено в постконтактном периоде, в трех случаях — подозрение на злокачественное новообразование было выставлено при проведении периодического медицинского осмотра.

Длительность постконтактного периода составляла от 7 лет до 17 лет.

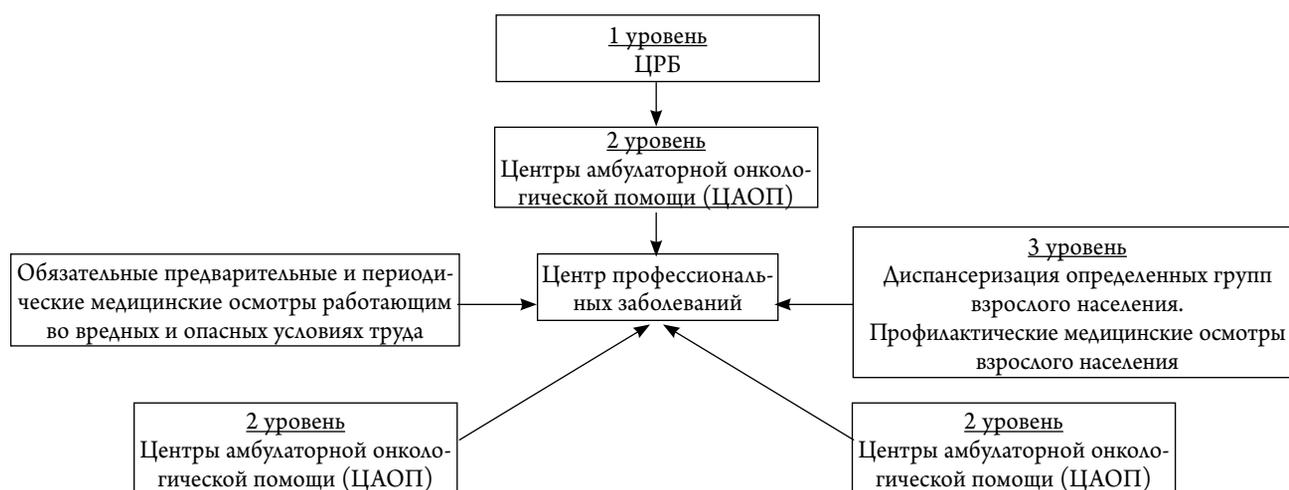


Рис. 4. Схема маршрутизации пациентов с подозрением на злокачественное новообразование профессионального генеза
Fig. 4. Routing scheme of patients with suspected malignant neoplasm of professional origin

Возраст пациентов, которым был выставлен диагноз профессионального злокачественного новообразования составлял от 37 до 62 лет.

Стаж работы в условиях воздействия канцерогенных веществ от 11 лет до 21 года.

Злокачественные новообразования диагностировались у работников, работавших в контакте с радиоактивным излучением, асбестом, неорганическими соединениями мышьяка, переработке урановой руды, получение бериллиевых концентратов, переработке руды, содержащей диоксида кремния.

В процессе установления профессионального новообразования возникают определенные сложности:

- недостаточный уровень профессиональной подготовки врачей, участвующих в проведении обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров работающих во вредных и опасных условиях труда;

- недостаточный уровень профессиональной подготовки врачей онкологов ЦАОП, Краевого онкологического диспансера;

- в санитарно-гигиенических характеристиках условий труда не отражаются, либо не полностью отражаются данные о контактах с канцерогенами;

- при расследовании случая заболевания с профессиональной онкологией члены комиссии, как правило, не имеют соответствующих сведений и подготовки по вопросам профессиональной онкопатологии.

Таким образом, уровень заболеваемости ЗНО профессионального генеза среди работников всех предприятий Забайкальского края в 2019 г. составил 2,8 на 10 тыс. работников (5,2 на 10 тыс. работников, занятых во вредных и опасных условиях труда). Для сравнения в Российской Федерации аналогичный показатель в 2018 г. составил 0,002 на 10 тыс. работников (0,005 на 10 тыс. работников, занятых во вредных и опасных условиях труда).

Заключение. Предложенная организационная форма показала свою эффективность в диагностике профессиональных

злокачественных новообразований у рабочих, работающих в условиях канцерогенного риска. Уровень выявления ЗНО профессионального генеза в Забайкальском крае значительно выше по сравнению с данными по РФ в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в РФ в 2018 г.» М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора; 2019 г.
2. Ильницкий А.П., Соленова Л.Г. Актуальные вопросы профессионального рака в России. *Мед. труда и пром. экол.* 2017; 3: 1–5.
3. Серебряков П.В. «Особенности экспертизы профессионального канцерогенного риска. *Гигиена и санитария.* 2015; 2: 69–72.
4. Старинский В.В., Сосновская Е.Я., Грецова О.П., Петрова Г.В. Современные аспекты профессиональной онкопатологии. *Онкология. Журнал им. П.А. Герцена.* 2014;3(6): 41–5.

REFERENCES

1. State report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2018» M.: Federalnyi centr hygieny i epidemiologii Rospotrebnadzora; 2019.
2. Ilnitsky A.P., Solenova L.G. «Actual issues of occupational cancer in Russia». *Med. trudai prom. ekol.* 2017; 3: 1–5.
3. Serebryakov P.V. Features of examination of professional carcinogenic risk. *Gigiena i sanitaria.* 2015; 2: 69–72.
4. Starinsky V.V., Sosnovskaya E.Ya., Gretsova O.P., Petrova G.V. Modern aspects of professional oncopathology. *Onkologicheskii yzhurnal P.A. Gerzena.* 2014; 3(6): 41–5.

Дата поступления / Received: 20.11.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

Бровко М.Ю., Стрижаков Л.А., Калашников М.В., Коновалов Д.В., Шоломова В.И., Лебедева М.В., Коган Е.А., Янакаева А.Ш.

Клиническое наблюдение сочетания саркоидоза и силикоза у работницы горно-обогатительного комбината

ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова» Минздрава России, ул. Трубецкая, 8/1, Москва, Россия, 119435

Среди всего спектра респираторных патологий у работников, контактирующих с вредными производственными пылевыми факторами, особого внимания заслуживают протекающие с легочным поражением. Следует помнить, что помимо пневмокониозов возможно развитие иной сочетанной легочной патологии, в том числе туберкулеза и саркоидоза, что значительно затрудняет дифференциальную диагностику. В практическом плане врачам, прежде всего профпатологам и пульмонологам, необходимо проводить комплексное полноценное обследование пациентов с подозрением на профессиональное заболевание органов дыхания, обращая особое внимание на различные внелегочные поражения и выраженность воспалительных лабораторных изменений. Выявление системного характера патологии требует исключения саркоидоза — заболевания неизвестной этиологии, протекающего с гранулематозным воспалением. В особо сложных случаях требуется выполнение морфологической верификации диагноза с тщательным гистологическим исследованием в специализированном экспертном учреждении. Однако особые затруднения могут возникнуть при сочетании в биоптате легкого проявлений пневмокониоза и саркоидоза, в том числе в связи с возможностью развития так называемой саркоидной реакции. Приводится клиническое наблюдение редкой коморбидности — саркоидоза и силикоза — у работавшей на горно-обогатительном комбинате женщины 38 лет, подвергавшейся многолетнему воздействию кремнийсодержащей пыли в концентрации, до 14 раз превышающей ПДК. Выполненное обследование не позволило уточнить причину легочной диссеминации, в связи с чем была проведена биопсия легкого, выявившая сочетание саркоидоза и пневмокониоза у пациентки. Важность правильной постановки диагноза определяется разным выбором лечебной тактики при этих двух заболеваниях.

Ключевые слова: профессиональные заболевания легких; силикоз; саркоидоз

Для цитирования: Бровко М.Ю., Стрижаков Л.А., Калашников М.В., Коновалов Д.В., Шоломова В.И., Лебедева М.В., Коган Е.А., Янакаева А.Ш. Клиническое наблюдение сочетания саркоидоза и силикоза у работницы горно-обогатительного комбината. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-44-47>

Для корреспонденции: Бровко Михаил Юрьевич, зам. руководителя Центра профессиональной патологии Минздрава РФ, зав. отделением профпатологии и пульмонологии, Клиника им. Е.М. Тареева Университетская клиническая больница №3, Первый московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова, канд. мед. наук. E-mail: mikhail.brovko@gmail.com

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Mikhail Yu. Brovko, Leonid A. Strizhakov, Mikhail V. Kalashnikov, Denis V. Konovalov, Viktoriya I. Sholomova, Marina V. Lebedeva, Evgeniya A. Kogan, Alisa Sh. Yanakaeva

Clinical observation of a combination of sarcoidosis and silicosis in a mining and processing plant worker

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Trubetskaya str., 8/1, Moscow, Russia, 119435

Among the entire spectrum of respiratory pathologies in workers who come into contact with harmful industrial dust factors, those with pulmonary lesions deserve special attention. It should be remembered that in addition to pneumoconiosis, it is possible to develop other combined pulmonary pathology, including tuberculosis and sarcoidosis, which significantly complicates the differential diagnosis. In practical terms, doctors, especially occupational pathologists and pulmonologists, need to conduct a comprehensive full-fledged examination of patients with suspected occupational respiratory disease, paying special attention to various extrapulmonary lesions and the severity of inflammatory laboratory changes. Identification of the systemic nature of the pathology requires the exclusion of sarcoidosis — a disease of unknown etiology that occurs with granulomatous inflammation. In particularly difficult cases, it is necessary to perform morphological verification of the diagnosis with a thorough histological examination in a specialized expert institution. However, special difficulties may arise when a lung biopsy combines manifestations of pneumoconiosis and sarcoidosis, including the possibility of developing a so-called sarcoid reaction.

A clinical observation of rare comorbidity — sarcoidosis and silicosis — in a 38-year-old woman working at a mining and processing plant who was exposed to long-term exposure to silicon-containing dust in a concentration up to 14 times higher than the MPC is presented. The performed examination did not allow to clarify the cause of pulmonary dissemination, and therefore a lung biopsy was performed, which revealed a combination of sarcoidosis and pneumoconiosis in the patient. The importance of correct diagnosis is determined by the different choice of treatment tactics for these two diseases.

Key words: occupational lung diseases; silicosis; sarcoidosis

For citation: Brovko M.Yu., Strizhakov L.A., Kalashnikov M.V., Konovalov D.V., Sholomova V.I., Lebedeva M.V., Kogan E.A., Yanakaeva A.Sh. Clinical observation of a combination of sarcoidosis and silicosis in a mining and processing plant worker. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-44-47>

For correspondence: *Mikhail Yu. Brovko*, deputy Head of the Center of Professional Pathology of the Ministry of Health of the Russian Federation, Head of Department of Occupational Pathology and Pulmonology, Clinic of E. M. Tareev University Clinical Hospital No. 3, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Cand. of Sci. (Med.)
E-mail: michail.brovko@gmail.com

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Профпатологам и пульмонологом в повседневной практике нередко приходится сталкиваться с ситуацией, когда требуется проведение дифференциальной диагностики в рамках патологии легочного процесса у лиц, работающих в контакте с неблагоприятными производственными пылевыми факторами. Как правило, уточнение характера заболевания в таких случаях не вызывает затруднений, однако в отдельных случаях вопросы диагностики, этиологии, ведения больных и прогноза пневмокониоза не всегда соотносятся с результатами обследования. Так, например, настораживает выявление у больных признаков множественного органного поражения, сопровождающихся значимыми клинико-лабораторными проявлениями воспалительного ответа [1,2].

Саркоидоз и пневмокониозы объединяет ряд общих черт, которые обусловлены схожестью некоторых звеньев патогенеза. В обоих случаях ключевую роль играет гранулематозное воспаление, запускающее локальный фиброз [1,2]. Вместе с тем, для саркоидоза, в отличие от пневмокониозов, характерна мультиорганность поражения, а также клинические и лабораторные проявления, такие как узловатая эритема, гиперкальциемия, повышение активности ангиотензинпревращающего фермента в крови (АПФ). Однако данные изменения у больных саркоидозом наблюдаются далеко не всегда, что может затруднять постановку диагноза. Как правило, решающую роль играет морфологическая верификация легочного поражения. Классическим патоморфологическим признаком саркоидоза является эпителиоидно-клеточная гранулема без признаков некроза. Трудности дифференциальной диагностики пневмокониоза и саркоидоза на морфологическом уровне обусловлены возможностью наличия так называемой саркоидной реакции (в том числе у лиц, подвергшихся воздействию неорганической пыли) [3]. У таких больных определяются саркоидные гранулемы с депозитами пылевых частиц в отсутствие типичной клинической картины саркоидоза.

На протяжении многих лет ведется поиск специфических этиологических факторов, способных индуцировать развитие обоих упомянутых заболеваний [4]. На животной модели продемонстрирована возможность развития саркоидоза у крыс, подвергшихся ингаляционному воздействию силикотической пыли [5]. Имеются сообщения о повышенном риске развития саркоидоза среди работников металлургической промышленности, шахтеров [6–8]. Вышеуказанное позволяет обсуждать роль мелкодисперсного оксида кремния в формировании поражения легких не только при силикозе, но и саркоидозе. В мировой литературе представлены редкие наблюдения сочетания у одного больного саркоидоза и силикоза [9,10].

Предложено клиническое наблюдение выявления обоих заболеваний у пациентки, длительное время работавшей на горно-обогатительном комбинате (ГОК) в условиях воздействия неблагоприятных факторов производственной среды.

Клиническое наблюдение. Пациентка 38 лет, жительница г. Курска. Из анамнеза известно, что в течение жизни работала поваром, уборщицей, воспитателем, машинистом моечной машины. С октября 2004 г. по октябрь 2018 г. —

машинист конвейера ГОК в условиях воздействия неблагоприятных факторов производственной среды: согласно санитарно-гигиенической характеристике условий труда, на рабочем месте подвергается воздействию пыли (кремний диоксид кристаллический) в концентрациях от 1,58 до 85,5 мг/м³, с превышением ПДК до 14 раз, шума, превышающего ПДУ на 1,75 дБ.

Считает себя больной с лета 2017 г., когда впервые появились жалобы на непродуктивный кашель, слабость, а также одышку при ранее легко выполняемой физической нагрузке, подъем на 3-й этаж. Согласно выписке из амбулаторной карты (данные с конца 2003 г.) плановые медицинские осмотры (ПМО) проходила регулярно, признавалась годной к работе. Обращаемости по хронической бронхолегочной патологии не имела (в детстве в 2-месячном возрасте — пневмония, 2003 г. — ОРВИ, 2013 г. — острый фаринготрахеит, 2016 г. — дважды ОРВИ). Кроме того, при плановом медицинском осмотре в 2005 г. выявлена железодефицитная анемия, хронический сальпингит, в 2011 г. — гипертоническая болезнь 1 степени. В ноябре 2017 г. при ПМО впервые обнаружены изменения на цифровой флюорограмме, в связи с чем проведено дообследование. При рентгенографии органов грудной клетки определялась лимфаденопатия средостения, двусторонняя легочная диссеминация; при мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) — очаги в легких максимальными размерами до 6 мм с перилимфатическим распределением в субплевральных отделах на фоне утолщения междолькового интерстиция в нижних долях, внутригрудная лимфаденопатия (медиастинальные лимфоузлы увеличены максимально до 20 мм). Результаты лучевых методов исследования не позволяли исключить наличие как пневмокониоза, так и саркоидоза. Пульмологом по месту жительства рекомендована консультация торакального хирурга. В январе 2018 г. пациентка находилась на обследовании в отделении торакальной хирургии Областной клинической больницы. Определялись снижение гемоглобина до 105 г/л (норма 120–160 г/л), эритроцитов до $3,7 \times 10^9/\text{л}$ (норма $3,8\text{--}5,1 \times 10^9/\text{л}$), повышение СОЭ до 47 мм/час (норма 5–20 мм/час). Проведенное спирометрическое исследование не выявило нарушений вентиляционной функции. При диагностической фибробронхоскопии определялись признаки хронического субатрофического бронхита. УЗИ периферических лимфоузлов патологических изменений не выявило. Проведена видеоторакоскопия, миниторакотомия с биопсией нижней доли правого легкого, лимфоузла в области правого диафрагмального нерва. Послеоперационный период протекал без осложнений. При патологоанатомическом исследовании биопсийного материала ткани легкого описан выраженный диффузный фиброз, лимфоидная инфильтрация с примесью небольшого количества эпителиодных клеток, макрофагов; в отдельных полях зрения — единичные гигантские клетки инородных тел; в лимфоузле структура ткани стерта за счет выраженного очагового фиброза, редукции лимфоидной ткани, фиброза капсулы.

Учитывая длительный стаж работы в контакте с кремнийсодержащей пылью в концентрациях, превышающих предельно допустимые, в марте 2018 г. больная проходила

стационарное лечение и обследование в Центре профессиональной патологии по месту жительства, где характер легочного поражения оставался не вполне ясным. Несмотря на сохраняющиеся жалобы на слабость, кашель, одышку, обратила на себя внимание спонтанная умеренная положительная динамика рентгенологических изменений в легких. Консультирована фтизиатром с выполнением кожных тестов — данных

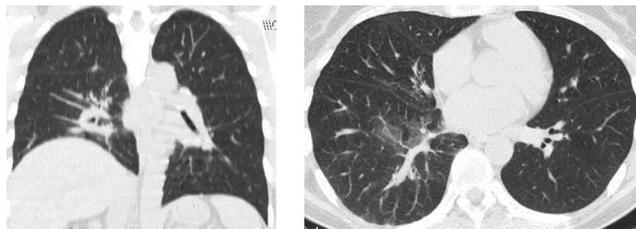


Рис. 1. КТ-изменения в легких пациентки
Fig. 1. CT-changes in the patient's lungs

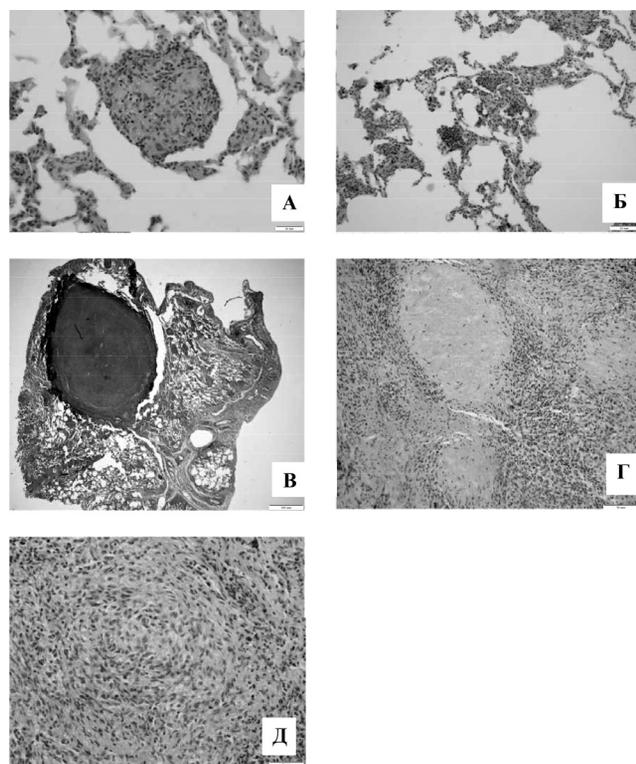


Рис. 2. Образец ткани легкого и внутригрудных лимфоузлов пациентки, полученный при видеоассистированной торакоскопии: А. Саркоидная гранулема в легочной ткани ×400. Б. Отложение пыли и формирование силикотических гранул с интерстициальным склерозом в легочной ткани ×100. В. Силикотический узел с центральным некрозом ткани легкого ×100. Г. Множественные силикотические гранулемы на стадии склерозирования во внутригрудном лимфоузле ×200. Д. Саркоидная эпителиоидно-клеточная гранулема во внутригрудном лимфоузле ×400. А,Б,В,Г,Д — окраска Г-Э
Fig. 2. A sample of the patient's lung tissue and intra-thoracic lymph nodes obtained by video-assisted thoracoscopy: A. Sarcoid granuloma in lung tissue ×400. B. Dust deposition and formation of silicotic granulomas with interstitial sclerosis in lung tissue ×100. V. Silicotic node with Central necrosis of lung tissue ×100. G. Multiple silicotic granulomas at the sclerosing stage in the ×200 intracranial lymph node. D. Sarcoid epithelial cell granuloma in the intracranial lymph node ×400. A, B, V, G, D — colour of G-E

за туберкулез получено не было. При повторном осмотре пульмонолога в апреле 2018 г. диагностирован саркоидоз с поражением легких и внутригрудных лимфоузлов. При динамическом наблюдении за пациенткой улучшения состояния не отмечалось. В ноябре 2018 г. госпитализирована в Центр профессиональной патологии Сеченовского университета Минздрава РФ с жалобами на периодический приступообразный сухой кашель, одышку при небольшой физической нагрузке (быстрая ходьба, подъем по лестнице на 2-й этаж), повышенную потливость, ощущение тяжести в грудной клетке. Аускультативно — жесткое дыхание, ослабленное в нижних отделах, единичные сухие хрипы. Сатурация O₂ в покое составляла 95–96%. Показатели гемодинамики были в пределах нормальных. Выявлено умеренное повышение СОЭ до 21 мм/час, СРБ до 8 мг/дл (норма 0–5 мг/дл), активности АПФ в крови до 86 Ед (норма 20–70 Ед). В других лабораторных тестах отклонений от нормы не обнаружено. На ЭКГ отмечалась синусовая брадикардия с частотой сердечных сокращений 54 в минуту. Спирометрически выявлены нарушения вентиляционной функции смешанного типа: ФЖЕЛ — 75%, ОФV₁–73%, индекс Тиффно — 0,82, МОС₂₅–82%, МОС₅₀–53%, МОС₇₅–48%, проба с салбутамолом отрицательная. МСКТ органов грудной клетки выявила очаги размерами до 7 мм с центральнобулярной и перилимфатической локализацией, кальцинаты размерами до 5 мм; утолщение стенок бронхов, уплотнение легочного интерстиция в базальных отделах. В средостении определялись множественные увеличенные лимфоузлы с тенденцией к сливанию, размерами до 25 мм в поперечнике (паратрахеальные, парааортальные, бифуркационные). По сравнению с КТ-изображениями от марта 2018 г. существенной динамики выявлено не было (рис. 1). При УЗИ органов брюшной полости установлено увеличение печени с незначительным повышением тканевой эхогенности.

Биопсийный материал легкого и внутригрудного лимфоузла консультирован в патологоанатомическом отделении Сеченовского университета с проведением дополнительной окраски по Ван-Гизону. В ткани легкого и лимфатических узлах обнаружены типичные силикотические гранулемы с центральным фиброзом и скоплениями кониофагов и фибробластических элементов по периферии. В легочном интерстиции, в периваскулярной ткани и просветах альвеол — скопления кониофагов, нагруженных пылевыми частицами. Легочная ткань и лимфоузлы, помимо описанных изменений, содержали отдельные саркоидные гранулемы из эпителиоидных клеток, гигантских многоядерных клеток Пирогова-Лангханса и лимфоцитов, по периферии гранул отмечен незначительный фиброз. Гранулемы располагались среди воспалительного инфильтрата, в периваскулярной ткани, а также междольковой плевре. В зоне воспалительного инфильтрата — картина продуктивного васкулита мелких сосудов. В лимфоузле рисунок строения стерт, лимфоидная ткань замещена саркоидными гранулемами. При поляризационной микроскопии обнаружены пылевые частицы с двойным лучепреломлением в местах скопления кониофагов (рис. 2).

Таким образом, результаты проведенного клинико-инструментального, морфологического обследования с учетом жалоб, анамнеза (дебют заболевания в период работы во вредных условиях труда) позволили имеющийся бронхолегочный процесс у пациентки с длительным 14-летним стажем работы в условиях воздействия кремнийсодержащей пыли в концентрации, значительно превышающей предельно допустимую, расценить как профессиональное заболевание — силикоз. При оценке морфологической картины помимо типичных силикотических изменений обнаружены саркоид-

ные гранулемы, что позволило говорить о наличии сочетания саркоидоза с пневмокониозом. Оформлено извещение об установлении заключительного диагноза хронического профессионального заболевания, обозначены противопоказания работы больной в контакте с пылью, веществами фиброгенного, раздражающего, алергизирующего, сенсибилизирующего и токсического действия. При выписке рекомендовано начало приема глюкокортикоидных гормонов — преднизолона 20 мг в сутки с динамическим наблюдением и последующей коррекцией препарата, выполнением МСКТ органов грудной клетки через три месяца.

Представленное клиническое наблюдение демонстрирует сложность дифференциального диагноза при обследовании пациентки, подвергшейся длительному воздействию неорганической пыли, в отсутствии специфических клинических проявлений и с наличием рентгенологических синдромов диссеминации и лимфаденопатии. Несмотря на кажущееся логичным предположение о наличии пневмокониоза у больной с респираторной симптоматикой и отягощенным профессиональным анамнезом, результаты лабораторно-инструментальных методов исследования не согласовывались с первоначальной диагностической концепцией. Решающую роль сыграли динамическая оценка клинических проявлений патологии, а также заключение патоморфолога, позволившие установить окончательный диагноз.

Принципиальная важность уточнения нозологических форм заболеваний в процессе диагностического поиска определяется различными прогнозом и лечебной тактикой. Если при пневмокониозе нарушение вентиляционной функции необратимо и основную роль играют реабилитационные мероприятия с максимально возможным ограничением воздействия пылевого фактора, то при саркоидозе оправдано применение иммуносупрессивной терапии, которое позволяет достичь стойкую ремиссию и улучшение респираторной функции. В настоящее время нет общепринятых подходов к ведению пациентов, страдающих как саркоидозом, так и силикозом. Это обусловлено недостаточной изученностью во всем мире подобного редкого сочетания. Очевидно, что успех лечения в подобных ситуациях во многом определяется эффективностью взаимодействия различных специалистов (профпатологов, пульмонологов, фтизиатров, рентгенологов, торакальных хирургов, патоморфологов), медицинских учреждений различных уровней. Главная роль в первичной профилактике обоих состояний среди групп работающих с повышенным риском заболеваемости принадлежит рациональной организации условий труда (автоматизации и механизации производственного цикла, эффективным системам вентиляции), в том числе с применением средств индивидуальной защиты [1,2]. Также важное значение имеет качественное проведение периодических медицинских осмотров с возможностью ранней доклинической диагностики патологии легких с последующим своевременным проведением лечебно-диагностических мероприятий и решением экспертных вопросов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мухин Н.А., Косарев В.В., Бабанов С.А., Фомин В.В. *Профессиональные болезни*. М: ГЭОТАР-Медиа; 2016.
2. Измеров Н.Ф., Чучалин А.Г. *Профессиональные заболевания органов дыхания: национальное руководство*. М: ГЭОТАР-Медиа; 2015.
3. Rafnsson V, Ingimarsson O, Hjalmarsson I, and Gunnarsdotir H. Association between exposure to crystalline silica and risk of sarcoidosis *Occup Environ Med*. 1998; 55(10): 657–60.

4. Cheepsattayakorn A, Cheepsattayakorn R. Silicosis: biomarkers and pathogenesis. *J Lung Pulm Respir Res*. 2018; 5(5): 151–3. DOI: 10.15406/jlpr.2018.05.00182

5. Kira L. Newman, Lee S. Newman Occupational Causes of Sarcoidosis *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2012; 12(2): 145–50. DOI: 10.1097/ACI.0b013e3283515173.

6. Hübener E, Kühne W, Scharhoff T. Coincidence of silicosis and sarcoidosis. 2. Relations between silicosis and sarcoidosis as well as forensic consequences. *Z Erkr Atmungsorgane*. 1986; 166(2): 186–93.

7. Delphine Bourlier, Caroline O'Connell, David Montani, Laurent Savale, Andrei Seferian, Florence Parnt, Marc Humbert, Gérald Simonneau, Olivier Sitbon, Xavier Jaïs. A rare case of sarcoidosis-associated pulmonary hypertension in a patient exposed to silica. *Eur Resp Rev*. 2016; 25 (139): 93–6. DOI: 10.1183/16000617.0073-2015.

8. Vihlborg P. Risk of sarcoidosis and seropositive rheumatoid arthritis from occupational silica exposure in Swedish iron foundries: a retrospective cohort study. *BMJ Open*. 2017; 7: e016839. DOI:10.1136/bmjopen-2017-016839.

9. Quero A, Urrutia C, Martínez C, Rego G. Silicosis and sarcoid pulmonary granulomas, silicosarcoidosis? *Med Clin (Barc)*. 2002; 26 (118 (2)): 79.

10. Syed Tousheed, Tiyas Sen, Hemanth Kumar, Muralimohan Bv Silicosis and Sarcoidosis: A Rare Association. *Chest*. 2014; 146 (4): 421A.

REFERENCES

1. Mukhin N.A., Kosarev V.V., Babanov S.A., Fomin V.V. *Occupational diseases*. Moscow: GEOTAR-Media; 2016 (in Russian).
2. Izmerov N.F., Chuchalin A.G. *Occupational respiratory diseases: national guideline*. Moscow: GEOTAR-Media; 2015 (in Russian).
3. Rafnsson V, Ingimarsson O, Hjalmarsson I, and Gunnarsdotir H. Association between exposure to crystalline silica and risk of sarcoidosis *Occup Environ Med*. 1998; 55(10): 657–60.
4. Cheepsattayakorn A, Cheepsattayakorn R. Silicosis: biomarkers and pathogenesis. *J Lung Pulm Respir Res*. 2018; 5(5): 151–3. DOI: 10.15406/jlpr.2018.05.00182.
5. Kira L. Newman, Lee S. Newman Occupational Causes of Sarcoidosis *Curr Opin Allergy Clin Immunol*. 2012; 12(2): 145–50. DOI: 10.1097/ACI.0b013e3283515173.
6. Hübener E, Kühne W, Scharhoff T. Coincidence of silicosis and sarcoidosis. 2. Relations between silicosis and sarcoidosis as well as forensic consequences. *Z Erkr Atmungsorgane*. 1986; 166 (2): 186–93.
7. Delphine Bourlier, Caroline O'Connell, David Montani, Laurent Savale, Andrei Seferian, Florence Parnt, Marc Humbert, Gérald Simonneau, Olivier Sitbon, Xavier Jaïs. A rare case of sarcoidosis-associated pulmonary hypertension in a patient exposed to silica. *Eur Resp Rev*. 2016; 25 (139): 93–6. DOI: 10.1183/16000617.0073-2015.
8. Vihlborg P. Risk of sarcoidosis and seropositive rheumatoid arthritis from occupational silica exposure in Swedish iron foundries: a retrospective cohort study. *BMJ Open*. 2017; 7: e016839. DOI:10.1136/bmjopen-2017-016839.
9. Quero A, Urrutia C, Martínez C, Rego G. Silicosis and sarcoid pulmonary granulomas, silicosarcoidosis? *Med Clin (Barc)*. 2002; 26 (118 (2)): 79.
10. Syed Tousheed, Tiyas Sen, Hemanth Kumar, Muralimohan Bv Silicosis and Sarcoidosis: A Rare Association. *Chest*. 2014; 146 (4): 421A.

Дата поступления / Received: 17.10.2018

Дата принятия к печати / Accepted: 15.01.2020

Дата публикации / Published: 24.01.2020

Изменение элементов красной крови у доноров, работающих на предприятиях с вредным производством

ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», ул. Пирогова, 3, г. Тюмень, Россия, 625043

Проведено изучение движения донорства на предприятиях с вредными условиями труда г. Тюмени. Исследовано влияние профессиональных факторов на показатели элементов красной крови (концентрация гемоглобина, количество эритроцитов, СОЭ, гематокрит, цветной показатель) доноров с учетом пола и возраста. По результатам обследования 4 267 доноров крови в 2013–2016 гг. отмечено увеличение числа отведений от донаций, в связи с изменением показателей красной крови, у работающих на предприятиях с вредными условиями труда. У обследованных мужчин и женщин, работа которых связана с вредными профессиональными факторами, выявлено достоверное снижение показателей концентрации гемоглобина и количества эритроцитов. Объективные гематологические наблюдения наряду с субъективными оценками собственного здоровья донорами показали развитие анемического синдрома — одного из основных синдромов свинцовой профессиональной патологии. Необходимо продолжить поиск факторов, обуславливающих увеличение доли отвода доноров вследствие низкой концентрации гемоглобина. Среди перспективных мероприятий по поддержанию и развитию донорства на предприятиях с вредными условиями труда должны быть разработаны конкретные планы улучшения здоровья, включая специфические средства и условия для оздоровления системы крови.

Ключевые слова: донор; условия труда; показатели красной крови; гемоглобин; состояние здоровья работников

Для цитирования: Елифанов А.В., Лепунова О.Н., Фролова О.В., Ковязина О.Л., Шалабодов А.Д. Изменение элементов красной крови у доноров, работающих на предприятиях с вредным производством. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-48-52>

Для корреспонденции: Елифанов Андрей Васильевич, проф. каф. анатомии и физиологии человека и животных Института биологии Тюменского государственного университета, канд. биол. наук. E-mail: andelwas@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Andrey V. Elifanov, Olga N. Lepunova, Olga V. Frolova, Olga L. Kovyazina, Aleksandr D. Shalabodov

Indicators of red blood in donors working in enterprises with harmful production

Tyumen State University, 3, Pirogova str., Tyumen, Russia, 625043

The study of the movement of donation in enterprises with harmful working conditions in Tyumen. The influence of professional factors on red blood parameters (hemoglobin concentration, number of red blood cells, ESR, hematocrit, color index) of donors with regard to gender and age was studied. According to the results of a survey of 4,267 blood donors in 2013–2016, there was an increase in the number of withdrawals from donations, due to changes in red blood indicators, in workers at enterprises with harmful working conditions. The examined men and women, whose work is associated with harmful occupational factors, showed a significant decrease in the concentration of hemoglobin and the number of red blood cells. Objective hematological observations along with subjective assessments of the donors' own health showed the development of anemic syndrome — one of the main syndromes of lead professional pathology. It is necessary to continue searching for factors that cause an increase in the percentage of donor withdrawal due to low hemoglobin concentrations. Among the promising measures for maintaining and developing donation in enterprises with harmful working conditions, specific plans for improving health should be developed, including specific tools and conditions for improving the blood system.

Keywords: donor; working conditions; red blood indicators; hemoglobin; health status of employees

For citation: Elifanov A.V., Lepunova O.N., Frolova O.V., Kovyazina O.L., Shalabodov A.D. Indicators of red blood in donors working in enterprises with harmful production. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-48-52>

For correspondence: Andrey V. Alifanov, an associate professor of anatomy and physiology of humans and animals' department of Institute of Biology of Tyumen state University, Cand. of Sci. (Biol.). E-mail: andelwas@mail.ru

Funding. The study had no funding.

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

Служба донорства является важнейшей в числе постоянно функционирующих структур в системе здравоохранения РФ. Цельная кровь и ее компоненты относятся к незаменимым средствам восстановления жизнеспособности больных. Механизм действия перелитой крови был изучен в свое время в Центральном Научно-исследовательском институте переливания крови МЗ СССР [1], но качество полученной крови зависит от здоровья доноров. Снижение донорства в стране за последние 15 лет более чем в 2 раза повлекло за собой ухудшение показателей обеспечен-

ности лечебно-профилактических учреждений компонентами и препаратами крови [2–5]. Основными причинами неудовлетворительного объема заготовки крови (плазмы) человека являются: большое число противопоказаний к донорству и уменьшение численности трудоспособного населения Российской Федерации. Одной из главных причин отвода доноров является низкая концентрация гемоглобина крови (в России для допуска к донорству концентрация гемоглобина у мужчин должна быть более 130 г/л, у женщин — 120 г/л) [6].

Изучено влияние профессиональных факторов на показатели красной крови (концентрация гемоглобина, количество эритроцитов, СОЭ, гематокрит, цветовой показатель) доноров с учетом пола и возраста, определялось половое и возрастное распределение потенциальных доноров на предприятии и число отводов от донорства, анализировались основные жалобы обследованных на здоровье, регистрировались показатели периферической красной крови и рассчитывались индексы одиночного эритроцита.

Исследования проведены в клинико-диагностической лаборатории станции переливания крови г. Тюмени. В исследовании приняли участие 4267 доноров, работающих на предприятиях города с вредными условиями труда, включая соединения свинца, среди которых 2956 мужчин и 1311 женщин. Доноры работали в гальванических, литейных, механосборочных цехах монтажниками радиоэлектроники, аккумуляторщиками (намазчики пластин), плавильщиками цветных и черных металлов. Возраст доноров составил от 21 года до 50 лет, они были разделены на возрастные группы (21–30, 31–40, 41–50), согласно периодизации, предложенной В.В. Фролькисом [7]. В качестве контроля были использованы общие и гематологические показатели здоровых доноров — добровольцев, не занятых на вредном производстве.

Для оценки общего состояния обследованных использован метод прямого опроса [8]. Капиллярная кровь исследовалась на гематологическом анализаторе «BC 3000Plus» (Mindray, КНР), предназначенном для подсчета клеток крови электрическим импедансным методом, измерение гемоглобина выполнено безцианидным методом. Исследование содержания гемоглобина в крови включало определение его дериватов. Унифицированный метод подсчета эритроцитов основывался на фотометрическом методе. Значение гематокрита представляло собой результат комбинированного измерения электрических импульсов и математического расчета. Статистическая обработка полученных результатов исследования проведена на ПЭВМ IBM/PC при помощи стандартных статистических пакетов «SPSS 11,5 for Windows» (параметрическое сравнение по t-критерию Стьюдента).

Первый этап обследования состоял в определении жалоб потенциальных доноров. Основанием для отвода служили: общая слабость, боли различной локализации, одышка после физической нагрузки и др. До-

полнительные сведения были получены при изучении параметров красной крови. Из каждой половозрастной группы, включая контрольную, были отобраны по 30 человек.

У обследованных мужчин элементы красной крови находились в пределах физиологической нормы [9]. Количество эритроцитов и гематокритная величина у мужчин, работающих на промышленных предприятиях, соответствовали контрольным значениям и не отличались в зависимости от возраста [10,11]. Различия выявлены в концентрации гемоглобина: мужчины всех возрастных групп, работающие на промышленных предприятиях, имели статистически значимо более низкие значения уровня гемоглобина, чем представители группы контроля (табл. 1). Отмеченный факт может быть следствием непосредственного влияния производственных факторов [12], а именно солей тяжелых металлов, которые обычно в большой концентрации присутствуют в рабочих зонах промышленных предприятий, связанных с производством аккумуляторных батарей. В частности, свинец снижает гемсинтетическую функцию за счет нарушения синтеза порфиринов и снижения активности гемсинтазы. Кроме того, свинец тормозит процесс всасывания железа в желудочно-кишечном тракте, а также оказывает повреждающее воздействие на эритроцитарную мембрану [8].

У мужчин старшей возрастной контрольной группы уровень гемоглобина находился на более низком уровне, по сравнению с параметрами молодых мужчин (в возрасте 21 года — 30 лет). Данный факт может быть связан со снижением продукции мужских половых гормонов, которые, как известно, оказывают стимулирующее влияние на эритропоэз.

У обследованных женщин, работающих на промышленных предприятиях, показатели красной крови в большинстве случаев так же, как и у мужчин, соответствовали нормативным значениям (табл. 2). Исключение составили женщины старшей возрастной группы (41 год — 50 лет), у которых уровень гемоглобина был ниже физиологической нормы, что указывает на анемические изменения крови у обследованных сотрудниц. Необходимо отметить, что у женщин всех возрастных групп так же, как у мужчин, работающих на предприятиях с производственными вредностями, концентрация гемоглобина была ниже значений контрольных групп, что еще раз подтверждает высказанное

Таблица 1 / Table 1

Показатели периферической красной крови у обследованных мужчин, работающих на промышленных предприятиях (M+m)

Indicators of peripheral red blood in the surveyed men working in industrial enterprises (M+m)

Группа, возраст	Концентрация гемоглобина, Hb, г/л	Число эритроцитов $E_r \times 10^{12}/л$	Гематокритная величина, Ht, %	Скорость оседания эритроцитов, СОЭ, мм/ч
I — 21–30 лет (n=30)	143,80±1,06 +++	4,63±0,01	46,65±0,78	5,10±0,59
II — Контроль (n=30)	155,40±1,80	4,66±0,03	46,74±1,32	4,20±0,13
III — 31–40 лет (n=30)	142,90±1,67 +++	4,60±0,04	43,54±0,93	6,40±0,72
IV — Контроль (n=30)	151,39±1,50	4,64±0,06	44,40±1,42	4,80±0,42
V — 41–50 лет (n=30)	140,10±2,18 ++	4,58±0,05	41,65±1,18	6,80±0,52 +; *(I)
VI — Контроль (n=30)	149,10±1,52 **(II)	4,60±0,07	44,48±1,60	5,10±0,60
Норма [9]	132–164	4,0–5,1	40–48	1–10

Примечания: достоверность различий в зависимости от возраста: * — $p < 0,05$; по сравнению с контролем: + — $p < 0,05$; ++ — $p < 0,01$; +++ — $p < 0,001$.

Notes: the accuracy of differences depending on age: * — $p < 0.05$; compared to the control: ± $p < 0.05$; ++ — $p < 0.01$; +++ — $p < 0.001$.

предположение об угнетающем влиянии производственных факторов на эритропоэз.

Следует подчеркнуть, что у женщин, по сравнению с мужчинами, в большей мере проявляется негативное влияние производственных факторов. Так, у мужчин показатели количества эритроцитов не зависели от возраста, в то время как у женщин такая стабильность данного параметра зарегистрирована только в возрасте 21–30 лет, т. е. в тот период, когда трудовой стаж и,

следовательно, воздействие вредных производственных факторов еще непродолжительно. У женщин старше 31 года (III и V возрастные группы) число эритроцитов находилось на более низком уровне по сравнению с контролем, что может свидетельствовать о сопряженном ингибирующем влиянии профессиональных вредностей и женских половых гормонов на кроветворение, и, как следствие, приводить к появлению дегенеративных процессов в системе кроветворения [13].

Таблица 2 / Table 2

Показатели периферической красной крови обследованных женщин, работающих на промышленных предприятиях ($M \pm m$)

Indicators of peripheral red blood of surveyed women working in industrial enterprises ($M \pm m$)

Группа, возраст	Концентрация гемоглобина, Нб, г/л	Число эритроцитов, $E_r \times 10^{12}/л$	Гематокритная величина, Нт, %	Скорость оседания эритроцитов, СОЭ, мм/ч
I – 21–30 лет (n=30)	126,50±2,28 +++	4,06±0,02	36,45±0,64	5,50±0,60 +
II – Контроль (n=30)	137,30±1,40	4,10±0,06	38,65±0,78	7,20±0,44
III- 31–40 лет (n=30)	120,90±1,67 +++	3,86±0,04 +++; ***(I)	35,24±0,82	7,40±0,68
IV – Контроль (n=30)	130,52±1,34	4,20±0,04	38,80 ± 0,60	6,63±0,91
V – 41–50 лет (n=30)	111,20±1,72 +++	3,68±0,02 +++; ***(I, III)	34,65±1,18	8,40±0,79 *(I)
VI — Контроль (n=30)	129,62±1,78	4,10±0,05	37,20 ± 0,64	7,67±0,69
Норма [9]	115–145	3,7–4,7	36–42	2–15

Примечания: достоверность различий в зависимости от возраста: *** — $p < 0,001$; по сравнению с контролем: + — $p < 0,05$; +++ — $p < 0,001$.

Notes: the accuracy of differences depending on age: *** — $p < 0,001$; compared to the control: + — $p < 0,05$; + + + — $p < 0,001$.

Таблица 3 / Table 3

Величины эритроцитарных индексов у обследованных мужчин, работающих на промышленных предприятиях ($M \pm m$)

Indicators of peripheral red blood of surveyed women working in industrial enterprises ($M \pm m$)

Группа, возраст	Среднее содержание гемоглобина в эритроците, МСН, пг	Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, МСНС, %	Средний объем эритроцитов, МСV, $\mu\text{м}^3$
I – 21–30 лет (n=30)	31,06±0,82	30,86±1,04	100,76±1,78
II — Контроль (n=30)	33,35±0,60	33,25±0,88	100,30±2,02
III- 31–40 лет (n=30)	31,06±1,02	32,82±1,11	94,65±1,94 *(I)
IV — Контроль (n=30)	32,62±0,94	33,61±0,76	95,27±1,68
V — 41 год — 50 лет (n=30)	30,60±0,80	33,64±1,22	90,94±1,42 +; *(I)
VI — Контроль (n=30)	32,41±0,66	33,52±0,96	96,69±1,84
Норма [9]	24–33	30–38	75–95

Примечание: достоверность различий в зависимости от возраста: * — $p < 0,05$; *** — $p < 0,001$; по сравнению с контролем: + — $p < 0,05$.

Note: the accuracy of differences depending on age: * — $p < 0,05$; *** — $p < 0,001$; compared to the control: + — $p < 0,05$.

Таблица 4 / Table 4

Величины эритроцитарных индексов у обследованных женщин, работающих на промышленных предприятиях ($M \pm m$)

The values of erythrocyte indices in the surveyed women working in industrial enterprises ($M \pm m$)

Группы, возраст	Среднее содержание гемоглобина в эритроците, МСН, пг	Средняя концентрация гемоглобина в эритроците, МСНС, %	Средний объем эритроцитов, МСV, $\mu\text{м}^3$
I – 21–30 лет (n=30)	31,16±0,87	34,71±1,34	89,77±1,44
II – Контроль (n=30)	33,49±0,62	37,16±0,72	89,39±1,26
III- 31–40 лет (n=30)	31,32±1,04	34,31±1,01	91,29±1,70
IV – Контроль (n=30)	31,08±0,70	33,50±0,92	95,38±1,18 *(II)
V – 41–50 лет (n=30)	30,22±0,90	32,09±1,12	94,15±1,12
VI — Контроль (n=30)	31,61±1,00	34,83±0,88	90,72±1,92 *(IV)
Норма [9]	24–33	30–38	75–95

Примечание: достоверность различий в зависимости от возраста: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Notes: significance of differences depending on age: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$.

Общие сведения об участниках эксперимента
General information about the participants in the experiment

Группа, возраст	Мужчины			Женщины		
	приняли участие	отведение от донации	процент отведений от донации	приняли участие	отведение от донации	процент отведений от донации
I – 21–30 лет	1243	79	6,35	613	40	6,52
II – 31–40 лет	979	86	8,78	574	61	10,62
III – 41–50 лет	734	78	10,63	124	18	14,50
Итого	2956	243	8,22	1311	119	9,07

Скорость оседания эритроцитов у обследованных мужчин и женщин соответствовала нормативным значениям и практически не отличалась от контрольных величин. Исключение составили рабочие в возрасте 41 года — 50 лет, у которых данный показатель был статистически значимо выше контрольных значений и превышал показатели I возрастной группы. Относительное ускорение оседания эритроцитов обусловлено, вероятно, уменьшением количества эритроцитов, концентрации гемоглобина и изменениями физико-химических свойств плазмы крови.

Дополнительную качественную информацию о состоянии крови могут дать эритроцитарные индексы. В данном исследовании показатели среднего содержания и средней концентрации гемоглобина в эритроците у обследованных мужчин и женщин соответствовали физиологической норме, контрольным значениям и не отличались в зависимости от возраста (табл. 3, 4).

Такая стабильность эритроцитарных индексов у всех возрастных групп может свидетельствовать о большой компенсаторной возможности красного костного мозга. Исключение составил показатель среднего объема эритроцитов, который у мужчин старше 31 года, работающих на промышленных предприятиях, был статистически значимо ниже, чем у рабочих I возрастной группы. Выявленное уменьшение объема эритроцитарных клеток, вероятно, связано с дефицитом железа, что может быть следствием уменьшения его всасывания в желудочно-кишечном тракте в результате негативного влияния свинца, как основного травмирующего фактора профессиональной деятельности.

На основании анализа объективных цифр гематологических наблюдений и субъективных оценок собственного здоровья донорами методом прямого опроса [1] обнаружено наличие анемического синдрома, одного из основных синдромов свинцовой интоксикации.

Таким образом, выявленные изменения показателей красной крови сотрудников производственных предприятий позволяют сделать следующее заключение: для повышения здоровья трудоспособного населения необходимо проводить профилактические мероприятия, а в качестве контрольной оценки их эффективности недостаточно использовать только уровень гемоглобина и количество эритроцитов. При гематологических исследованиях необходимо учитывать и эритроцитарные индексы, отклонения которых могут являться предикторами патологических состояний [14–17].

Выполнены медико-статистические исследования, результаты которых за 2016 г. представлены в таблице 5.

Заключение. При сопоставлении результатов количества обследованных доноров и отведенных от донорства в разные годы мы констатировали рост общего числа доноров, но параллельно и прирост числа лиц, не допущенных к забору крови. Полагаем, что среди перспективных мероприятий

по поддержанию и развитию донорства на предприятиях с вредными условиями труда, должны быть разработаны конкретные планы улучшения здоровья, включая специфические средства и условия для оздоровления системы крови.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федоров Н.А. *Нормальное кроветворение и его регуляция*. М.: Медицина; 1976.
2. Гришина О.Е. *Формирование и управление донорским контингентом на модели ведомственной службы крови: Автореф. дисс. ... канд. мед. наук*. Москва; 2008.
3. Жибурт Е.Б., ред. *Стандарты качества в службе крови*. М.: НПП Интелфорум; 2005.
4. Жибурт Е.Б., Каюмова А.И., Копченко Т.Г., Губанова М.Н. Сезонные изменения доли отвода доноров с низкой концентрацией гемоглобина. *Вестник службы крови России*. 2009; 2: 8–11.
5. Коденев А.Т., Губанова М.Н., Жибурт Е.Б. Годовой ритм низкой концентрации гемоглобина у потенциальных доноров юга России. *Вестник службы крови России*. 2009; 4: 26–9.
6. Об утверждении порядка медицинского обследования донора крови и ее компонентов: Приказ №364 Министерства здравоохранения РФ от 14 сентября 2001 г. (с изменениями и дополнениями). М.; 2001.
7. Фролькис В.В., Безруков В.В. *Кровообращение и старение*. Л.: Наука; 1984.
8. Косарев В.В., Бабаков С.А. *Профессиональные болезни*. М.: Биком, 2011.
9. Меньшиков В.В., ред. *Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник*. М.: Медицина; 1987.
10. Волкова С.А. Показатели гемограммы у взрослого работающего населения. *Гематология и трансфузиология*. 2008; 53(1): 21–7.
11. Панченков Т.П. Определение оседания эритроцитов при помощи микрокапилляра. *Врачебное дело*. 1924; 16–17: 695–7.
12. Козинец Г.И., Каломова Д.Р., Погорелов В.М. Клетки периферической крови и экологические факторы внешней среды. *Клинико-лабораторная диагностика*. 1993; 1: 14–20.
13. Шиффман Ф.Д. *Патофизиология крови*. М.: Бином; 2007.
14. Соловьева С.В., Соловьев В.С., Елифанов А.В., Панин С.В. *Физиология и патология кровообращения и дыхания у человека на Севере*. Тюмень: Изд-во ТюмГУ; 2008.
15. Hoekstra T., Veldhuizen I., van Noord P. A. et al. Seasonal influences on hemoglobin levels and deferral rates in whole-blood and plasma donors. *Transfusion*. 2007; 47(5): 895–900.
16. Hu M., Finni T., Sedliak M. et al. Seasonal variation of red blood cell variables in physically inactive men: effects of strength training. *Int J Sports Med*. 2008; 29(7): 564–8.
17. Lau P., Hansen M., Sererat M. Influence of climate on donor deferrals. *Transfusion*. 1988; 28(6): 559–62.

REFERENCES

1. About the approval of the order of medical examination of the blood donor and its components: *Prikaz 364 Ministerstva Zdravookhraneniya, ot 14 Sentyabrya, 2001 (s izmeneniyami i dopolneniyami)*). M.; 2001.
2. Volkova S.A. Hemogram indicators in the adult working population. *Gematologiya i transfuziologiya*. 2008; 53 (1): 21–7.
3. Grishina O.E. formation and management of the donor contingent on the model of the departmental blood service: Avtoreferat. dissertazhii kand. med. nauk. Moskva; 2008.
4. Zhiburt E.B., ed quality Standards in blood transfusion services. *Moskva: NPZH Intelforum*; 2005.
5. Zhiburt E.B., Kayumova L.I., Kopchenko T.G., Gubanova M.N. Seasonal changes in the percentage of donor withdrawal with low hemoglobin concentration. *Vestnik slujbui krovi Rossii*. 2009; 2: 8–11.
6. Kodenev A.T., Gubanova M.N., zhiburt E.B. Annual rhythm of low hemoglobin concentration in potential donors in the South of Russia. *Vestnik slujbui krovi Rossii*. 2009; 4: 26–9.
7. Kozinets G.I., Kalamova D.R., Pogorelov V.M. Cells of peripheral blood and environmental factors in the external environment. *Cliniko-laboratornaya diagnostika*. 1993; 1: 14–20.
8. Kosarev V.V., Babakov S. A. *Professionalnyue bolezni*. Moskva: Bikom, 2011.
9. Menshikov V.V., ed. Laboratory methods of research in the clinic: *Spravochnik*. Moskva: Medizhina; 1987.
10. Panchenkov T. p. Determination of erythrocyte sedimentation using a microcapillary. *Vrachebnoe delo*. 1924; 16–17: 695–7.
11. Solovyova S.V., Solovyov V.S., Elifanov A.V., Panin S.V. Physiology and pathology of blood circulation and respiration in humans in the North. *Tyumen: Izdatelstvo TYUMGU*; 2008.
12. Fedorov N.A. *Normal hematopoiesis and its regulation*. Moskva: Medichina; 1976.
13. Frolkis V.V., Bezrukov V.V. *Blood circulation and aging*. L.: Nauka; 1984.
14. Shiffman, D.F. *Pathophysiology of blood*. M.: Binom; 2007.
15. Hoekstra T., Veldhuizen I., van Noord P. A. et al. Seasonal influences on hemoglobin levels and deferral rates in whole-blood and plasma donors. *Transfusion*. 2007; 47(5): 895–900.
16. Hu M., Finni T., Sedliak M. et al. Seasonal variation of red blood cell variables in physically inactive men: effects of strength training. *Int J Sports Med*. 2008; 29(7): 564–8.
17. Lau P., Hansen M., Sererat M. Influence of climate on donor deferrals. *Transfusion*. 1988; 28(6): 559–62.

Дата поступления / Received: 12.04.2017

Дата принятия к печати / Accepted: 19.12.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

ДИСКУССИИ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-53-58>

УДК 616:24-001

© Коллектив авторов, 2020

Федотов В.Д.^{1,2}, Шония М.Л.^{1,2}, Белоусько Н.И.¹**Клинико-прогностические аспекты взаимоотношений хронической обструктивной болезни легких профессиональной этиологии и хронического необструктивного бронхита**¹ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950;²ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России, пл. Минина и Пожарского, 10/1, Нижний Новгород, Россия, 603005

В профпатологической клинике недостаточно исследованы особенности течения хронического профессионального бронхита профессиональной этиологии (ХБП ПЭ) и его взаимоотношения с профессиональной хронической обструктивной болезнью легких профессиональной этиологии (ХОБЛ ПЭ).

Цель исследования — изучить факторы риска, клинические особенности и прогноз профессионального хронического необструктивного бронхита.

В исследование были отобраны 222 пациента — рабочих металлургического предприятия с установленными диагнозами ХБП ПЭ и ХОБЛ ПЭ. Изучены истории болезни с момента установки диагноза профессионального заболевания (в среднем 10 лет).

Пациенты были разделены на три группы: с исходно установленным диагнозом ХОБЛ ПЭ составили группу №1, с исходно установленным диагнозом ХПБ ПЭ, у которых при проведении ежегодного обследования не было выявлено признаков ХОБЛ ПЭ, составили группу №2, и пациенты с исходно установленным диагнозом ХПБ ПЭ, у которых в ходе динамического обследования были выявлены признаки ХОБЛ ПЭ, составили группу №3.

Во всех группах отмечено снижение параметров спирометрии. ОФВ1 статистически значимо снизился на 12% в 1 группе, на 13% — во второй группе и на 27% — в третьей группе.

При анализе значений модифицированного индекса Тифно (МИТ) в группе №3 было выявлено статистически значимое снижение МИТ относительно исходного уровня на 21% ($p=0,002$, $Z=2,9$, критерий Вилкоксона).

У 52 человек из 156 (или 34,6%) с исходным диагнозом ХПБ ПЭ за период наблюдения произошла манифестация ХОБЛ ПЭ.

Выделены два фенотипа ХПБ ПЭ — с благоприятным и неблагоприятным прогнозами. Пациентам с ХПБ ПЭ после установления профессионального диагноза необходимо рекомендовать рациональное трудоустройство вне воздействия промышленных аэрозолей из-за высокого риска прогрессирования заболевания.

Ключевые слова: ХОБЛ профессиональной этиологии; хронический необструктивный бронхит; спирометрия; ОФВ1

Для цитирования: Федотов В.Д., Шония М.Л., Белоусько Н.И. Клинико-прогностические аспекты взаимоотношений хронической обструктивной болезни легких профессиональной этиологии и хронического необструктивного бронхита. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-53-58>

Для корреспонденции: Федотов Василий Дмитриевич, ст. науч. сотр. ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ассист. каф. госпитальной терапии и общей врачебной практики им. В.Г. Вогралика ФГБОУ ВО «ПИМУ» Минздрава России, канд. мед. наук. E-mail: basil11@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Vasily D. Fedotov^{1,2}, Monika L. Shoniya^{1,2}, Nikolay I. Belousko¹**Clinical and prognostic aspects of the relationship of chronic obstructive pulmonary disease of occupational etiology and chronic non-obstructive bronchitis**¹Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, 20, Semashko str., Nizhny Novgorod, Russia, 603950;²Privolzhsky Research Medical University, 10/1, Minina and Pozharskogo sq., Nizhny Novgorod, Russia, 603005

The specific features of the course of chronic occupational bronchitis (OCB) and its relationships with occupational chronic obstructive pulmonary disease (OCOPD) have not been adequately investigated in the clinic of occupational pathology.

The aim of the study was to study risk factors, clinical features and prognosis of chronic non-obstructive bronchitis.

222 patients (metal workers) with OCB and OCOPD were randomly selected for the study. The medical histories of diseases were studied from the initial diagnosis to the present status (in average the period of 10 years). Patients were divided into three groups: with the initial diagnosis of OCOPD (1), with the initial diagnosis of OCB, but transformed to OCOPD (2) and the patients with the initial diagnosis of OCB (3).

Patients were divided into three groups: those initially diagnosed with COPD PE made up group No. 1, those initially diagnosed with CKD PE who did not show signs of COPD PE during the annual examination made up group No. 2, and those initially diagnosed with CKD PE who showed signs of COPD PE during the dynamic examination made up group No. 3.

All groups showed a decrease in spirometry parameters. FEV₁ was statistically significantly decreased by 12% in group 1, by 13% in the second group and by 27% in the third group. When analyzing modified Typhno index (MTI) values in group 3, there was a statistically significant decrease in MTI from baseline by 21% ($p=0.002$, $Z = 2.9$, Wilcoxon test). In 52 people out of 156 (or 34.6%) with the initial diagnosis of OCB, a manifestation of OCOPD occurred during the observation period. Two phenotypes of chronic bronchitis were distinguished: with favorable and unfavorable prognoses. Patients with OCB, after establishing a professional diagnosis, should be recommended to rational employment out of exposure to industrial aerosols, due to the high risk of disease progression.

Keywords: COPD of professional etiology; chronic non-obstructive bronchitis; spirometry; FEV₁

For citation: Fedotov V.D., Shoniya M.L., Belousko N.I. Clinical and prognostic aspects of the relationship of chronic obstructive pulmonary disease of occupational etiology and chronic non-obstructive bronchitis. *Med. truda i prom. ecol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-53-58>

For correspondence: Vasily D. Fedotov, senior researcher of Nizhny Novgorod Research Institute of Hygiene and Occupational Pathology», assistant of the department of hospital therapy and general medical practice, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: basil11@yandex.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. В России распространенность хронической обструктивной болезни легких (ХОБЛ) в популяции составляет порядка 15%, и число больных постоянно растет [1,2].

Профессиональному фактору в генезе заболеваний уделяется все возрастающее внимание, так как по данным Международной организации труда (МОТ) экономические потери от травматизма и профессиональной заболеваемости, обусловленные трудовой деятельностью, достигают 4% мирового ВВП [3].

Значительную часть профессиональных заболеваний составляют заболевания органов дыхания, прежде всего пылевой этиологии. Считается, что неорганическая и органическая пыль, а также химические вещества все еще являются недооцененными факторами риска ХОБЛ [4]. Согласно общероссийской статистике, болезни органов дыхания составляют пятую часть всех профессиональных заболеваний [3].

По данным американского эпидемиологического исследования «NHANES III», до 19,2% пациентов с ХОБЛ имеют профессиональную этиологию заболевания, притом, что 31% из них никогда не курили [5]. Американское торакальное общество более 10 лет назад указывало в своих документах на то, что 10-20% всех лиц с симптомами ХОБЛ заболели этим недугом вследствие воздействия профессиональных факторов [6].

Современные исследователи утверждают, что до сих пор выявление профессиональных причин развития ХОБЛ представляет серьезную проблему [7].

При этом в структуре профессиональных заболеваний значительное место занимает профессиональный хронический (простой) необструктивный бронхит профессиональной этиологии (ХПБ ПЭ). Нужно заметить, что диагноз ХПБ, вне зависимости от его этиологии, ставится при исключении иных заболеваний бронхолегочной системы, прежде всего ХОБЛ.

В клинике профессиональных болезней общепринятым является следующее определение ХПБ ПЭ: «хронический профессиональный необструктивный бронхит — хроническое воспалительное заболевание бронхов, обусловленное воздействием промышленных аэрозолей различного состава, характеризующееся диффузным поражением бронхиального дерева, с жалобами в виде продуктивного кашля в течение не менее 3 месяцев на протяжении 2 лет подряд или более, при отсутствии у пациента какой-либо другой бронхопальмональной патологии» [8,9].

Между тем, в GOLD приводятся сведения, что ХПБ не приводит к снижению объема форсированного выдоха за

первую секунду (ОФВ₁) [2]. В то же время некоторые авторы считают ХПБ одним из классических фенотипов ХОБЛ [10]. В статье Stockley R.A. также утверждается, что ХПБ — фенотип и предиктор прогрессирования ХОБЛ и риска обострений [11].

Вместе с этим, Carlos H. Martinez и соавторы на основании обследования 597 человек с ХПБ пришли к заключению, что необходимы дополнительные данные для уточнения момента трансформации ХПБ в ХОБЛ, а также актуальна разработка подходов к терапии пациентов с ХПБ [12].

Внимания заслуживает исследование Zock J.P. и соавторов, которые пришли к выводу, что профессиональный фактор вносит решающий вклад в развитие ХПБ у молодых работников, при этом у них не наблюдается снижения ОФВ₁. Последнее обстоятельство авторы объяснили молодым возрастом обследованных [13].

В отечественной пульмонологии и медицине труда также нет консенсуса относительно взаимных отношений ХПБ и ХОБЛ, хотя А.Г. Чучалин считает, что: «ХОБЛ как самостоятельная нозологическая форма начинается с одновременного включения всех патогенетических механизмов. Поэтому выделение стадии бронхита искусственно и не соответствует истинному положению патогенетических механизмов» [14].

В отчетах GOLD указывается, что хроническое ограничение воздушного потока при ХОБЛ основано на сочетании поражения терминальных отделов бронхиального дерева и разрушения паренхимы с развитием эмфиземы. Притом существует гетерогенность этих процессов у разных пациентов, что приводит к существованию нескольких фенотипов ХОБЛ [15].

Таким образом, в современных публикациях не удается найти однозначные ответы на вопросы: является ли ХПБ ПЭ клиническим фенотипом ХОБЛ ПЭ, возможна ли трансформация ХПБ ПЭ в ХОБЛ ПЭ, каков прогноз сохранения трудоспособности у пациентов с ХПБ ПЭ. По этой причине изучение факторов риска, клинических особенностей ХПБ ПЭ, а также вопросы профилактики этой патологии среди работающих на современных производствах представляются актуальной проблемой.

Для проведения исследования были отобраны 224 пациента с ХПБ ПЭ и ХОБЛ ПЭ. Пациентами являлись стажированные работники машиностроения (литейного производства), работавшие в ОАО «ГАЗ» и подвергавшиеся воздействию кремнеземсодержащей пыли в концентрациях, превышающих ПДК от 2 до 11 раз. Эти пациенты проходили ежегодное динамическое наблюдение в профпа-

тологическом стационаре клиники ФБУН «ННИИ ГП» Роспотребнадзора.

Диагноз ХОБЛ устанавливался на базе критериев, изложенных в документах Глобальной стратегии по диагностике и лечению ХОБЛ [2]. Диагноз профессиональной этиологии заболевания был установлен в соответствии с действующими в РФ регламентами [9].

По нарушению бронхиальной проводимости больные ХОБЛ были отнесены к GOLD II и III степени. По классификации ХОБЛ по GOLD (2018) больные ХОБЛ ПЭ были отнесены к группам В и D.

Необходимо подчеркнуть, что диагноз ХПБ ПЭ устанавливался как «диагноз исключения» (параметры легочной вентиляции были в норме).

Подробный анализ сопутствующих заболеваний и коморбидности респираторной патологии не проводился. Однако, у примерно 87% пациентов были выявлены сопутствующие заболевания сердечно-сосудистой системы.

Все пациенты с ХОБЛ ПЭ получали терапию в объеме согласно с Национальными клиническими рекомендациями Российского респираторного общества по лечению ХОБЛ [16] и рекомендациям GOLD. Лечение ХПБ проводилось в соответствии с рекомендациям по профессиональным заболеваниям органов дыхания [17].

Были детально проанализированы истории болезней, начиная с момента постановки диагноза, и оценена динамика параметров функции внешнего дыхания на протяжении всей длительности наблюдения (около 10 лет).

Пациенты были разделены на три группы: с исходно установленным диагнозом ХОБЛ ПЭ составили группу №1, с исходно установленным диагнозом ХПБ ПЭ, у которых при проведении ежегодного обследования не было выявлено признаков ХОБЛ ПЭ, составили группу №2, и пациенты с исходно установленным диагнозом ХПБ ПЭ, у которых в ходе динамического обследования были выявлены признаки ХОБЛ ПЭ, составили группу №3.

Группа №1: всего 66 человек (48 мужчин и 18 женщин), средний возраст $64,4 \pm 10,8$ года. Стаж работы во вредных и опасных условиях труда был $25,8 \pm 9$ лет, длительность заболевания равнялась 13 годам [11р; 25р]. Семь пациентов (или 10,6%) из этой группы работали вне контакта с вредными факторами. Девятнадцать человек (или 28,7%) курили. Средняя утрата профессиональной трудоспособности составляла 40% [20р; 50р]; 35 человек (или 53%) имели утрату общей трудоспособности (группу инвалидности).

Группа №2: всего 102 человека (49 мужчин и 53 женщины), средний возраст $60,8 \pm 9,2$ года, стаж работы во вред-

ных и опасных условиях труда $25,2 \pm 8,4$ года, длительность заболевания 9,5 лет [2р; 15р]. Двадцать девять пациентов (или 28,3%) из этой группы работали, притом часть из них в контакте с промышленным аэрозодем; 11 человек (или 10%) курили. Средняя утрата профессиональной трудоспособности составляла 10% [10р; 25р]; 18 человек (или 17%) имели утрату общей трудоспособности (группу инвалидности).

Группа №3: всего 54 человека (40 мужчин и 14 женщин), средний возраст $61,2 \pm 15,1$ года, стаж работы во вредных и опасных условиях труда $24,2 \pm 7,7$ года, длительность заболевания 12 лет [5р; 8р]. Восемь пациентов (или 14%) из этой группы работали, часть из них продолжали работать в контакте с промышленным аэрозодем; 17 человек (или 31%) курили. Средняя утрата профессиональной трудоспособности была равна 20% [10р; 40 р]; 20 человек (или 37%) имели утрату общей трудоспособности (группу инвалидности).

Группы №1 и №3 между собой статистически значимо не отличались, но различались с группой №2 по половому составу (в группах с ХОБЛ ПЭ преобладала мужская популяция), параметрам инвалидизации и % утраты профессиональной трудоспособности. Во всех группах отмечена длительная работа заболевших в контакте с профессиональными аэрозолями и значительная продолжительность хронической бронхолегочной патологии.

Все участники дали добровольное информированное согласие на обследование и опубликование полученных результатов. Проведенная работа не ущемляла права и не подвергала опасности благополучия обследованных лиц в соответствии с требованиями биомедицинской этики, предъявляемыми Декларацией Всемирной медицинской ассоциации (2000) и Приказом Минздрава РФ № 266 (от 19.06.2003).

Все данные были внесены в электронную базу данных в среде Microsoft Office Excel 2007 и статистические обработаны при помощи пакета «AnalystSoft Inc., StatPlus, версия 6». В случае распределения признаков, отличающегося от нормального, применяли методы непараметрической статистики. Оценка силы связи между признаками проводилась с помощью коэффициента корреляции Спирмена (R). При сравнении нескольких групп применяли критерий Краскела-Уоллиса. Уровень статистической значимости принимали при $p \leq 0,05$.

Параметры легочной вентиляции всех групп в динамике представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, во всех группах отмечено снижение параметров спирометрии.

Таблица 1 / Table 1

Параметры легочной вентиляции после бронходилатационного теста в динамике у пациентов с профессиональной легочной патологией*, Ме**

Parameters of pulmonary ventilation after bronchodilatation test in dynamics in patients with occupational pulmonary pathology*, Me**

Спирометрия	Группы пациентов					
	№1		№2		№3	
	Исходно	Конечно*	Исходно	Конечно*	Исходно	Конечно*
ФЖЕЛ, %	60,5 [47;73]	64 [51;74]	82 [70;89]	67 [60;78]	80,5 [76;86]	67,5 [52;77]
ОФВ ₁ , %	60 [47; 72]	48 [42;62]	81 [72;90]	68 [58;73]	82 [74;88]	55 [42; 69]
МИТ	0,66 [0,58; 0,69]	0,64 [0,56; 0,69]	0,83 [0,80; 0,87]	0,79 [0,75; 0,84]	0,81 [0,75; 0,84]	0,64 [0,59; 0,67]

Примечания: * — срок наблюдения 10 лет; ** — Ме — Медиана [25-й и 75-й перцентили]; ФЖЕЛ — форсированная жизненная емкость легких в % от должного; ОФВ₁ — объем форсированного выдоха за первую секунду % от должного; МИТ — модифицированный индекс Тиффно (ОФВ₁/ФЖЕЛ).

Notes: * — observation period of 10 years; ** — Me — Median [25th and 75th percentiles]; FVLC — forced vital lung capacity in % of what is due; VFE₁ — volume of forced expiration in the first second % of what is due; MTI — modified Tiffno index (VFE₁ / FVLC).

В группе №1 ОФВ₁ статистически значимо снизился на 12% ($Z 2,08 p=0,03$, критерий Вилкоксона). В группе №2 снижение ОФВ₁ было статистически незначимым и составило 13% ($Z 2,78 p=0,05$, критерий Вилкоксона), а в группе №3 — 27% ($Z 4,08 p=0,000044$, критерий Вилкоксона).

При анализе значений МИТ в группе №3 было выявлено статистически значимое снижение МИТ относительно исходного уровня на 21% ($p=0,002$, $Z=2,9$, критерий Вилкоксона). При этом усредненный МИТ составил 0,64, что соответствует критериям ХОБА.

После сравнения медиан значений ОФВ₁ между группами стало очевидно, что наихудшие параметры наблюдались в группах №1 и №3, а в группе №2 ОФВ₁ был статистически значимо выше ($p=0,00001$, тест Краскелла-Уоллиса).

Таким образом, у 52 человек из 156 (или 34,6%) с исходным диагнозом ХПБ ПЭ за период наблюдения произошла манифестация ХОБА ПЭ.

С учетом того, что во всех группах были курящие пациенты, был проведен анализ на предмет влияния курения на прогрессирование респираторного расстройства в группах. Результаты представлены в таблице 2.

Скорость снижения ОФВ₁ в группе №1 среди курящих статистически достоверно составила 1,58% в год, среди некурящих отмечалась лишь тенденция к снижению на 0,8% в год. В группе №3 среди курящих статистически значимое снижение составило 2,1%/год, среди некурящих также статистически значимо 1,66%/год. Таким образом, снижение ОФВ₁ в группе №3 среди некурящих пациентов

было в 2 раза быстрее, чем таковое у некурящих пациентов в группе №1.

Согласно представленным данным, фактор курения наиболее значим для пациентов с исходно установленным диагнозом ХОБА ПЭ, у которых в течение 10 лет происходит существенное утяжеление заболевания, несмотря на проводимую бронхолитическую терапию. У некурящих пациентов с ХОБА ПЭ на фоне медикаментозной терапии не происходит статистически значимое снижение ОФВ₁ при условии прекращения работы с промышленными аэрозолями.

Очевидно, что пациенты с ХПБ ПЭ представляют собой гетерогенную группу. Известно, что хронический воспалительный процесс в бронхолегочной системе любой этиологии приводит к ее ремоделированию. Основные механизмы ремоделирования мелких бронхов связаны с оксидативным стрессом, синтезом провоспалительных цитокинов, факторами роста, адгезии и пролиферацией фибробластов, синтезом соединительнотканного матрикса. Оксид кремния, взаимодействуя с водой, медленно превращается в коллоидный раствор кремниевой кислоты. Кремниевая кислота в силу своих химических свойств (сходных с гликозаминогликанами) может принимать участие в конструкции коллагеновых волокон. В результате формируются тонкие тяжи соединительной ткани в паренхиме легких (перегородках альвеол), вокруг бронхиол и вазального компонента активно развивается склеротический процесс. Происходят разрывы альвеолярных перегородок, формируется эмфи-

Таблица 2 / Table 2

Параметры спирометрии после бронходилатационного теста в динамике у курящих и некурящих пациентов в группах №1 и №3, Ме*

Parameters of spirometry after bronchodilatation test in dynamics in Smoking and non-Smoking patients in groups No.1 and No.3, Me*

Подгруппа по курению	Показатель	Группы пациентов	
		№1	№3
Курящие	ОФВ ₁ , % исходно	59 [46; 67]	81 [74,8;85]
	ОФВ ₁ , % конечно	40 [35; 56]	55 [38; 86]
	<i>p</i> , внутри группы	0,0005	0,0008
Не курящие	ОФВ ₁ , % исходно	58 [48,3;75,5]	79 [67,3;91]
	ОФВ ₁ , % конечно	48 [43;58]	59 [45,5; 70]
	<i>p</i> , внутри группы	0,17	0,002

Примечание: * — Ме — Медиана [25-й и 75-й перцентили].

Note: * — Me — Median [25th and 75th percentiles].

Таблица 3/ Table 3

Характеристика ХОБА ПЭ и клинических фенотипов ХПБ ПЭ

Characterization of COPD OE and clinical phenotypes of chronic bronchitis OE

Признак	ХОБА ПЭ	Фенотип ХПБ ПЭ I типа	Фенотип ХПБ ПЭ II типа
Средняя экспозиция фактора вредности, лет	25,8±9	24,2±7,7	25,2±8,4
Условия труда (превышение ПДК по кремнезем содержащей пыли в воздухе рабочей зоны, норма 2,0 мг/м ³), раз	2-11		
Средняя утрата профессиональной трудоспособности, %	40	20	10
Утрата общей трудоспособности, %	53	37	17
Продолжают работать, %	10	31	28
Скорость снижения ОФВ ₁ за год, %	у курящих 1,58 у некурящих 0,8	у курящих 2,1 у некурящих 1,66	статистически значимо не снижается
Индекс Тиффно в дебюте заболевания	<0,7	0,7	0,7
ОФВ ₁ в дебюте заболевания, %	<80	80	80

зема («воздушные ловушки») и склероз стенок мелких бронхов, что приводит к частично обратимой бронхиальной обструкции, что в купе с эмфиземой равнозначно наличию ХОБЛ.

Таким образом, как минимум можно выделить два клинических фенотипа ХПБ ПЭ.

Клинический фенотип ХПБ ПЭ I типа в дебюте заболевания характеризуется нормальными параметрами спирометрии. В дальнейшем, не зависимо от фактора курения отмечается статистически значимое ежегодное проградентное снижение ОФВ₁ (1,6% в год у некурящих и 2,1% в год у курящих). В последующем падает индекс Тиффно и происходит манифестация ХОБЛ ПЭ. Распространенность данного фенотипа в популяции пациентов с ХПБ ПЭ составляет 34,6%.

Клинический фенотип ХПБ ПЭ II типа характеризуется нормальными параметрами легочной вентиляции, как в дебюте заболевания, так и в последующем, но самое главное, у этих пациентов нет годовой отрицательной динамики по ОФВ₁ на протяжении длительного периода наблюдения.

При детальном анализе пациентов обследованных групп можно выделить сходства и различия ХОБЛ ПЭ и клинических фенотипов ХПБ ПЭ (табл. 3).

Как видно из таблицы, пациенты с фенотипом I типа ближе по своим характеристикам к больным ХОБЛ. В частности, у них выше процент утраты общей и профессиональной трудоспособности, чем у других пациентов с ХБП.

Выводы:

1. Выделены два фенотипа ХПБ ПЭ – с благоприятным (65,4%) и неблагоприятным (34,6%) прогнозами течения заболевания.

2. Пациентам с ХПБ ПЭ после установления профессионального диагноза необходимо рекомендовать рациональное трудоустройство вне воздействия промышленных аэрозолей, из-за высокого риска прогрессирования заболевания.

3. Всем пациентам с ХОБЛ ПЭ и ХПБ ПЭ следует настойчиво рекомендовать прекратить курение, возможно путем включения этой рекомендации в индивидуальные программы реабилитации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chuchalin A.G., Khaltaev N., Antonov N.S., Galkin D.V., Manakov L.G., Antonini P., et al. Chronic respiratory diseases and risk factors in 12 regions of the Russian Federation. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. Krasnoyarsk; 2014; 9:963-74. DOI: 10.2147/COPD.S67283.
2. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Global strategy for diagnosis, management, and prevention of COPD. 2018. <http://www.goldcopd.org/>.
3. Шпагина Л.А., Потеряева Е.Л., Котова О.С., Шпагин И.С., Смирнова Е.Л. Актуальные проблемы пульмонологии в современной профпатологической клинике. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 9: 11-4.
4. Paulin L.M., Diette G.B., Blanc P.D., Putcha N., Eisner M.D., Kanner R.E., et al. SPIROMICS Research Group. Occupational exposures are associated with worse morbidity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015; 191: 557–65. DOI: 10.1164/rccm.201408-1407OC.
5. Kurth L., Hnizdo E. Change in prevalence of restrictive lung impairment in the U.S. population and associated risk factors: the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1988-1994 and 2007-2010. *Multidiscip Respir Med*. 2015; 10(1): 7. DOI: 10.1186/s40248-015-0003-6.

6. Doney B.C., Henneberger P.K., Humann M.J., Liang X., Kelly K.M., Cox-Ganser J.M. Occupational Exposure to Vapor-Gas, Dust, and Fumes in a Cohort of Rural Adults in Iowa Compared with a Cohort of Urban Adults. *MMWR Surveill Summ*. 2017; 66 (21): 1-5. DOI: 10.15585/mmwr.ss6621a1.

7. Васильева О.С., Кравченко Н.Ю. Хроническая обструктивная болезнь легких как профессиональное заболевание: факторы риска и проблема медико-социальной реабилитации больных. *Российский медицинский журнал*. 2015; 21(5): 22-6.

8. Кокосов А.Н. Хронический бронхит и обструктивная болезнь легких. «Лань», 2002, 288 с.

9. Измеров Н.Ф., Чучалин А.Г. *Профессиональные заболевания органов дыхания*. Национальное руководство. М.: «ГЭОТАР-Медиа»; 2015.

10. Lee J.H., Cho M.H., Hersh C.P., McDonald M.L., Crapo J.D., Bakke P.S., et al. Genetic susceptibility for chronic bronchitis in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Res*. 2014; 15: 113. DOI: 10.1186/s12931-014-0113-2.

11. Stockley R.A. Biomarkers in chronic obstructive pulmonary disease: confusing or useful? *Intern J of COPD*. 2014; 9: 163–77.

12. Martinez C.H., Kim V., Chen Y., Kazerooni E.A., Murray S., Criner G.J., et al. The clinical impact of non-obstructive chronic bronchitis in current and former smokers. *Respir Med*. 2014; 108(3):491–9. DOI: 10.1016/j.rmed.2013.11.003

13. Zock J.P., Sunyer J., Kogevinas M., Kromhout H., Burney P., Antó J.M. Occupation, chronic bronchitis, and lung function in young adults. An international study. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001; 163(7): 1572-7. DOI: 10.1164/rccm.200504-648OC.

14. Чучалин А.Г. *Респираторная медицина: руководство в 2 т.* М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. Т 2.

15. Martinez C.H., Delclos G.L. Occupational Exposures and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Causality Established, Time to Focus on Effect and Phenotypes. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015; 191(5): 499–501. DOI: 10.1164/rccm.201501-0106ED.

16. Чучалин А.Г., Авдеев С.Н., Айсанов З.Р., Белевский А.С., Лещенко И.В., Овчаренко С.И. и др. Федеральные клинические рекомендации «Хроническая обструктивная болезнь легких». *Российское респираторное общество*; 2016.

17. Проект Федеральные клинические рекомендации «Профессиональная хроническая обструктивная болезнь легких». МКБ 10: J44. Год утверждения: 2017 (пересмотр каждые 2 года). Российская ассоциация специалистов по медицине труда. <http://iriogh.ru/doc/prof-commission/FedClinRekHOBL.pdf>.

REFERENCES

1. Chuchalin A.G., Khaltaev N., Antonov N.S., Galkin D.V., Manakov L.G., Antonini P., et al. Chronic respiratory diseases and risk factors in 12 regions of the Russian Federation. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. Krasnoyarsk; 2014; 9: 963-74. DOI: 10.2147/COPD.S67283.
2. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Global strategy for diagnosis, management, and prevention of COPD. 2018. <http://www.goldcopd.org/>.
3. Shpagina L.A., Poteryaeva E.L., Kotova O.S., Shpagin I.S., Smirnova E.L. Actual problems of pulmonology in the modern occupational pathology clinic. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; 9: 11-4 (in Russian).
4. Paulin L.M., Diette G.B., Blanc P.D., Putcha N., Eisner M.D., Kanner R.E., et al. SPIROMICS Research Group. Occupational exposures are associated with worse morbidity in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2015; 191: 557–65. DOI: 10.1164/rccm.201408-1407OC.
5. Kurth L., Hnizdo E. Change in prevalence of restrictive lung impairment in the U.S. population and associated risk factors: the

- National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 1988-1994 and 2007-2010. *Multidiscip Respir Med.* 2015; 10(1): 7. DOI: 10.1186/s40248-015-0003-6.
6. Doney B.C., Henneberger P.K., Humann M.J., Liang X., Kelly K.M., Cox-Ganser J.M. Occupational Exposure to Vapor-Gas, Dust, and Fumes in a Cohort of Rural Adults in Iowa Compared with a Cohort of Urban Adults. *MMWR Surveill Summ.* 2017; 66 (21): 1-5. DOI: 10.15585/mmwr.ss6621a1.
7. Vasil'eva O.S., Kravchenko N.Yu. Chronic obstructive pulmonary disease as an occupational disease: risk factors and the problem of medical and social rehabilitation of patients. *Rossiyskiy meditsinskiy zhurnal.* 2015; 21 (5): 22-6 (in Russian).
8. Kokosov A.N. Chronic bronchitis and obstructive pulmonary disease. «Lan»», 2002, 288 s. (in Russian)
9. Izmerov N.F., Chuchalin A.G. Occupational respiratory diseases. National leadership. Moscow: «GEOTAR-Media»; 2015 (in Russian).
10. Lee J.H., Cho M.H., Hersh C.P., McDonald M.L., Crapo J.D., Bakke P.S., et al. Genetic susceptibility for chronic bronchitis in chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Res.* 2014; 15: 113. DOI: 10.1186/s12931-014-0113-2.
11. Stockley R.A. Biomarkers in chronic obstructive pulmonary disease: confusing or useful? *Intern J of COPD.* 2014; 9: 163-77.
12. Martinez C.H., Kim V., Chen Y., Kazerooni E.A., Murray S., Criner G.J., et al. The clinical impact of non-obstructive chronic bronchitis in current and former smokers. *Respir Med.* 2014; 108 (3): 491-99. DOI: 10.1016/j.rmed.2013.11.003.
13. Zock J.P., Sunyer J., Kogevinas M., Kromhout H., Burney P., Antó J.M. Occupation, chronic bronchitis, and lung function in young adults. An international study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2001; 163(7):1572-7. DOI: 10.1164/rccm.200504-648OC.
14. Chuchalin A.G. Respiratory medicine: a guide in 2 toms. Moscow: «GEOTAR-Media». 2007. (in Russian).
15. Martinez C.H., Delclos G.L. Occupational Exposures and Chronic Obstructive Pulmonary Disease. Causality Established, Time to Focus on Effect and Phenotypes. *Am J Respir Crit Care Med.* 2015; 191(5): 499-501. DOI: 10.1164/rccm.201501-0106ED.
16. Chuchalin A.G., Avdeev S.N., Aisanov Z.R., Belevsky A.S., Leshchenko I.V., Ovcharenko S.I., et al. Federal clinical guidelines «Chronic obstructive pulmonary disease.» Russian Respiratory Society; 2016 (in Russian).
17. Project Federal clinical guidelines «Professional chronic obstructive pulmonary disease.» ICD 10: J44. Year of approval: 2017 (revision every 2 years). Russian Association of Occupational Health Professionals. <http://iriogh.ru/doc/prof-commission/Fed-ClinRekHOBL.pdf> (in Russian).

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 11.10.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-59-63>

УДК 616–001.34:612.015

© Потапова И.А., 2020

Потапова И.А.

Особенности жирно-кислотного состава сыворотки крови при вибрационной болезни

ФБУН «Нижегородский научно-исследовательский институт гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора, ул. Семашко, 20, Нижний Новгород, Россия, 603950

Вибрационная болезнь (ВБ) является одной из наиболее распространенных профессиональных заболеваний. Она характеризуется сложной симптоматикой клинической картины. Исследование особенностей течения ВБ различной степени выраженности с позиции метаболических нарушений является актуальным вопросом, поскольку позволит в дальнейшем установить наиболее значимые прогностические показатели. Производственная вибрация достаточно рано приводит к сдвигу в сыворотке крови уровней высших жирных кислот (ВЖК). Во многом это обусловлено тем, что ВЖК являются структурными единицами липидов клеточных мембран и предшественниками биологически активных медиаторов, активно участвуют в процессах энергообеспечения. В настоящее время нет сведений о том, существует ли достоверная связь данного показателя со степенью выраженности клинических проявлений ВБ.

Цель исследования — изучить зависимость изменений концентрационных уровней жирных кислот, отражающих специфику метаболических нарушений при ВБ, от степени выраженности патологических проявлений.

Проводилось исследование сыворотки крови рабочих виброопасных профессий с установленной в условиях клиники вибрационной болезнью. Жирно-кислотный состав сыворотки крови изучался с применением газового хроматографического комплекса, снабженного пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой с полиэтиленгликолевой фазой, модифицированной нитротерефталевой кислотой.

Установлено, что осложнение клинической картины вибрационной патологии протекает на фоне достоверных сдвигов уровней ВЖК: эйкозатриеновой и арахидоновой — у мужчин, γ -линоленовой и эйкозатриеновой — у женщин. Кроме того, у мужчин наблюдается тенденция к увеличению уровней нервоновой, эйкозопентаеновой и докозагексаеновой кислот при усугублении степени ВБ. По сравнению с рабочими, подвергающимися вибрационному воздействию, но не имеющими патологических нарушений, у мужчин установлены высокие уровни нервоновой и докозагексаеновой, у женщин — нервоновой и пальмитолеиновой кислот.

При различной степени выраженности клинических проявлений вибрационной патологии наблюдаются определенные изменения в метаболизме ВЖК. Характер сдвигов их концентрационных уровней отражает глубину нарушений реакций энергообмена, синтеза про- и противовоспалительных медиаторов, мембрано-патологических процессов. Изучение жирно-кислотного состава сыворотки крови при ВБ имеет прогностическое значение: по выявленным сдвигам уровней ВЖК можно оценить, какой метаболический процесс в организме обследуемого подвергся наиболее серьезным нарушениям, и скорректировать комплекс лечебных мероприятий.

Ключевые слова: *вибрационная болезнь; высшие жирные кислоты; сыворотка крови; газовая хроматография*

Для цитирования: Потапова И.А. Особенности жирно-кислотного состава сыворотки крови при вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-59-63>

Для корреспонденции: Потапова Ирина Александровна, ст. науч. сотр. отдела гигиены ФБУН ННИИГП Роспотребнадзора, кандидат биол. наук. E-mail: PIA@nniigr.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Irina A. Potapova

Features of fatty acid composition of blood serum in vibration disease

Nizhny Novgorod research institute for hygiene and occupational pathology, Rosпотребнадзор, Semashko Str., 20, Nizhny Novgorod, Russia, 603950

Vibration disease (VD) is one of the most common occupational diseases. It is characterized by complex symptoms of the clinical picture. The study of the features of the course of VD of different severity from the position of metabolic disorders is an urgent issue, since it will allow to establish the most significant prognostic indicators in the future. Production vibration early enough leads to a shift in serum levels of higher fatty acids (HFA). This is largely due to the fact that HFA are structural units of lipids of cell membranes and precursors of biologically active mediators, are actively involved in the processes of energy supply. At present, there is no information on whether there is a reliable relationship between this indicator and the severity of clinical manifestations of VD.

The aim of the study was to study the dependence of changes in the concentration levels of fatty acids, reflecting the specifics of metabolic disorders in VD, on the severity of pathological manifestations.

The study of blood serum of workers of vibration-dangerous professions with vibration disease established in the clinic was carried out. The fatty acid composition of blood serum was studied using a gas chromatographic complex equipped with a flame ionization detector and a capillary column with a polyethylene glycol phase modified with nitroterephthalic acid.

It is established that the complication of the clinical picture of vibration pathology on the background of authentic level shifts HFA: eicosatrienoic and arachidonic in males, γ -linolenic and eicosatrienoic in women. In addition, men tend to increase the levels of nervonic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids with worsening of the degree of VD. Compared with workers exposed to vibration, but without pathological disorders, men have high levels of nervonic and docosahexaenoic, women-nervonic and palmitoleic acids.

With varying degrees of severity of clinical manifestations of vibration pathology, certain changes in the metabolism of the HFA are observed. The nature of shifts in their concentration levels reflects the depth of violations of energy exchange reactions, synthesis of Pro- and anti-inflammatory mediators, membrane-pathological processes. The study of fatty-acid composition of blood serum in VD has prognostic value of detected level shifts and HFA can be estimated, what the metabolic process in the body of the examinee was subjected to the most grave violations, and to adjust the complex of therapeutic measures.

Key words: vibration disease; higher fatty acids; blood serum; gas chromatography

For citation: Potapova I.A. Features of fatty acid composition of blood serum in vibration disease. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-59-63>

For correspondence: Irina A. Potapova, senior researcher of hygiene department of the Central Research Institute of Hygiene of Rospotrebnadzor, Cand. of Sci. (Biol.) E-mail: PIA@nniig.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. В настоящее время вопросы вибрационной болезни (ВБ) продолжают оставаться весьма актуальными. Во многом это обусловлено широкой распространенностью заболевания, однако основными причинами являются сложность выявления ранних признаков патологического процесса, необратимость большинства функциональных изменений в организме [1–3].

На данный момент считается доказанным, что в случае сформировавшейся патологии даже устранение вибрационного фактора, применение современных клинических и альтернативных методов лечения не способны приводить к полному исчезновению нарушений, вызванных вибрацией [1,2,4,5].

В связи с этим остается актуальным вопрос детального изучения особенностей формирования и развития вибрационной патологии. Несмотря на многочисленные исследования, проводящиеся в данном направлении, многие аспекты процессов патогенеза остаются недостаточно изученными. Так известно, что первичным механизмом повреждающего действия вибрации является дестабилизация клеточных мембран: оксидативный стресс, вызванный вибрационным фактором, приводит к избыточному формированию свободных радикалов и, как следствие, развитию мембранно-патологического процесса, сопровождающегося многочисленными изменениями на молекулярном и клеточном уровнях [4,6,7].

Ранее было установлено, что производственная вибрация достаточно рано приводит к сдвигу в сыворотке крови концентрационных уровней высших жирных кислот (ВЖК). Во многом это обусловлено тем, что данные химические вещества являются структурными единицами липидов клеточных мембран, активно участвуют в процессах энергообеспечения, являются предшественниками биологически активных медиаторов [8,9]. ВЖК очень быстро реагируют на происходящие в организме патологические и предпатологические процессы путем нарушения

их «клеточного» транспорта, а также активного участия в формировании провоспалительных и противовоспалительных факторов, что фиксируется изменение жирно-кислотного профиля в мембранах митохондрий и сыворотке крови [4,7,10,11].

Следует отметить, что уровни ВЖК в организме во многом отражают диетические предпочтения человека. Однако, когда речь идет об исследовании населения определенной климатической полосы, региона, или группы лиц одного социального круга, любые изменения профиля жирных кислот будут в большей степени зависеть не от пищевого статуса, а от происходящих в организме патологических процессов.

Изменения ВЖК при ВБ в настоящее время недостаточно хорошо изучены. В ряде работ сообщается о зависимости между многими биохимическими показателями крови и степенью выраженности течения ВБ [12,13].

Цель исследования — изучить зависимость изменений концентрационных уровней жирных кислот, отражающих специфику метаболических нарушений при ВБ, от степени выраженности патологических проявлений

Исследование выполнено на базе ФБУН «Нижегородский НИИ гигиены и профпатологии» Роспотребнадзора в двух группах лиц — рабочих виброопасных профессий с установленным в условиях клиники диагнозом ВБ (основная группа) и подвергавшихся воздействию локальной вибрации, но не имевших специфических патологических изменений здоровья (группа сравнения) (табл. 1).

Для исследования использовалась сухая сыворотка крови. Экстракция липидной фракции осуществлялась метанол-эфирной смесью (3:1). Процедура гидролиза и метилирования проводилась с помощью 1,5% раствора серной кислоты в метаноле. Извлечение метиловых эфиров жирных кислот осуществлялось гексан-эфирной смесью (1:1).

Определяли 14 ВЖК: миристиновую ($C_{14:0}$), пальмитиновую ($C_{16:0}$), маргариновую ($C_{17:0}$), стеариновую ($C_{18:0}$),

Таблица 1 / Table 1

Характеристика групп исследования Characteristics of study groups

Группа	n		Σ	Возраст, лет	Стаж, лет
Основная	Мужчины	55	70	56,2±1,6	21,6±2,9
	Женщины	15		54,6±2,0	19,8±3,0
Сравнения	Мужчины	12	23	41,4±4,0	7,8±2,2
	Женщины	11		45,7±3,0	17,6±3,8

пальмитолеиновую ($C_{16:1}$), олеиновую ($C_{18:1}$), нервоновую ($C_{24:1}$), линолеовую ($C_{18:2}$), γ -линоленовую (γ - $C_{18:3}$), эйкозатриеновую ($C_{20:3}$), арахидоновую ($C_{20:4}$), α -линоленовую (α - $C_{20:3}$), эйкозопентаеновую ($C_{20:5}$) и докозагексаеновую ($C_{22:6}$).

Определение ВЖК проводилось на газовом хроматографическом комплексе «Хромос ГХ-1000», снабженном пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой с полиэтиленгликолевой фазой, модифицированной нитротерефталевой кислотой, $50 \text{ м} \times 0,32 \text{ м} \times 0,5 \text{ м}$.

Идентификация метиловых эфиров жирных кислот осуществлялась с помощью метилированных стандартов ВЖК, количественная оценка — методом нормирования площадей пиков их метилированных производных.

Полученные данные были обработаны с помощью программы «STATISTICA 6.0» с использованием традиционных методов вариационной статистики, непараметрического критерия Манна-Уитни, корреляционного анализа с применением критерия Спирмена.

Среди обследованных лиц в основной группе наблюдались некоторые различия в степени выраженности ВБ в зависимости от пола: среди мужчин у 80,8% вибрационная патология имела начальную степень (I), у остальных 19,2% — умеренную степень (II), у женщин степень ВБ была только начальной (I).

Клиническая картина ВБ была представлена вегетативно-сенсорной полинейропатией верхних конечностей (ВС ПНП ВК), периферическим ангиодистоническим синдромом (ПАДС), акроспазмами (АС) и дистрофическими нарушениями костей (ДК).

Сравнение состава ВЖК сыворотки крови обследованных лиц в соответствии с сформированными группами показало, что при осложнении клинической картины вибра-

ционной болезни наблюдается определенное изменение содержания ряда кислот (табл. 2, 3).

Как у мужчин, так и у женщин были установлены достоверные отличия в содержании полиненасыщенных жирных кислот (ПННЖК) семейства ω -6 при различной степени выраженности заболевания. При этом для каждой кислоты данного семейства при усложнении синдрома комплекса заболевания наблюдались однонаправленные изменения концентраций в сыворотке крови независимо от пола больного. Там, где вибрационная болезнь начальной степени имела моно- и полисиндромный характер соответственно, не наблюдалось существенных отличий между уровнями ВЖК. По мере усложнения заболевания происходило достоверное увеличение содержания эйкозатриеновой — на 35,4% ($p=0,008$) и арахидоновой — на 36,5% ($p=0,017$) кислот. Также прослеживалась тенденция к увеличению уровней нервоновой, эйкозопентаеновой и докозагексаеновой кислот.

Независимо от выраженности проявлений ВБ уровни $C_{24:1}$, $C_{20:3}$ и $C_{22:6}$ были равновысокими относительно группы сравнения, а для $C_{20:4}$ — достоверно выше при ВБ умеренной степени. Увеличение содержания в сыворотке крови полиненасыщенных кислот сразу двух семейств ω -6 и ω -3 является прогностически неблагоприятным фактором, поскольку свидетельствует о нарушении их транспорта в клетку, что ведет к дестабилизации клеточных мембран, нарушению их функциональной активности. Кроме того, наблюдаемый сдвиг уровней данных кислот демонстрирует изменения эйкозаноидных реакций: ω -6 ВЖК в незначительной степени расходуются на синтез провоспалительных медиаторов, а ω -3 ВЖК — на синтез противовоспалительных [8,14].

Таблица 2 / Table 2

Содержание высших жирных кислот в сыворотке крови мужчин The content of higher fatty acids in the serum of men

ВЖК	Содержание ВЖК, масс%			
	Группа 1-м	Группа 2-м	Группа 3-м	Группа сравнения
Насыщенные жирные кислоты:				
$C_{14:0}$	0,90±0,13	0,83±0,16	0,61±0,16	0,97±0,37
$C_{16:0}$	24,00±2,63	25,08±1,19	23,781±4,35	25,46±1,38
$C_{17:0}$	0,33±0,06	0,26±0,03	0,24±0,05	0,33±0,08
$C_{18:0}$	8,68±0,37	8,22±0,35	9,06±1,23	9,09±0,32
Мононенасыщенные жирные кислоты:				
$C_{16:1}$	2,10±0,41	2,42±0,56	2,38±0,77	1,67±0,38
$C_{18:1}$	22,24±1,64	21,09±0,98	20,46±2,76	20,74±1,18
$C_{24:1}$	0,31±0,08	0,34±0,06	0,59±0,23	0,16±0,07
Полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω-6:				
$C_{18:2}$	32,60±2,02	32,90±2,06	31,24±3,06	33,97±2,68
γ - $C_{18:3}$	0,51±0,13	0,38±0,11	0,51±0,13	0,39±0,11
$C_{20:3}$	1,35±0,13	1,30±0,22	1,76±0,30 **	1,08±0,17
$C_{20:4}$	5,52±0,72	5,32±0,68	7,26±1,28 *	4,87±0,80
Полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω-3:				
α - $C_{18:3}$	0,26±0,06	0,23±0,05	0,24±0,08	0,20±0,04
$C_{20:5}$	0,47±0,11	0,62±0,24	0,71±0,32	0,42±0,13
$C_{22:6}$	1,27±0,22	1,27±0,33	2,00±0,86	0,72±0,24

Примечания: здесь и далее ° — значения, статистически значимо отличающиеся от показателей группы сравнения; достоверность по отношению к предшествующей подгруппе показана * — $p<0,05$ и ** — $p<0,01$

Notes: here and below — values in bold are statistically significantly different from those of the comparison group; reliability in relation to the preceding subgroup is shown * — $p<0.05$ and ** — $p<0.01$

При осложнении клинической картины ВБ данное обстоятельство отражает усугубление оксидативного стресса и системного воспаления в организме. Наблюдались значимые изменения содержания γ -линоленовой — на 58,5% ($p=0,007$) и эйкозатриеновой — на 32,6% ($p=0,027$) кислот. Как и у мужчин, у женщин при осложнении проявлений ВБ происходило снижение их концентраций, однако фиксируемые изменения являлись более глубокими: у мужчин прослеживалась только тенденция к небольшому сдвигу уровней данных кислот. Кроме того, у женщин отмечалось достоверно более низкое содержание линоленовой кислоты относительно группы сравнения, тогда как у мужчин уровень данной кислоты не менялся. Наблюдаемые сдвиги содержания ω -6 ВЖК на фоне неизменного уровня ω -3 ВЖК свидетельствуют о более значительной реакции женского организма на патологический процесс: происходит интенсификация расхода жирных кислот семейства ω -6 на производство медиаторов провоспалительного ряда — эйкозаноидов, обладающих вазоконстрикторными свойствами, что обуславливает более тяжелое течение заболевания.

У женщин с ВБ относительно группы сравнения установлены более высокие значения концентраций пальмитолиновой кислоты ($p=0,010$; $p=0,004$), которая является участником реакций энергообразования с одной стороны и выступает в роли захватчика активных форм кислорода с другой. Следовательно, рост уровня данной кислоты в сыворотке крови указывает на изменение процессов энергообеспечения и на повышенный окислительный стресс в женском организме.

Для выявления связи между содержанием ВЖК в сыворотке крови больных ВБ и синдромокомплексом ВБ рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмена. В результате у мужчин были установлены прямые связи слабой силы с уровнями $C_{20:3}$ ω -6 ($r=0,33$; $p=0,010$), $C_{20:4}$ ω -6 ($r=0,33$; $p=0,009$) и $C_{22:6}$ ω -3 ($r=0,33$; $p=0,011$) и средней силы с уровнем $C_{24:1}$ ($r=0,46$; $p=0,0002$), а так-

же обратные связи слабой силы для двух НЖК — $C_{17:0}$ ($r=-0,28$; $p=0,026$) и $C_{18:0}$ ($r=-0,33$; $p=0,010$). У женщин прямые корреляционные связи средней силы наблюдались для $C_{16:0}$ ($r=0,51$; $p=0,014$) и $C_{24:1}$ ($r=0,58$; $p=0,003$), высокой силы для $C_{16:1}$ ($r=0,70$; $p=0,0002$), а также обратная корреляционная связь средней силы для $C_{18:2}$ ω -6 ($r=0,63$; $p=0,001$).

Несмотря на половые отличия выявленных связей полученные данные подтверждают тот факт, что при осложнении проявлений ВБ независимо от пола протекает на фоне концентрационных сдвигов насыщенных кислот, ВЖК семейства ω -6 и $C_{24:1}$. Нарушение метаболизма первых свидетельствует о напряжении в системе энергообеспечения, ВЖК семейства ω -6 — в состоянии метаболизма эйкозаноидов, $C_{24:1}$ — о мембрано-патологических нарушениях.

Таким образом установлено, что содержание жирных кислот в сыворотке крови является показателем, специфично отражающим особенности метаболических нарушений при вибрационной патологии. Исследование уровней индивидуальных ВЖК в сыворотке крови показывает как глубину произошедших в организме нарушений, так и основные системы, затронутые в процессе развития заболевания. С одной стороны, это позволяет выявлять ранние нарушения, характерные для ВБ, с другой — осуществлять персонализированный подход к лечению больного, поскольку уточнение особенностей жирно-кислотного профиля показывает, какие системы в организме подверглись наибольшему напряжению и требуют корректировки лечебных мероприятий.

Выводы:

1. Усиление начальной степени вибрационной патологии протекает на фоне достоверных сдвигов уровней ВЖК: эйкозатриеновой и арахидоновой у мужчин, γ -линоленовой и эйкозатриеновой у женщин.

Кроме того, у мужчин наблюдается тенденция к увеличению уровня нервной, эйкозопентаеновой и докозагексаеновой кислот.

Таблица 3 / Table 3

Содержание высших жирных кислот в сыворотке крови женщин The content of higher fatty acids in the serum of women

ВЖК	Содержание ВЖК, масс%		
	Группа 1-ж	Группа 2-ж	Группа сравнения
Насыщенные жирные кислоты:			
$C_{14:0}$	1,26±0,43	0,86±0,10	0,89±0,17
$C_{16:0}$	22,71±5,87	26,21±1,09	23,73±1,39
$C_{17:0}$	0,50±0,19	0,25±0,04	0,27±0,04
$C_{18:0}$	9,71±1,45	8,56±0,61	9,44±0,38
Мононенасыщенные жирные кислоты:			
$C_{16:1}$	2,21±0,80	2,03±0,14	1,25±0,23
$C_{18:1}$	21,24 ±1,87	21,06±2,14	19,64±1,11
$C_{24:1}$	0,31±0,11	0,33±0,08	0,16±0,10
Полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω-6:			
$C_{18:2}$	33,62±5,42	33,20±2,59	37,50±1,72
γ - $C_{18:3}$	0,41±0,06	0,17±0,09 **	0,26±0,04
$C_{20:3}$	1,35±0,24	0,91±0,18 *	1,12±0,17
$C_{20:4}$	4,91±0,95	3,79±0,97	4,21±0,55
Полиненасыщенные жирные кислоты семейства ω-3:			
α - $C_{18:3}$	0,29±0,17	0,26±0,12	0,19±0,05
$C_{20:5}$	0,55±0,25	0,98±0,27	0,54±0,22
$C_{22:6}$	1,23±0,55	1,95±0,80	1,00±0,30

2. Рост содержания полиненасыщенных жирных кислот (ω -6 и ω -3) у мужчин при усилении заболевания указывает на усугубление оксидативного стресса и системного воспаления в организме.

3. Рост содержания полиненасыщенных жирных кислот семейства ω -6 на фоне неизменных уровней кислот семейства ω -3 у женщин при осложнении ВБ, вероятно, связан с интенсификацией образования медиаторов провоспалительного ряда.

4. По сравнению с работниками виброопасных профессий, не имеющих патологических нарушений, у мужчин с ВБ установлены высокие уровни нервной и докозагексаеновой, у женщин — нервоновой и пальмитолеиновой кислот. Характер изменений их концентрационных уровней отражает глубину нарушений реакций энергообмена, синтеза про- и противовоспалительных медиаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Zimmerman J., Bain J., Persson M., Riley D. Effects of power tool vibration on peripheral nerve endings. *Int J Ind Ergonom.* 2017; 62: 42–7.
- Palmer K.T., Bovenzi M. Rheumatic effects of vibration at work. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2015; 29: 424–39.
- Vihlborg P., Bryngelsson I.L., Lindgren B., Gunnarsson L.G., Graff P. Association between vibration exposure and hand-arm vibration symptoms in a Swedish mechanical industry. *Int J Ind Ergonom.* 2017; 62: 77–81.
- Liua Q., Wub Q., Zengb Z., Xiab L., Huang Y. Clinical effect and mechanism of acupuncture and moxibustion on occupational hand-arm vibration disease: A retrospective study. *Eur J Integr Med.* 2018; 23: 109–15.
- Chowdhrya R., Sethib V. Hand arm vibration syndrome in dentistry: A review. *Current Medicine Research and Practice.* 2017; 7: 235–39.
- Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Лапко И.В., Богатырева И.А., Антошина Л.И., Ошкодеров О.А. Воздействие производственной вибрации на организм человека на молекулярно-клеточном уровне. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 9: 34–43.
- Pacurari M., Waugh S., Krajnak K. Acute Vibration Induces Peripheral Nerve Sensitization in a Rat Tail Model: Possible Role of Oxidative Stress and Inflammation. *Neuroscience.* 2019; 398: 263–72.
- РожковаТ.А., Ариповский А.В., Яровская Е.Б., Каминная В.И., Кухарчук В.В., Титов В.Н. Индивидуальные жирные кислоты плазмы крови: биологическая роль субстратов, параметры количества и качества, диагностика атеросклероза и атероматоза. *Клин. лаб. диагност.* 2017; 62(11): 655–65.
- Calder P.C. Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2015; 39(1S): 18S–32S.
- Kageyama Y., Kasahara T., Nakamura T., Hattori K., Deguchi Y., Tani M. et al. Plasma Nervonic Acid Is a Potential Biomarker for Major Depressive Disorder: A Pilot Study. *Int J Neuropsychopharmacol.* 2018; 21(3): 207–15.
- Mozaffarian D., Wu J.H.Y. Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease. Effects on Risk Factors, Molecular Pathways, and Clinical Events. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 58(20): 2047–67.
- Долгушин М.В., Бодиевкова Г.М., Лизарев А.В. Оценка функционально-метаболических показателей системы крови при вибрационной болезни. *Известия Самарского научного центра РАН.* 2009; Т. 11, 1(6): 1207–10.
- Курчевенко С.И., Бодиевкова Г.М. Формирование естественной реактивности организма при воздействии производственных физических факторов. *XXI век. Техносферная безопасность.* 2016; 1(4): 73–8.
- Fritsche K.L. The Science of Fatty Acids and Inflammation. *American Society for Nutrition.* 2015; 6: 293S–301S.

REFERENCES

- Zimmerman J., Bain J., Persson M., Riley D. Effects of power tool vibration on peripheral nerve endings. *Int J Ind Ergonom.* 2017; 62: 42–7.
- Palmer K.T., Bovenzi M. Rheumatic effects of vibration at work. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2015; 29: 424–39.
- Vihlborg P., Bryngelsson I.L., Lindgren B., Gunnarsson L.G., Graff P. Association between vibration exposure and hand-arm vibration symptoms in a Swedish mechanical industry. *Int J Ind Ergonom.* 2017; 62: 77–81.
- Liua Q., Wub Q., Zengb Z., Xiab L., Huang Y. Clinical effect and mechanism of acupuncture and moxibustion on occupational hand-arm vibration disease: A retrospective study. *Eur J Integr Med.* 2018; 23: 109–15.
- Chowdhrya R., Sethib V. Hand arm vibration syndrome in dentistry: A review. *Current Medicine Research and Practice.* 2017; 7: 235–39.
- Kir'yakov V.A., Pavlovskaya N.A., Lapko I.V., Bogatyreva I.A., Antoshina L.I., Oshkoderov O.A. The impact of industrial vibration on the human body at the molecular-cellular level. *Med. truda i prom. ekol.* 2018; 9: 34–43 (in Russian)
- Pacurari M., Waugh S., Krajnak K. Acute Vibration Induces Peripheral Nerve Sensitization in a Rat Tail Model: Possible Role of Oxidative Stress and Inflammation. *Neuroscience.* 2019; 398: 263–72.
- RozhkovaT.A., Aripovskij A.V., Yarovskaya E.B., Kaminnaya V.I., Kuharchuk V.V., Titov V.N. Plasma individual fatty acids: the biological role of substrates, quantity and quality parameters, diagnosis of atherosclerosis and atheromatosis. *Klin. lab. diagnost.* 2017; 62(11): 655–65. (in Russian)
- Calder P.C. Functional Roles of Fatty Acids and Their Effects on Human Health. *JPEN J Parenter Enteral Nutr.* 2015; 39(1S): 18S–32S.
- Kageyama Y., Kasahara T., Nakamura T., Hattori K., Deguchi Y., Tani M. et al. Plasma Nervonic Acid Is a Potential Biomarker for Major Depressive Disorder: A Pilot Study. *Int J Neuropsychopharmacol.* 2018; 21(3): 207–15.
- Mozaffarian D., Wu J.H.Y. Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease. Effects on Risk Factors, Molecular Pathways, and Clinical Events. *J Am Coll Cardiol.* 2011; 58(20): 2047–67.
- Dolgushin M.V., Bodienkova G.M., Lizarev A.V. Evaluation of functional and metabolic parameters of the blood system in vibration disease. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* 2009; Т. 11, 1(6): 1207–10. (in Russian)
- Kurchevenco S.I., Bodienkova G.M. The formation of the body's natural reactivity under the influence of physical factors of production. *XXI vek. Tekhnosfernaya bezopasnost'.* 2016; 1(4): 73–8 (in Russian).
- Fritsche K.L. The Science of Fatty Acids and Inflammation. *American Society for Nutrition.* 2015; 6: 293S–301S.

Дата поступления / Received: 03.07.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 14.10.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020

Характеристика функционального состояния центральной нервной системы у работников обувного производства

Ферганский филиал Ташкентской медицинской академии, ул. Янги Турон, 2, г. Фергана, Узбекистан, 712000

Рассматриваются особенности производственных факторов на основных рабочих местах обувного производства. Представлены материалы по результатам изучения функционального состояния центральной нервной системы женщин-работников обувного производства в динамике рабочего дня. Уровень функционального состояния центральной нервной системы определяли по скорости зрительной и слухо-моторной реакций, устанавливаемых при помощи универсального хронорефлексометра. Выявлено, что в организме рабочих обувного производства наблюдается раннее развитие тормозных процессов в центральной нервной системе, выражающиеся в увеличении количества ошибок при выполнении заданий по корректурным таблицам. Наиболее выраженные сдвиги слухо-моторной реакции отмечаются в профессиональных группах, где зарегистрированы более высокие уровни шума на рабочих местах. Корреляционный анализ показал тесную прямую связь между ростом допущенных ошибок на внимание и снижением производства продукции. Увеличение времени, затрачиваемого на выполнение задания, указывает на возникновение и рост производственного утомления.

Ключевые слова: работающие; обувное производство; женщины; центральная нервная система; зрительно-моторная и слухомоторная реакции; производственное утомление

Для цитирования: Азизова Ф.Л., Болтабоев У.А. Характеристика функционального состояния центральной нервной системы у работников обувного производства. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-64-68>

Для корреспонденции: Болтабоев Улугбек Абдусаломович, самостоятельный соискатель кафедры гигиены Ферганского филиала Ташкентской медицинской академии. E-mail: boltaboev1975@inbox.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Feruza L. Azizova, Ulugbek A. Boltaboev

Characteristics of the dynamics of the central nervous system and attention function in workers of shoe production

Tashkent Medical Academy Fergana branch of the Tashkent Medical Academy

The features of production factors established at the main workplaces of shoe production are considered. The materials on the results of the study of the functional state of the central nervous system of women workers of shoe production in the dynamics of the working day are presented. The level of functional state of the central nervous system was determined by the speed of visual and auditory-motor reactions, installed using the universal device chronoreflexometer. It was revealed that in the body of workers of shoe production there is an early development of inhibitory processes in the central nervous system, which is expressed in an increase in the number of errors when performing tasks on proofreading tables. It was found that the most pronounced shifts in auditory-motor responses were observed in professional groups, where higher levels of noise were registered in the workplace. The correlation analysis showed a close direct relationship between the growth of mistakes made in the market and the decrease in production. An increase in the time spent on the task indicates the occurrence and growth of production fatigue.

Keywords: workers; shoe production; women; central nervous system; visual-motor and auditory-motor reactions; industrial fatigue

For citation: Azizova F.L., Boltaboev U.A. Characteristics of the dynamics of the central nervous system and attention function in workers of shoe production. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (1). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-1-64-68>

For correspondence: Ulugbek A. Boltaboev, independent candidate of the Department of hygiene of the Fergana branch of the Tashkent Medical Academy. E-mail: boltaboev1975@inbox.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Обувная промышленность является одной из крупнейших отраслей легкой промышленности. Современная обувная отрасль, характеризующаяся достаточно высоким уровнем внедрения новых технологий, темпом выполнения технологических процессов, обуславливающих напряженность функций центральной нервной системы [1,2]. Ранее исследователями было установлено, что сочетанное воздействие физического труда и производственных факторов вызывает значительное напряжение функций

центральной нервной системы у работников различных профессий обувного производства [3,4]. Материалы по изучению состояния здоровья работников обувного производства показали высокий рост заболеваемости, обусловленной психоэмоциональным напряжением, возникающим у работников-обувщиков при выполнении основных функциональных обязанностей в течение 8-часового рабочего дня [5–7]. Для оценки показателей функционального состояния центральной нервной системы используются раз-

личные специально разработанные методы, включающие исследование устойчивости функции внимания и развития утомления [8,9].

Цель исследования — изучение изменений показателей функционального состояния центральной нервной системы путем определения скорости зрительно- и слухомоторных реакций, устойчивости функции внимания, происходящих в динамике рабочего дня.

Функциональное состояние центральной нервной системы исследовано у 41 рабочего (женщины) в каждой профессиональной группе (заготовительниц, швей, подготовительниц и сборщиц) в возрасте 30–40 лет со стажем работы от 10 до 15 лет. В целях изучения показателей функционального состояния нервной системы в динамике рабочего дня исследования проводились перед началом работы (фиксировались фоновые характеристики показателей функционального состояния центральной нервной системы), перед обеденным перерывом, затем в конце смены. Учитывая жаркий климат в Узбекистане, для определения степени влияния температуры внешней среды на микроклимат в цехах, которая способствует изменениям терморегуляции в организме работающих, исследования проводились в весенние и летние периоды года.

Определение скорости зрительно- и слухомоторной реакций выполнялось на универсальном хронорефлексомере. Применялась широко используемая методика изучения условно-двигательной реакции Иванова — Смоленского с предварительной словесной инструкцией. Регистрировалась скорость простой и последовательной зрительно- и слухомоторной реакций, в качестве сигнала использовались красный и белый свет, тихий и громкий звук; дифференцировка к раздражителю вырабатывалась путем предупреждения не отвечать нажатием кнопки на белый свет и громкий звук. Исследования проводились по следующей схеме: давалось 10–12 положительных сигналов, 5 — сложных, 5 — дифференцированных. Скорость реакции (время с момента подачи условного раздражителя до ответа на него нажатием кнопки) отмечалось в сотых долях секунды (мс), при этом учитывалась как правильность ответа на дифференцированный сигнал, так и скорость ответных зрительно- и слухомоторной реакций на положительный раздражитель, следующий после дифференцировки.

В целях изучения функции внимания были использованы корректурные пробы. Применялись таблицы с урегулированным текстом. Испытуемому предлагалось вычеркивать определенную букву, при этом учитывалось время выполнения задания, количество допущенных оши-

бок, по формуле Г. Уиппла рассчитывалась фактическая производительность.

Результаты исследований подвергнуты статистической обработке с вычислением средней арифметической (M), ошибки средней арифметической (m) (Шиган Е.Н., 1972). Оценка достоверности сравниваемых величин велась с вычислением коэффициента t , определение процента достоверности проводилось по таблице Стьюдента. Математический анализ произведен по программе «Microsoft Excel».

Проведенные научные исследования среди различных профессиональных групп женщин обувного производства показали результаты, которые существенно отличались по показателям в весенние и летние периоды года в представленных ниже таблицах 1–4.

В таблице 1 представлены материалы, полученные при обследовании заготовительниц. Из таблицы видно, что в весенний период фоновая до рабочей скорости простой зрительно-моторной реакции соответствовала $307,1 \pm 0,12$ мс, в течение рабочего дня время реакции возрастало до $328,5 \pm 0,15$ мс ($p < 0,001$), что указывает на снижение скорости простой зрительно-моторной реакции. В летний период наблюдений характер изменений показателей простой зрительно-моторной реакции был аналогичен данным весеннего периода наблюдений, однако выраженность сдвигов была более значительной. Если при оптимальной весенней температуре воздуха рабочих мест время простой зрительно-моторной реакции возрастало в среднем на 6,8%, то при повышенных температурах снижение скорости реакции соответствовало 35,7% (с $248,1 \pm 0,12$ до $336,8 \pm 0,11$ мс).

Материалы исследований показали, что время зрительно-моторной реакции на положительный сигнал, последовавший за дифференцированным сигналом (сложная или последовательная зрительно-моторная реакция) увеличивалось в весенний период в начале работы на 18,9 мс, к концу — на 8,3 мс, в летний период — на 113,9 и 149,3 мс соответственно. Полученные результаты указывают на развитие последовательного торможения, обусловленного производственным утомлением.

Кроме того, от начала работы к концу рабочей смены отмечалось увеличение количества ошибочных реакций на дифференцированный раздражитель: в весенний период — с $0,09 \pm 0,02$ до $0,43 \pm 0,03$; в летний период — с $0,03 \pm 0,01$ до $0,46 \pm 0,03$.

Следовательно, условия труда и характер трудового процесса заготовительниц вызывают определенные изменения в состоянии центральной нервной системы, которые про-

Таблица 1 / Table 1

Изменение показателей зрительно-моторной реакции у заготовительниц в весенний и летний периоды наблюдений, мс

Changes in indicators of visual-motor reaction in women in the spring and summer observation periods, ms

Показатель зрительно-моторной реакции	В начале работы		Перед обеденным перерывом		В конце работы		Достоверность p
	n	$M \pm m$	n	$M \pm m$	n	$M \pm m$	
Весенний период							
Простая	400	$307,1 \pm 0,12$	400	$322,5 \pm 0,14$	400	$328,5 \pm 0,15$	0,001
Сложная	200	$326,0 \pm 0,11$	200	$369,7 \pm 0,18$	200	$427,1 \pm 0,13$	0,001
Ошибки (число)	200	$0,09 \pm 0,02$	200	$0,22 \pm 0,02$	200	$0,43 \pm 0,03$	0,001
Летний период							
Простая	400	$248,1 \pm 0,12$	400	$289,6 \pm 0,13$	400	$336,8 \pm 0,11$	0,001
Сложная	200	$362,2 \pm 0,13$	200	$376,2 \pm 0,11$	200	$486,1 \pm 0,11$	0,001
Ошибки (число)	200	$0,03 \pm 0,01$	200	$0,24 \pm 0,03$	200	$0,46 \pm 0,03$	0,001

являются в удлинении времени, в снижении скорости простой зрительно-моторной реакции, что указывает на развитие тормозных процессов в центральной нервной системе.

Отмечено, что в летний период года выраженность сдвигов увеличивается, что, вероятно, связано с более выраженным проявлением производственного утомления в сочетании с повышенной температурой воздуха.

В таблице 2 представлены аналогичные результаты изучения зрительно-моторной реакции у швей в весенние и летние периоды наблюдений. В этой профессиональной группе характер изменений зрительно-моторной реакции в динамике рабочего дня был схожим с заготовильщицами. В начале работы время простой зрительно-моторной реакции было в среднем равно $278,9 \pm 0,12$ мс, к обеденному перерыву оно увеличивалось до $285,9 \pm 0,9$ мс, а к концу смены — до $293,0 \pm 0,2$ мс, то есть на 5% выше фоновых показателей. В летний период наблюдений в динамике работы, время реакции увеличивалось на 14,2%. Время последовательной зрительно-моторной реакции в динамике смены также возрастало в весенний период на 5,5%, в летний — на 8,5%. Кроме того, отмечалось возрастание ошибочных реакций на дифференцированный раздражитель в весенний период на 45%, в летний — на 58%.

В данном случае рабочие места исследуемых профессиональных групп заготовильщиц и сборщиц были расположены в одном производственном помещении, поэтому работницы, имеющие идентичные рабочие приемы с одинаковой формой организации рабочего места, едиными условиям труда были объединены в одну группу.

В таблице 3 представлены результаты обследования зрительно-моторной реакции у заготовильщиц и сборщиц.

Следовательно, характер трудовых процессов заготовильщиц, швей, заготовильщиц и сборщиц обувного производства, требующих от работающих напряжения зрения и внимания, вызывает у работниц-женщин значительное утомление, которое проявляется в развитии преобладания тормозных процессов в центральной нервной системе и увеличения ошибок на дифференцировку, причем при повышенных температурах воздуха на рабочих местах в летний период наблюдений изменение показателей более выражено.

Учитывая, что одним из ведущих неблагоприятных производственных факторов обувного производства является шум, в динамике рабочего дня изучены показатели слухомоторной реакции женщин основных профессиональных групп. В основных цехах производства отмечалось значительное превышение производственного шума, в частности: в сборочном цеху на 58,5%, раскройном — 43,1%, швейном — 29,5%, заготовительном — 56,4%. Наиболее высокие уровни шума наблюдались в сборочном и заготовительном цехах на рабочих местах у автоматических машин до 92 дБА. В швейном цеху при шитье и прессовке основных деталей обуви уровни шума незначительно превышали нормативные значения и достигали 82 дБА. Таким образом, по уровню шума класс условий труда заготовильщиц и сборщиц оценивается как «вредный» 3 класс, 2 степени (3.2). У остальных профессиональных групп класс условий труда по уровню шума оценивается как «вредный» 3 класс, 1 степени (3.1) с учетом незначительного его превышения по сравнению с нормативными величинами.

Результаты исследований показали, что во всех профессиональных группах от начала к концу смены наблю-

Таблица 2 / Table 2

Изменение показателей зрительно-моторной реакции у швей в весенний и летний периоды наблюдений, мс
Changes in indicators of visual-motor reaction in seamstresses in the spring and summer observation periods, ms

Показатель зрительно-моторной реакции	В начале работы		Перед обеденным перерывом		В конце работы		Достоверность <i>p</i>
	<i>n</i>	<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>M±m</i>	
Весенний период							
Простая	400	278,9±0,12	400	285,9±0,13	400	293,0±0,12	0,001
Сложная	200	321,9±0,1	200	327,8±0,2	200	339,8±0,2	0,001
Ошибки (число)	200	0,11±0,02	200	0,26±0,03	200	0,38±0,03	0,001
Летний период							
Простая	400	259,1±0,9	400	288,8±0,12	400	295,9±0,07	0,001
Сложная	200	348,0±0,1	200	367,1±0,06	200	377,9±0,1	0,001
Ошибки (число)	200	0,19±0,02	200	0,22±0,02	200	0,47±0,03	0,001

Таблица 3 / Table 3

Изменение показателей зрительно-моторной реакции у заготовильщиц и сборщиц в весенний и летний периоды наблюдений, мс
Changes in indicators of visual-motor reaction in preppers and pickers in the spring and summer observation periods, ms

Показатель зрительно-моторной реакции	В начале работы		Перед обеденным перерывом		В конце работы		Достоверность <i>p</i>
	<i>n</i>	<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>M±m</i>	
Весенний период							
Простая	400	325,8±0,16	400	337,5±0,14	400	345,6±0,15	0,001
Сложная	200	339,8±0,27	200	369,6±0,17	200	448,9±0,21	0,001
Ошибки (число)	200	0,07±0,01	200	0,23±0,03	200	0,51±0,03	0,001
Летний период							
Простая	400	296,1±0,13	400	320,3±0,12	400	331,8±0,28	0,001
Сложная	200	347,8±0,27	200	336,8±0,17	200	430,6±0,31	0,001
Ошибки (число)	200	0,07±0,01	200	0,31±0,03	200	0,55±0,03	0,001

Таблица 4 / Table 4

Изменение показателей корректурной пробы у работающих обувного производства в весенний и летний периоды наблюдений**Changes in proofreading indicators for workers in the shoe industry in the spring and summer observation periods**

Показатель корректурной пробы	В начале работы		Перед обеденным перерывом		В конце работы		Достоверность <i>p</i>
	<i>n</i>	<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>M±m</i>	<i>n</i>	<i>M±m</i>	
Весенний период							
Время выполнения задания, с	75	62,3±1,2	75	65,1±1,1	75	69,1±1,3	0,001
Количество вычеркнутых знаков	75	55,4±1,7	75	53,6±1,6	75	52,5±0,7	-
Количество ошибок	75	1,1±0,1	75	1,6±0,2	75	2,0±0,1	0,001
Фактическая производительность	75	430±1,6	75	428±1,1	75	421±2,1	0,01
Летний период							
Время выполнения задания, с	75	68,8±0,9	75	69,5±0,5	75	71,8±1,0	0,05
Количество вычеркнутых знаков	75	51,9±1,5	75	53,9±1,1	75	54,6±1,1	-
Количество ошибок	75	1,1±0,03	75	1,6±0,1	75	2,6±0,1	0,001
Фактическая производительность	75	433±1,6	75	427±1,3	75	406±1,1	0,01

дается увеличение времени как простой, так и сложной слухо-моторной реакции. Если в начале работы время простой слухо-моторной реакции колебалось от 237 до 277 мс в среднем, то к обеденному перерыву оно возрастало до 241–287 мс, а к концу работы — до 245–291 мс, то есть скорость простой слухо-моторной реакции в динамике работы достоверно ($p < 0,001$) уменьшалась во всех профессиональных группах. Примечательно, что если у швеев и подготовительниц время простой слухо-моторной реакции увеличивалось к концу работы на 3 и 4,8% соответственно, то у заготовительниц этот показатель возрастал на 6%. Возможно, это связано с присутствием на рабочих местах заготовительниц высокого уровня шума (до 104 дБ), и, как следствие, проявления реакции организма в виде преобладания торможения на звуковой раздражитель, то есть, как признак производственного утомления.

Кроме того, в динамике работы у всех обследованных профессиональных групп снижалась скорость сложной слухо-моторной реакции и возрастало количество ошибок на дифференцировочный раздражитель, что являлось проявлением развивающегося последовательного торможения и ухудшения дифференцировки.

Примечательно, что в летний период наблюдений уже фоновые дорабочие показатели времени как простой, так и сложной слухо-моторной реакции были ниже, чем в весенний период, что по-видимому, связано с высокими как наружными, так и внутрицеховыми показателями температуры воздуха, оказывающими влияние на увеличение подвижности нервных процессов в центральной нервной системе. В динамике работы время простой слухо-моторной реакции возрастало у заготовительниц с 196,3 до 290,9 мс, у швеев — с 209,5 до 240,6 мс, у подготовительниц и сборщиц — с 246,8 до 282,7 мс. Причем, если, у швеев, подготовительниц и сборщиц изменение показателя простой слухо-моторной реакции составляет 14%, то у заготовительниц — 48%, что можно связать с воздействием более высокого уровня шума.

Более выраженные сдвиги констатированы и по показателям сложной слухо-моторной реакции. У заготовительниц в динамике работы при повышенных температурах воздуха время реакции возрастало с 307,2 до 438,1 мс (на 42%), у швей — с 320,3 до 347,4 мс (на 8,4%), у подготовительниц и сборщиц — с 310,8 до 397,2 мс (на 27%). Кроме того, во всех профессиональных группах возрастало количество ошибок на дифференцированный раздражитель. Если в на-

чале рабочего дня этот показатель в различных профессиональных группах был равен 0,08, к обеденному перерыву — 0,35–0,36, то к концу смены — 0,53–0,54, что указывает на снижение внимания.

Полученные данные подтверждаются результатами тестирования работающих по корректурной пробе (учитывая однонаправленность изменений зрительно-моторной реакции и слухо-моторной реакции у женщин основных профессиональных групп, данные по корректурной пробе представлены в среднем по всем обследованным, без разбивки на профессиональные группы). Результаты исследований представлены в таблице 4.

Показано, что в весенний период время выполнения задания по корректурному тесту достоверно увеличивалось от 62,3 до 69,1 с, при этом в начале работы было сделано в среднем 1,1±0,1 ошибок, к обеденному перерыву — 1,6±0,2, а к концу работы — 2±0,1. Увеличение количества ошибок сопровождалось снижением фактической производительности, рассчитанной по формуле Уиппла: если в начале работы она была равна 430±1,7 условных единиц, то в конце снижалась до 421±2,1 ($p < 0,01$). Количество вычеркнутых знаков в динамике смены достоверно не менялось. Увеличение допущенных ошибок и снижение фактической производительности можно расценить как ухудшение качества работы и уменьшение уровня работоспособности, сопутствующие развивающему производственному утомлению.

Обращает на себя внимание то, что летом до работы на выполнение пробы затрачивалось больше времени, чем весной. Кроме того, к концу работы допускалось большее число ошибок и более значительно снижалась фактическая производительность, т. е. в летний период качество работы было худшим, чем весной, а уровень работоспособности ниже, что свидетельствует о более выраженном производственном утомлении.

Полученные результаты позволили разработать корректирующие мероприятия, направленные на оптимизацию режима труда и отдыха работниц, рациональное размещение шумящих машин, внедрение эффективных мер по предупреждению производственной утомляемости.

Выводы:

1. Условия труда и характер трудовых процессов вызывает у работниц преобладание тормозных процессов в центральной нервной системе, последовательного торможения и увеличение ошибок на дифференцировку, причем при повы-

шенных температурах воздуха на рабочих местах изменения показателей простой и сложной зрительно-моторной реакции более выражены.

2. В динамике рабочего дня выявлено развитие тормозных процессов по показателям простой и сложной слухо-моторной реакции, причем более выраженные сдвиги отмечаются в тех профессиональных группах, где зарегистрированы более высокие уровни шума на рабочих местах (заготовильщицы) в сочетании с высокими показателями температуры окружающей среды.

3. Установлено, что в течение рабочей смены у работающих женщин ухудшаются показатели, характеризующие функцию внимания: увеличивается количество допущенных ошибок, снижается фактическая производительность, увеличивается время на выполнение задания. В летний период ухудшается качество выполнения корректурной пробы, снижается уровень работоспособности, что указывает на более выраженное производственное утомление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка тяжести и напряженности трудового процесса работников производства. Метод. указания — Омск, 2016.
2. Суровцева О.А. Оптимизация технологических процессов обувного производства. *Международный научный журнал «Символ науки»*. 2016; (5): 100–6.
3. Груздев Е.Е. Гигиенические аспекты оптимизации условий труда работников кожевенного производства. Автореф. дис... канд. мед.наук. Рязань, 2007; 24.
4. Адигамов К.А. Научные основы разработки и совершенствования оборудования подготовительных производств предприятий сервиса по изготовлению и ремонту обуви. Автореф. дис...док. техн. наук. М., 2003; 26.
5. Миронов А.И., Кириллов В.Ф. и др. Труд и состояние здоровья работающих на обувных производствах. *Мед. труда и пром. экол.* 2001; 2: 20–3.
6. Белозерова С.М. Особенности формирования заболеваемости в условиях индустриального труда и новых технологий. *Мед. труда и пром. экол.* 2011; 3: 13–9.
7. Березин И.И., Штейнберг Б.И., Воробьева Е.Н. Профессиональная заболеваемость на промышленных предприятиях. *Материалы IX Всероссийского съезда гигиенистов и санитарных врачей*. М., 2001; 2: 41–3.
8. Методические рекомендации по оценке напряженности трудового процесса при проведении аттестации рабочих мест. Т, 2004; 15.
9. СанПиН РУз №0141–03. Гигиеническая классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Т, 2003; 37.

REFERENCES

1. Assessment of the severity and intensity of the labor process of production workers. *Method. instructions* — Omsk, 2016. (in Russian).
2. Surovtseva O.A. Optimization of technological processes of shoe production. *International scientific journal «Symbol of Science»*. 2016; (5): 100–6. (in Russian).
3. Gruzdev E.E. Hygienic aspects of optimizing the working conditions of workers in the leather industry. Author. dis ... candidate of med. sciences. Ryazan, 2007; 24. (in Russian).
4. Adigamov K.A. Scientific basis for the development and improvement of equipment for preparatory production enterprises of the service for the manufacture and repair of shoes. Author. dis ... doctor of technical sciences. M, 2003; (in Russian).
5. Mironov A.I., Kirillov V.F. and others. Labor and health status of workers in the shoe industry. *Med. truda i prom ekol.* 2001; 2: 20–23. (in Russian).
6. Belozerova S.M. Features of the formation of morbidity in the conditions of industrial labor and new technologies. *Med. truda i prom ekol.* 2011; 3: 13–19. (in Russian).
7. Berezin I.I., Steinberg B.I., Vorobyova E.N. Occupational morbidity in industrial enterprises. *Materials of the IX All-Russian Congress of Hygienists and Sanitary Physicians*. M, 2001; 2: 41–43. (in Russian).
8. Guidelines for assessing the intensity of the labor process during the certification of workplaces. Т, 2004; 15. (in Russian).
9. Hygienic classification of working conditions according to indicators of hazard and danger of factors of the working environment, severity and intensity of the labor process. *SanPiN RU №0141–03*. Т, 2003; 37. (in Russian).

Дата поступления / Received: 03.04.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 19.12.2019

Дата публикации / Published: 24.01.2020



ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие в работе
3-го Международного Молодёжного Форума
«ПРОФЕССИЯ и ЗДОРОВЬЕ» (ОНИУФ-2020)

Светлогорск, Калининградская область, 7–10 июля 2020 года

ОРГАНИЗАТОРЫ:

Ассоциация врачей и специалистов медицины труда
ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова»

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ:

Россия, Калининградская область, г. Светлогорск, ул. Верещагина, 10, Гостиница «Русь»

Основной целью проведения Международного Молодёжного Форума является поддержка научно-практической деятельности молодых учёных и специалистов в сфере сохранения здоровья работающих, изучения неблагоприятного влияния факторов производственной и окружающей среды на человека, вопросов профессиональной и производственно обусловленной патологии.

На Форум приглашаются специалисты в области техносферной безопасности и охраны труда; промышленной экологии, гигиены труда и профпатологии; а также специалисты в области медико-биологических исследований и лабораторной диагностики.

ВОПРОСЫ, ПЛАНИРУЕМЫЕ К ОБСУЖДЕНИЮ:

- Реализация основных направлений концепции сохранения здоровья работающих. Социально-экономические аспекты обеспечения здоровья и безопасности на работе, сохранения трудового потенциала. Совершенствование законодательного нормативно-правового регулирования в области медицины труда.
- Новые вызовы в медицине труда и промышленной безопасности.
- Оценка и управление профессиональными рисками. Оценка условий труда работающих, их взаимосвязи с формированием профессиональных и производственно-обусловленных заболеваний.
- Медико-организационные технологии снижения негативного влияния условий труда и характера трудового процесса на здоровье работающих. Совершенствование современной системы медико-профилактического обеспечения работников, повышение ее эффективности, качества и доступности.
- Здоровый образ жизни как механизм управления профессиональными рисками.
- Медико-биологические требования к средствам коллективной и индивидуальной защиты.
- Современные аспекты профилактики, диагностики, лечения и реабилитации основных групп профессиональных и производственно обусловленных заболеваний. Современные аспекты медицинской и медико-социальной реабилитации.
- Промышленная экология.
- Информационные технологии в медицине труда.

ПРОГРАММА ФОРУМА:

Образовательный семинар

«ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В МЕДИЦИНЕ ТРУДА»

(7-8 июля 2020 года)

Семинар будет проведён по системе непрерывного медицинского и фармацевтического образования (НМИФО) Министерства Здравоохранения Российской Федерации, с выдачей индивидуального Свидетельства общепринятого образца и дальнейшей регистрацией полученных кредитов в новом Личном кабинете на сайте Портала НМИФО Минздрава России (www.edu.rosminzdrav.ru).

Возраст участников семинара не ограничен.

КОНКУРС НАУЧНЫХ РАБОТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ

(9 июля 2020 года)

Регламент выступления 10 минут, к участию приглашаются специалисты до 39 лет включительно, без учёной степени или имеющие степень кандидата наук, не возглавляющие научные или учебные подразделения учреждений.

Научная конференция

«МЕДИЦИНА ТРУДА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА»

(10 июля 2020 года)

Регламент выступления 15 минут, к участию в конференции приглашаются специалисты до 39 лет включительно, без учёной степени или имеющие различную учёную степень.

Материалы докладов (до 10 000 знаков) будут опубликованы в Сборнике Форума, авторами (и соавторами) которого могут быть только молодые учёные и специалисты (до 39 лет включительно). Сборник материалов будет зарегистрирован в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) с DOI.

Последний день приёма материалов – 5 июня 2020 года.

Организационный взнос участия варьирует в зависимости от периода оплаты и пакета услуг. В стоимость участия входят: выступление с докладом на Научной конференции или Конкурсе научных работ молодых учёных и специалистов, курс лекций Образовательного семинара по системе НМИФО Минздрава России (с получением Свидетельства), 1 публикация тезисов в Сборнике Форума, культурная программа.

СЕКРЕТАРИАТ ФОРУМА:

105275, Россия, Москва, пр-т Будённого, д.31,

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им.академика Н.Ф. Измерова»

Телефоны: +7 (495) 366-09-77, +7 (495) 918-30-10, E-mail: info@oh-events.ru

Официальный Сервис-агент Форума (организационный взнос, проживание):

ООО «Конгресс Экспо Фортис»

Телефоны: (495) 2041636, (916) 7948520, E-mail: congress.niimt@expofortis.ru

Официальный сайт 3-го ММФ: <http://forum.oh-events.ru/>