Ивашова Ю.А., Полевая Е.А., Пономарева Т.А.

Ранние признаки поражения верхних конечностей у работающих в условиях воздействия локальной вибрации

ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения», ул. Монастырская, 82, Пермь, Россия, 614045;

Вибрационная патология, включающая нарушения сосудистой, нервной и костно-мышечной систем, занимает одно из первых мест в структуре нарушений здоровья у работников виброопасных производств.

Цель исследования — выделить информативные диагностические критерии для выявления ранних признаков поражения верхних конечностей.

Группу наблюдения составили 90 работников в возрасте $46,7 \pm 2,5$ года ($p > 0,05$), со стажем $22,4 \pm 3,9$ года; группу сравнения — 60 работников, условия труда которых не были связаны с изучаемым фактором; средний возраст $45,8 \pm 2,4$ года, стаж $24,1 \pm 4,1$ года ($p > 0,05$). Обследование включало анализ условий труда и профмаршрута, клинический осмотр, анкетирование, лабораторные и функциональные исследования, статистическую обработку полученных результатов, расчет эпидемиологических показателей.

Анализ условий труда показал, что у работников группы наблюдения уровень локальной вибрации превышал предельно допустимый уровень на 2–6 дБ. Анкетирование показало, что обращение к врачу является для работников крайней мерой, даже в случае формирования хронической боли. По результатам опроса и осмотра было установлено, что формирование болевого синдрома у работников группы наблюдения происходит на фоне развития сосудистых и нейрососудистых нарушений. Отмечено повышение расчетного возраста артерий верхних конечностей ($5,3 \pm 2,8$ года) у 23,3% работников группы наблюдения. Анализ результатов динамометрии в динамике за три года показал медленно прогрессирующее снижение показателей у 21,1% работников виброопасных профессий при стаже $11,3 \pm 3,4$ года, и только у 3,3% работников группы сравнения при стаже $23,6 \pm 6,3$ года. В целом, отмечается высокий риск снижения мышечной силы, что является прогностически значимым для сохранения профессиональной трудоспособности. Расчет эпидемиологических показателей подтвердил связь вазоспастических реакций с воздействием локальной вибрации ($\chi^2 = 5,85$, $p < 0,001$; $F = 0,177$, $p < 0,05$; $RR = 2,5$, 95% $CI = 1,7-3,7$; $EF = 65\%$). В условиях воздействия локальной вибрации ранние признаки поражения верхних конечностей развиваются при стаже 5 лет и характеризуются сосудистыми изменениями. Клинические синдромы, характерные для вибрационной патологии, формируются при среднем стаже 10 лет. Необходимо совершенствовать комплекс диагностических мероприятий, направленных на выявление ранних признаков повреждения верхних конечностей, с целью улучшения трудового прогноза у работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

Ключевые слова: поражение верхних конечностей; диагностика; локальная вибрация

Для цитирования: Ивашова Ю.А., Полевая Е.А., Пономарева Т.А. Ранние признаки поражения верхних конечностей у работающих в условиях воздействия локальной вибрации. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-960-965>

Для корреспонденции: Ивашова Юлия Анатольевна, зав. отделением лучевой диагностики ФБУН «ФНЦ медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения». E-mail: ivashova18@yandex.ru.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Julia A. Ivashova, Elena A. Polevaya, Tatyana A. Ponomareva

Early signs of upper limb lesions in workers exposed to local vibration

Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies, 82, Monastyrskaya str., Perm, Russia, 614045;

Vibration pathology, including disorders of the vascular, nervous and musculoskeletal systems, occupies one of the first places in the structure of health disorders in workers of vibration-hazardous industries.

The aim of the study was to identify informative diagnostic criteria for identifying early signs of upper limb lesions.

The observation group consisted of 90 workers aged 46.7 ± 2.5 years ($p > 0.05$), with experience of 22.4 ± 3.9 years; the comparison group—60 workers whose working conditions were not associated with the studied factor; the average age of 45.8 ± 2.4 years, experience of 24.1 ± 4.1 years ($p > 0.05$). The survey included the analysis of working conditions and professional route, clinical examination, questionnaires, laboratory and functional studies, statistical processing of the results, calculation of epidemiological indicators.

The analysis of working conditions showed that the level of local vibration exceeded the maximum permissible level by 2–6 dB for the employees of the observation group. The survey showed that going to the doctor is a last resort for workers, even in the case of chronic pain. According to the results of the survey and examination, it was found that the formation of pain syndrome in employees of the observation group occurs against the background of the development of vascular and neurovascular disorders. There was an increase in the estimated age of the arteries of the upper extremities (5.3 ± 2.8 years) in 23.3% of the observation group. Analysis of dynamometry results in dynamics for three years showed a slowly progressive decline in 21.1% of workers in vibration-hazardous professions with 11.3 ± 3.4 years of experience, and only 3.3% of workers in the comparison group with

23.6±6.3 years of experience. In General, there is a high risk of decreased muscle strength, which is prognostically significant for the preservation of professional ability to work. The calculation of epidemiological indicators confirmed the connection of vasospastic reactions with the impact of local vibration ($\chi^2=5.85$, $p<0.001$; $F=0.177$, $p<0.05$; $RR=2.5$, $95\% CI=1.7-3.7$; $EF=65\%$). Under the influence of local vibration, early signs of upper limb lesions develop with 5 years of experience and are characterized by vascular changes. Clinical syndromes characteristic of vibrational pathology are formed with an average length of service of 10 years. It is necessary to improve the complex of diagnostic measures aimed at identifying early signs of damage to the upper limbs, in order to improve the labor prognosis in workers under the influence of local vibration.

Key words: upper limb lesion; diagnostics; local vibration

For citation: Ivashova J.A., Polevaya E.A., Ponomareva T.A. Early signs of upper limb lesions in workers exposed to local vibration. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59 (11). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-964-969>

For correspondence: Julia A. Ivashova, Head of Department of radiation diagnostics of Federal Scientific Center for Medical and Preventive Health Risk Management Technologies. E-mail: ivashova18@yandex.ru.

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Несмотря на совершенствование технологических процессов, вибрация остается в числе основных вредных факторов производства. Вибрационная патология, включающая разнообразные нарушения сосудистой, нервной и костно-мышечной систем, занимает одно из первых мест в структуре нарушений здоровья у работников [1]. Систематическое воздействие вибраций вызывает ухудшение как общего самочувствия работников, снижение работоспособности, так и развитие профессиональной патологии — вибрационной болезни. Актуальность данной проблемы обусловлена ее медико-социальной значимостью: молодой возраст лиц с установленным профессиональным заболеванием от воздействия вибрации, снижение профессиональной трудоспособности при малом стаже работы, необходимость длительного лечения и реабилитации работников, их профессиональной переподготовки и компенсационных выплат [2,3]. Опыт ФБУН «Федеральный научный центр медико-профилактических технологий управления рисками здоровью населения» (ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН») показал, что клинические проявления поражения верхних конечностей в условиях воздействия локальной вибрации, превышающей ПДУ формируются у работников при стаже 10 лет. На этапе периодических медицинских осмотров (ПМО) начальные признаки вибрационной патологии не диагностируются или недооцениваются специалистами, так как допуск к профессии определяется наличием заболеваний — медицинскими противопоказаниями, определенными приказом № 302н, приложение 1, п. 3.4.1¹ [4,5].

Цель исследования — выделить информативные диагностические критерии для выявления ранних признаков поражения верхних конечностей в условиях воздействия локальной вибрации.

В центре профпатологии «ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН» было проведено целенаправленное обследование работников, длительно подвергающихся воздействию локальной вибрации. Группа наблюдения — 90 работников в возрасте 46,7±2,5 года, со стажем 22,4±3,9 года. Группа сравнения — 60 работников, условия труда которых не связаны с изучаемым фактором; средний возраст 45,8±2,4 года ($p>0,05$), стаж 24,1±4,1 года ($p>0,05$). Группы были сопоставимы по возрасту, стажу, гендерной принадлежности (все мужчины). Основными про-

фессиями работников группы наблюдения являлись машинист горнорудочных машин, полировщик, обрубщик литья. В группе сравнения основные профессии: слесарь КИПиА, плотник, столяр, слесарь-инструментальщик.

Критерии исключения из обследования: возраст старше 60 лет, наличие атеросклероза сосудов, выраженные метаболические нарушения, эндокринная патология, злоупотребление алкоголем, курение более 20 лет (20 сигарет в день).

В ходе исследования были проанализированы результаты специальной оценки условий труда (СОУТ), производственного контроля; медицинская документация (медицинские карты пациента, получающего помощь в амбулаторных условиях — 150 единиц, карты ПМО за период с 2015 по 2018 г. — 450 единиц, истории болезни — 150 единиц).

Клинико-инструментальное обследование включало клинический осмотр невролога, хирурга, профпатолога, анкетирование, лабораторные исследования, динамометрию, оценку жесткости артерий конечностей методом сфигманометрии (СФММ) и ультразвуковые исследования (УЗИ), компьютерную электротермию кожи дистальных отделов верхних конечностей, капилляроскопию, определение вибрационной чувствительности, стимуляционную электромиографию (ЭНМГ), рентгенологическую диагностику.

Лабораторное исследование выполнено с использованием автоматических гематологического AcT5diff AL и биохимического «Keylab» анализаторов. Объем исследований включал клинический, биохимический (С-реактивный белок (СРБ), уровень глюкозы, содержание общего холестерина (ОХ), липопротеидов высокой (ЛПВП), низкой (ЛПНП) и очень низкой плотности (ЛПОНП), триглицеридов (ТГ) в сыворотке крови; индекс атерогенности (ИА); мочевая кислота, васкулярный эндотелиальный фактор роста (VEGF), содержание оксида азота, гомоцистеина, показатели антиоксидантной защиты: МДА — малоновый диальдегид плазмы и АОА — антиоксидантная активность плазмы) анализы крови.

Медико-социологическое исследование выполнено методом раздаточного анкетирования с использованием специализированной анкеты, разработанной специалистами ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН».

Определение силы мышц кисти и симметричности выполнялась с использованием кистевого динамометра ДК-100 (Россия). Проводилось сравнение полученных данных с результатами предыдущих результатов динамометрии, выполненной на ПМО за трехлетний период.

Оценка вибрационной чувствительности проводилась прибором «Вибротестер» ВТ-2. Пороги вибрационной чувствительности определялись на ладонной поверхности III пальца кисти по общепринятой методике.

УЗИ проводилось с помощью ультразвуковой диагностической медицинской системы VIVID-q (GE Vingmed

¹ Приказ Минздравсоцразвития РФ от 12 апреля 2011 г. № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».

Ultrasound AS, Норвегия). Функциональная активность эндотелия сосудов оценивалась после постокклюзионной пробы плечевой артерии (ПА) с использованием линейного датчика с частотой 9 МГц по модифицированной методике Celermajer D.S. с соавторами. УЗИ брахиоцефальных артерий (БЦА) проводилось билатерально на расстоянии 1 см от бифуркации общей сонной артерии по ее задней стенке в трех позициях (передней, средней и задней продольной) линейным датчиком с частотой 7 МГц с определением толщины комплекса интима-медиа (ТКИМ). УЗИ мягкотканых структур кистей осуществлялось линейным датчиком частотой 14 МГц.

Индекс САVI (сердечно-лодыжечный сосудистый индекс) оценивался с помощью диагностической системы Vasera VS-1500 (Fukuda Denshi CO., LTD, Япония) по стандартной методике.

ЭНМГ проводилась по общепринятой методике с использованием электронейромиографа комплекса «Нейрон-Спектр-4/ВПМ» (ООО «Нейрософт», Россия) при стандартном наложении электродов. В ходе исследования проводилась стимуляция моторных и сенсорных волокон верхних конечностей.

Компьютерная электротермометрия кожи верхних конечностей выполнялась на комплексе «Нейрософт» (Россия) с оценкой температуры кожи на уровне дистальных фаланг пальцев верхних и нижних конечностей.

Для капилляроскопии края ногтевого ложа фаланги четвертого пальца руки использовался «Капилляроскан-01» (ООО «Новые энергетические технологии»). Оценивался диаметр венозного, артериального, переходного отделов, длина и ширина капилляра, плотность капиллярной сети, отношение венозного отдела к артериальному, скорость кровотока в венозном, артериальном, переходном отделах, частота сладжей, длительность стаза, количество открытых капилляров, количество капилляров с одним, двумя и более пересечением, количество на единицу площади, наличие анастомозов.

Рентгенологическое исследование кистей было проведено на рентгеновском комплексе с цифровой системой получения обработки и хранения цифровых рентгеновских изображений в единой базе данных CR 35-X (Agfa HealthCare N.V., Бельгия) по стандартной методике: снимок в прямой проекции обеих кистей и лучезапястных суставов [6].

Статистико-математический анализ проводился с использованием программы STATISTICA for Windows 7.0, Microsoft Excel 2010 и программного модуля, выполненного в виде макроса MS Excel. Использовались критерий хи-квадрат (χ^2), критерий Фишера (F) и коэффициент корреляции Пирсона (r). Критический уровень значимости принимался равным 0,05 ($p < 0,05$). Был проведен расчет относительного риска (RR) и этиологической доли (EF) с оценкой доверительного интервала. Наличие связи считалось достоверным, если нижняя граница 95% доверительного интервала (95% CI) была больше единицы.

Диагностическое обследование выполнено в соответствии с соблюдением этических норм, изложенных в рассмотренной в 2008 г. версии Хельсинкской декларации. Протокол заседания этического комитета ФБУН «ФНЦ МПТУРЗН» № 15 от 12.02.2015 г. Все обследованные работники подписали информированное согласие на участие в научно-исследовательской работе.

Анализ условий труда показал, что у работников группы наблюдения уровень локальной вибрации превышал предельно допустимый (ПДУ) на 2–6 дБ. В группе сравнения условия труда по фактору «физические перегрузки» соответствовали классу «вредный» (класс 3,1), воздействие вибрации отсутствовало.

По данным опроса установлено, что у 57,7% работников группы наблюдения и у 20% группы сравнения отмечались зябкость дистальных отделов кистей ($\chi^2=19,5$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=2,9$, 95% CI=1,7–4,9; EF=76,9%); у 66,6% работников группы наблюдения и у 28,3% работников группы сравнения — периодические боли в кистях, скованность в межфаланговых суставах утром, парестезии, судороги, снижение силы в кистях ($\chi^2=19,6$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=2,4$, 95% CI=1,5–3,6; EF=80,0%). У работников со стажем 10 лет и более преобладающими были жалобы на зябкость кистей, «побеление» пальцев на морозе (у 41,6% работников группы наблюдения, у 11,1% группы сравнения, $\chi^2=0,04$, $p > 0,05$; $F=0,6$, $p > 0,05$; $RR=1,9$, 95% CI=0,2–12,6; EF=80,0%) и судороги пальцев кистей (у 58,3% работников группы наблюдения, у 22,2% работников группы сравнения, $\chi^2=0,2$, $p > 0,05$; $F=1,0$, $p > 0,05$; $RR=1,3$, 95% CI=0,4–4,4; EF=71,4%). У работников группы сравнения, независимо от стажа, основными жалобами были боль и ограничение движения в шейном отделе позвоночника (в 13,3% случаев в группе наблюдения, в 61,6% случаев в группе сравнения, $\chi^2=36,0$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=0,2$, 95% CI=0,1–0,3). Анализ результатов анкетирования показал, что субъективные жалобы у работников со стажем 10 лет и более не имели межгрупповых различий, однако следует отметить, что в условиях воздействия локальной вибрации основные жалобы связаны с поражением верхних конечностей, при физической перегрузке — позвоночника. Признаки астено-невротического синдрома (общая слабость, быстрая утомляемость, снижение работоспособности, повышенная раздражительность и нарушение сна) были выявлены практически у всех обследованных работников группы наблюдения; у каждого третьего отмечались церебральные жалобы (головные боли диффузного характера, головокружение), что нередко является следствием воздействия вибрации на вегетативную нервную систему (ВНС) [7]. Развивающаяся гиперреактивность симпатического отдела ВНС способствует нарушению регуляции сосудистого тонуса в дистальных отделах и проявляется снижением температуры кожи кончиков пальцев [8]. Субклинические нарушения поражения верхних конечностей выявлены у 21,1% работников в группе наблюдения, 11,6% — в группе сравнения, $\chi^2=1,6$, $p > 0,05$; $F=0,2$, $p > 0,05$; $RR=2,4$, 95% CI=1,2–5,3; EF=81,5%) при собственной оценке «здоров». Несмотря на улучшение условий труда, снижение уровней вибрации при внедрении в производственный процесс современных технологий, отмечается снижение числа практически здоровых работников [3].

Анализ распространенности поведенческих факторов риска не выявил межгрупповых различий. Анкетирование показало, что обращение к врачу является для работников крайней мерой, даже в случае развития болевого синдрома.

Анализ заболеваемости работников в исследуемых группах показал, что основными клиническими симптомами группы наблюдения были: периферический ангиодистонический синдром (ПАДС), в том числе синдром Рейно (у 66,6% работников группы наблюдения, 35,0% группы сравнения, $\chi^2=13,3$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=1,9$, 95% CI=1,9–2,8; EF=65%) и полинейропатия верхних конечностей (57,7% — в группе наблюдения, 18,3% — в группе сравнения, $\chi^2=21,4$, $p < 0,001$; $F=0,0$, $p < 0,05$; $RR=3,1$, 95% CI=1,7–5,5; EF=78,8%). Анализ результатов опроса и осмотра показал, что формирование болевого синдрома у работников группы наблюдения происходит на фоне формирования нейрососудистых нарушений [9]. Расчет эпидемиологических показателей подтвердил связь вазоспастических реакций с воздействием локальной вибрации ($\chi^2=5,85$, $p < 0,001$; $F=0,12$, $p < 0,05$; $RR=2,5$, 95% CI=1,7–3,7; EF=65%).

Изменение окраски кожи кистей, гипотермия наблюдались у 67,7% работников группы наблюдения, у 18,3% — группы сравнения ($\chi^2=33,3$, $p<0,001$, $F=0,0$, $p<0,05$; $RR=3,6$, $95\% CI=2,1-6,4$; $EF=81,9\%$). Проведение функциональных проб показало наличие положительного симптома Паля у 21,1% работников группы наблюдения, у 6,6% работников группы сравнения ($\chi^2=4,7$, $p<0,05$; $F=0,01$, $p<0,05$; $RR=3,2$, $95\% CI=1,1-8,8$; $EF=78,9\%$). Результаты тест-опросника и клинического осмотра представлены в табл. 1.

При лабораторном изучении достоверных межгрупповых различий результатов клинического анализа крови у работников исследуемых групп не наблюдалось. Анализ биохимических показателей выявил у работников группы наблюдения метаболические нарушения, снижение антиоксидантной защиты, эндотелиальную дисфункцию (табл. 2).

Эндотелиальная дисфункция при воздействии локальной вибрации характеризуется повышением уровня оксида азота, гомоцистеина и VEGF [9]. Повышение уровня оксида азота следует рассматривать как компенсаторную реакцию в условиях повышения тонуса сосудов в ответ на воздействие вибрации. Являясь тканевым гормоном, оксид азота (II) вызывает активную вазодилатацию. Окислительный и антиоксидантный дисбаланс потенцирует перекисное окисление липидов и ингибирует регулирующее действие оксида азота на сосуды [10]. Указанные изменения приводят не только к формированию эндотелиальной дисфункции, но и, как следствие, к повышению общего

периферического сопротивления, ремоделированию сосудистого русла (повышению жесткости артерий).

Умеренное снижение мышечной силы кисти отмечено у 20% работников группы наблюдения, у 15% — группы сравнения ($\chi^2=0,62$, $p>0,05$; $F=0,52$, $p>0,05$; $RR=1,3$, $95\% CI=0,6-2,7$; $EF=50,0\%$), значительное снижение мышечной силы при кистевой динамометрии ($D=29,4\pm 4,2$ кг, $S=27,6\pm 4,2$ кг) наблюдалось только в 5,5% случаев у работников в группе наблюдения (возраст $56,3\pm 2,4$ года, стаж $36,1\pm 4,6$ года). Однократное проведение динамометрии не позволило выявить снижение мышечной силы кисти у работников в условиях ПМО. Однако анализ результатов обследования в динамике за три года показал медленно прогрессирующее снижение показателей у 21,1% работников виброопасных профессий при стаже $11,3\pm 3,4$ года, и только у 3,3% работников группы сравнения при стаже $23,6\pm 6,3$ лет ($\chi^2=11,17$; $F=0,0016$, $p<0,05$; $RR=6,3$, $95\% CI=1,5-26,2$; $EF=89,4\%$), что является прогностически значимым для сохранения профессиональной трудоспособности.

Патологическая реакция плечевой артерии после реокклюзии отмечалась у 72,2% работников группы наблюдения (из них у 34,4% работников отмечались только субъективные ощущения боли и онемение рук утром, при сохранении вибрационной, болевой, температурной чувствительности) и у 18,3% группы сравнения ($\chi^2=39,6$, $p<0,001$; $F=0,0$, $p<0,05$; $RR=3,9$, $95\% CI=2,2-6,8$; $EF=83,0\%$). После декомпрессии диаметр плечевой артерии не изменился у 12,2% работни-

Таблица 1 / Table 1

Межгрупповые различия по результатам тест-опросника и клинического осмотра, %
Intergroup differences in the results of the test questionnaire and clinical examination, %

Клиническое проявление	Группа наблюдения	Группа сравнения	p^*
Периодические боли в руках	67	28	<0,001
Усиление боли в ночное время	44	13	<0,01
Парестезии	67	28	<0,001
Приступы акроангиоспазмов	17	3	<0,05
Зябкость кистей	58	20	<0,001
Отечность кистей	34	7	<0,001
Гипергидроз кистей	61	23	<0,001
Изменение окраски кожи кистей	32	6	<0,001
Снижение мышечной силы кисти	67	28	<0,001
Расстройства чувствительности на руках	34	9	<0,001

Примечание к табл. 1–2: * p — достоверность различий между группой наблюдения и группой сравнения

Note for tabls 1–2: * p — the validity of the differences between the observation group and the comparison group

Таблица 2 / Table 2

Сравнительный анализ результатов биохимического исследования у работников группы наблюдения и группы сравнения
Comparative analysis of the results of biochemical research in employees of the observation group and the comparison group

Показатель	Группа наблюдения	Группа сравнения	p^*
Глюкоза, ммоль/дм ³	6,4±0,2	5,3±0,2	<0,05
Общий холестерин, ммоль/дм ³	6,7±1,1	4,6±1,5	<0,05
Липопротеины низкой плотности, ммоль/дм ³	5,5±1,7	3,6±1,1	<0,05
Мочевая кислота, мкмоль/дм ³	468,8±31,2	208,6±29,4	<0,05
Малоновый диальдегид плазмы, мкмоль/дм ³	2,9±0,2	2,3±0,1	<0,05
Антиоксидантная активность плазмы, %	29,9±1,4	34,3±1,3	<0,05
СРБ высокочувствительный, мг/дм ³	5,8±0,3	3,1±0,2	<0,05
Васкулярный эндотелиальный фактор роста пг/см ³	352,3±111,9	107,3±47,6	<0,05
Оксид азота, мкмоль/см ³	148,9±8,9	57,3±6,5	<0,05
Гомоцистеин, мкмоль/дм ³	17,9±4,7	9,9±4,3	<0,05

ков группы наблюдения, при отсутствии подобной реакции у работников в группе сравнения, что свидетельствует о выраженном нарушении функциональной активности эндотелия в условиях воздействия локальной вибрации. Среднее значение прироста диаметра плечевой артерии у работников группы наблюдения соответствовало $5,2 \pm 1,3\%$, в группе сравнения — $11,5 \pm 1,1\%$ ($p < 0,001$); коэффициент чувствительности плечевой артерии в группе наблюдения был значительно ниже, чем в группе сравнения ($0,05 \pm 0,009$ усл. ед. и $0,27 \pm 0,058$ усл. ед., $p < 0,001$). Полученные данные подтверждают наличие нарушения функциональной активности эндотелия сосудов у работающих в условиях воздействия локальной вибрации еще в доклинической стадии.

УЗИ БЦА на экстракраниальном уровне выявило достоверные межгрупповые различия по ТКИМ ($1,2 \pm 0,02$ мм — в группе наблюдения, $0,79 \pm 0,05$ мм — в группе сравнения, $p < 0,05$). В процессе исследования было установлено увеличение ТКИМ у работников в группе наблюдения с увеличением стажа, что соответствовало изменениям показателей липидного обмена.

Гиперхолестеринемия и дислипидемия, эндотелиальная дисфункция, увеличение ТКИМ являются ранними маркерами нарушения периферической и центральной гемодинамики у работающих в условиях воздействия локальной вибрации [11]. Средний стаж работников с выявленными отклонениями лабораторных и функциональных показателей составил $8,2 \pm 3,2$ года.

Определение вибрационной чувствительности показало, что ее нарушение выявлялось в 100% случаев в группе наблюдения на всех частотах (8; 16; 32; 63; 125; 250; 500 Гц); и только в 20% случаев в группе сравнения ($\chi^2 = 746$, $p < 0,001$; $F = 0,0$, $p < 0,05$; $RR = 2,9$, 95% $CI = 2,0-4,2$; $EF = 80,2\%$). Повышение порога чувствительности прослеживалось у 63,3% работников группы наблюдения, у 40% — группы сравнения; у остальных работников наблюдалось снижение.

УЗИ кистей выявило неровные контуры суставных поверхностей лучезапястного сустава (ЛЗС) у 20% работников группы наблюдения, у 11,6% группы сравнения и оссификаты на суставных поверхностях ЛЗС у 7,7% работников группы наблюдения, у 11,6% — группы сравнения; повышение экзогенности костной фаланги, вследствие теносиновита наблюдалось в 18,8% случаев группы наблюдения, в 15% случаев группы сравнения. Изменения костной структуры не имело выраженных отличий ($\chi^2 = 0,38$, $p > 0,05$; $F = 0,57$, $p > 0,05$; $RR = 1,2$, 95% $CI = 0,6-2,6$; $EF = 47,0\%$). Исследования связочно-сухожильного аппарата кисти выявило изменения структуры и повышение экзогенности сухожилия длинной отводящей мышцы большого пальца и сухожилия разгибателя большого пальца в 35,5% случаев в группе наблюдения, в 18,3% случаев в группе сравнения ($\chi^2 = 5,4$, $F = 0,02$, $p < 0,05$; $RR = 1,9$, 95% $CI = 1,0-3,5$; $EF = 68,7\%$). Результаты лучевой диагностики показали наличие деформирующего остеоартроза I стадии у 24,4% работников группы наблюдения, у 18,3% группы сравнения ($\chi^2 = 0,7$, $p > 0,05$; $F = 0,42$, $p > 0,05$; $RR = 1,3$, 95% $CI = 0,6-2,5$; $EF = 50,0\%$), деформирующего остеоартроза II стадии у 31,1% группы наблюдения, у 20% группы сравнения ($\chi^2 = 2,3$, $p > 0,05$; $F = 0,18$, $p > 0,05$; $RR = 1,5$, 95% $CI = 0,8-2,8$; $EF = 57,1\%$). Средний стаж работников — $13,7 \pm 2,9$ года.

Снижение мышечной силы кисти в динамике и изменения структуры сухожилий следует рассматривать как ранние признаки поражения верхних конечностей при воздействии локальной вибрации, еще до развития суставной патологии.

Особый интерес представляют показатели эластических свойств сосудов верхних конечностей. Прогностическая ценность данного показателя заключается в возможности установления индивидуального прогноза, поскольку показатель имеет индивидуальную чувствительность. Повышение расчетного возраста артерий верхних конечностей ($5,3 \pm 2,8$ года) было отмечено у 23,3% работников группы наблюдения и только у 6,6% группы сравнения ($\chi^2 = 6,1$, $p < 0,05$; $F = 0,0$, $p < 0,05$; $RR = 3,5$, 95% $CI = 1,2-9,6$; $EF = 80,9\%$). Оценка состояния сосудистой стенки позволила выявить ранние нарушения эластичности сосудов на доклинической стадии, что является значимым при оценке трудоспособности и разработке профилактических мероприятий у работников виброопасных производств в условиях увеличения пенсионного возраста [2].

При оценке результатов ЭНМГ по показателю «резидуальная латентность срединного нерва справа» (*n. medianus m. Abductor pollicis brevis*) у 34,4% работников группы наблюдения и 15,0% группы сравнения отмечается его повышение ($p = 0,02$); у 30,0% работников группы наблюдения и 5,0% группы сравнения отмечается снижение скорости распространения возбуждения по срединному нерву на отрезке запястье — локтевой сгиб справа ($p < 0,001$); у 32,2% работников группы наблюдения и только у 5,0% группы сравнения на отрезке локтевой сгиб — нижняя треть плеча ($p < 0,001$). При оценке показателя резидуальной латентности локтевого нерва справа (*n. ulnaris m. Abductor digiti minimi*) установлено, что резидуальная латентность увеличена в 33,3% случаев в группе наблюдения и в 6,6% случаев в группе сравнения ($p < 0,001$). При анализе результатов измерения показателя скорости распространения возбуждения по локтевому нерву справа на отрезке запястье — локтевой сгиб установлено снижение скорости в 34,4% случаев в группе наблюдения и в 6,6% случаев в группе сравнения ($p < 0,001$).

По результатам ЭНМГ в 87,1% случаев наблюдались умеренно выраженное снижение скорости проведения нервного импульса и амплитуды мышечного ответа по моторным и сенсорным волокнам ($46,2 \pm 9,7\%$) при стаже работы в условиях воздействия локальной вибрации $11,6 \pm 2,1$ года.

При оценке зависимости электронейромиографических изменений от стажа работы при воздействии локальной вибрации отмечается прямая средняя связь с показателями резидуальной латентности срединного нерва ($r = 0,6$), скорости распространения возбуждения по локтевому нерву справа на отрезке запястье — локтевой сгиб ($r = 0,5$) и скорости распространения возбуждения по локтевому нерву на отрезке локтевой сгиб — нижняя треть плеча справа ($r = 0,5$).

Результаты компьютерной электротермометрии кожи верхних конечностей показали снижение местной температуры у работников группы наблюдения (t° кожи дистальных фаланг кисти у работников группы наблюдения $30,3 \pm 2,4^\circ$, у работников группы сравнения $33,4 \pm 1,3$, $p < 0,05$).

Капилляроскопия края ногтевого ложа выявила преимущественно сосудистые нарушения у 50% случаев у работников группы наблюдения и у 23,8% группы сравнения ($\chi^2 = 2,6$, $p > 0,05$; $F = 0,08$, $p > 0,05$; $RR = 2,1$, 95% $CI = 0,9-4,8$; $EF = 68,7\%$). Доля внесосудистых и интрасосудистых нарушений в группе наблюдения составила 17% и 33%, в группе сравнения — 53% и 23% соответственно. Внесосудистые изменения проявлялись «мутным» капилляроскопическим фоном, интрасосудистые изменения — замедлением и прерывистостью капиллярного кровотока. Расстройством микроциркуляции имели, как правило, 1-ю и 2-ю степень (преходящие) — скорость выше 250 мкм/с, сладж феномен

отсутствует или не более 3 агрегатов за 10 сек., стазов нет; периваскулярная зона не более 110 мкм.

Выводы:

1. В условиях воздействия локальной вибрации ранние признаки поражения верхних конечностей развиваются при стаже 5 лет и характеризуются сосудистыми поражениями (нарушение эластичности и функциональной активности эндотелия);

2. Клинические синдромы, характерные для вибрационной патологии, формируются при среднем стаже 10 лет;

3. Гиперхолестеринемия и дислипидемия, эндотелиальная дисфункция, увеличение ТКИМ являются ранними маркерами нарушения периферической и центральной гемодинамики у работающих в условиях воздействия локальной вибрации; снижение мышечной силы кисти в динамике и изменения структуры сухожилий следует также рассматривать как ранние признаки поражения верхних конечностей при воздействии локальной вибрации, еще до развития суставной патологии;

4. Необходимо совершенствовать комплекс диагностических мероприятий, направленных на выявление ранних признаков поражения верхних конечностей, с целью улучшения трудового прогноза у работающих в условиях воздействия локальной вибрации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности вибрационной болезни горняков при современных технологиях добычи рудного сырья в Кольском Заполярье. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2016; 60(6): 312–316. DOI: 10.18821/0044-197X-2016-60-6-312-316.
2. Бабанов С.А. и др. Вибрационная болезнь. Оптимизация диагностических и лечебных мероприятий. М.: Инфра-М: 2016.
3. Сюрин С.А., Шилов В.В. Особенности нарушений здоровья горняков северных медно-никелевых рудников. *Гигиена и санитария*. 2016; 95 (5): 455–459. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-455-459.
4. Бабанов, С.А. Татаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз. *Русский медицинский журнал*. 2013; 35:54–65.
5. Бабанов С.А. и др. Эволюция представлений о вибрационной болезни и современные подходы к ее диагностике и терапии. *Санитарный врач*. 2017; 5–6: 41–53.
6. Илясова Е.Б. Лучевая диагностика: учебное пособие: 2009.
7. Дробышев В.А. и др. Состояние вегетативной регуляции у рабочих виброопасных профессий на этапе внедрения в производство высокотехнологичных пневмоинструментов. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 2: 38–41.
8. Шавловская О.А. Нарушение функции нейромоторного аппарата верхних конечностей, вызванное локальной вибрацией. *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2015;7(2): 67–74. DOI: 10.14412/2074-2711-2015-2-67-74.
9. Сучков И.А. Коррекция эндотелиальной дисфункции: современное состояние проблемы (обзор литературы). *Российский*

медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2012; 20 (4): 151–7. DOI: 10.17816/PAVLOVJ20124151-157.

10. Непершина О.П. и др. Современный подход к оценке сенсорных нарушений при полинейропатии вибрационного генеза. *Мед. труда и пром. экол.* 2016; 6: 37–42.

11. Скрипаль Б.А. и др. Состояние центральной и регионарной гемодинамики у работающих при вибрационно-шумовом воздействии на фоне охлаждающего микроклимата подземных рудников арктической зоны России. *Сан. врач*. 2019; 2:32–37.

REFERENCES

1. Syurin S.A., Shilov V.V. The characteristics of vibration disease of miners in conditions of modern technologies of mining ore raw materials in the kola high north. *Zdravoohranenie Rossijskoj Federacii*. 2016; 60(6): 312–16. DOI: 10.18821/0044-197X-2016-60-6-312-316 (in Russian).
2. Babanov S.A. et al. Vibration disease. Optimization of diagnostic and therapeutic measures. M.: Infra-M: 2016. (in Russian).
3. Siurin S.A. et al. Features of health disorders in miners employed at northern copper-nickel mines. *Gigiena i sanitarija*. 2016; 95 (5): 455–59. DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-5-455-459 (in Russian).
4. Babanov, S.A. Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding and differential diagnosis. *Russkij medicinskij zhurnal*. 2013; 35: 54–65 (in Russian).
5. Babanov S.A. Evolution of concepts about vibration disease and modern approaches to its diagnostics and therapy. *Sanitarnyj vrach*. 2017; 5–6: 41–53.
6. Ilyasova E. B. Radiological diagnosis: study guide: 2009
7. Drobyshev V.A. et al. State of vegetative regulation in workers exposed to vibration at work during industrial implementation of hi-tech pneumoinstruments. *Med. truda i prom. ekol.* 2016; 2: 38–41. (in Russian).
8. Shavlovskaya O.A. Upper extremity neuromotor dysfunction caused by local vibration. *Nevrologija, nejropsihiatrija, psihosomatika*. 2015;7(2): 67–74. DOI: 10.14412/2074-2711-2015-2-67-74. (In Russian).
9. Suchkov I.A. Correction of endothelial dysfunction: current status of the problem (literature review). *Rossiyskiy mediko-biologicheskij vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2012; 20 (4): 151–57. DOI: 10.17816/PAVLOVJ20124151–157 (in Russian).
10. Nepershina O.P. et al. Contemporary approach to evaluation of sensory disorders in polyneuropathy due to vibration. *Med. truda i prom. ekol.* 2016; 6: 37–42. (in Russian).
11. Skripal B.A. et al. State of central and peripheral hemodynamics in workers with vibration and noise exposure on the background of the cooling microclimate of underground mines in the Arctic zone of Russia. *Sanitarnyj vrach*. 2019; 2:32–37. (in Russian).

Дата поступления / Received: 16.08.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 03.11.2019

Дата публикации / Published: 28.11.2019