

EDN: <https://elibrary.ru/jojhll>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-6-428-434>

УДК 613.644:[616.72+616.833]-073

© Зуева Я.И., 2024

Зуева Я.И.

Возможности ультразвукового исследования в диагностике поражения суставов и периферических нервов при вибрационной болезни

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 12а микрорайон, 3, Ангарск, 665827

Рассмотрена проблема диагностики вибрационной болезни как хронического профессионального заболевания, поражающего периферическую сосудистую, нервную и скелетно-мышечную системы в результате длительного воздействия производственной вибрации. В связи с необходимостью раннего выявления данной патологии предложено большое количество диагностических тестов, но направленных, прежде всего, на диагностику изменений периферической сосудистой и нервной системы.

Представлены результаты обзора современных методов исследований, посвящённых диагностике изменений скелетно-мышечной системы, остеоартроза, поражений периартикулярных тканей, поражений периферических нервов у контингента, подверженного воздействию вибрации, и пациентов с вибрационной болезнью. В связи с полиморфной клинической картиной заболевания в настоящее время остаются диагностические ситуации, при которых существующие методики не позволяют установить достоверный диагноз или провести дифференциальную диагностику. Особое внимание уделено современным возможностям ультразвукового исследования суставов, околоуставных тканей и периферических нервов в диагностике проявлений вибрационной болезни.

Введение в диагностическую практику ультразвукового метода исследования позволит повысить качество диагностики остеоартрозов, периартрозов, туннельных нейропатий с последующим своевременным выбором лечебной и профилактической тактики, что сыграет важную роль в сохранении здоровья тех работников, чья профессиональная деятельность связана с повышенным уровнем вибрации.

Ключевые слова: *вибрационная болезнь; скелетно-мышечные изменения; туннельный синдром; ультразвуковая диагностика*

Для цитирования: Зуева Я.И. Возможности ультразвукового исследования в диагностике поражения суставов и периферических нервов при вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 2024; 64(6): 428–434. <https://elibrary.ru/jojhll> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-6-428-434>

Для корреспонденции: *Зуева Янина Иозовна, e-mail: mabtera83@gmail.com*

Финансирование. Работа выполнена в рамках средств, выделяемых для выполнения государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 20.05.2024 / Дата принятия к печати: 24.06.2024 / Дата публикации: 31.07.2024

Yanina I. Zueva

The possibilities of ultrasound examination in the diagnosis of joint and peripheral nerve damage in vibration disease

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, 3, 12a Microdistrict, Angarsk, 665827

The article tells about the problem of diagnosing vibration disease as a chronic occupational disease affecting the peripheral vascular, nervous and musculoskeletal systems as a result of prolonged exposure to industrial vibration. Due to the need for early detection of this pathology, the author proposed a large number of diagnostic tests aimed primarily at diagnosing changes in peripheral vessels and the nervous system.

There are results of a review of modern research methods devoted to the diagnosis of changes in the musculoskeletal system, osteoarthritis, lesions of periarticular tissues, lesions of peripheral nerves in patients exposed to vibration and patients with vibration disease. Due to the polymorphic clinical picture of the disease, there are currently diagnostic situations in which existing methods do not allow for a reliable diagnosis or differential diagnosis. Special attention is paid to the modern possibilities of ultrasound examination of joints, periarticular tissues and peripheral nerves in the diagnosis of manifestations of vibration disease.

The introduction of an ultrasound examination method into diagnostic practice will improve the quality of diagnosis of osteoarthritis, periartthritis, tunnel neuropathies, followed by a timely choice of therapeutic and preventive tactics, which will play an important role in maintaining the health of those workers whose professional activities are associated with an increased level of vibration.

Keywords: *vibration disease; musculoskeletal changes; tunnel syndrome; ultrasound diagnostics*

For citation: Zueva Ya.I. The possibilities of ultrasound examination in the diagnosis of joint and peripheral nerve damage in vibration disease. *Med. truda i prom. ekol.* 2024; 64(6): 428–434. <https://elibrary.ru/jojhll> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-6-428-434> (in Russian)

For correspondence: *Yanina I. Zueva, e-mail: mabtera83@gmail.com*

Funding. The work was carried out within the funds allocated for the fulfillment of the State task of the East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

Received: 20.05.2024 / Accepted: 24.06.2024 / Published: 31.07.2024

Введение. Вибрационная болезнь (ВБ) — хроническое профессиональное заболевание, характеризующееся поражением периферической сосудистой, нервной и скелетно-мышечной систем в зоне воздействия вибрации при длительном воздействии производственной вибрации выше ПДУ. Заболевание отличается длительным доброкачественным течением с постепенным нарастанием клинических синдромов при продолжении контакта с вибрацией.

Современная отечественная классификация выделяет в ВБ локальную и общую форму, а также три степени выраженности заболевания: начальную, умеренную, выраженную¹. К проявлениям ВБ, связанным с воздействием локальной вибрации, отнесены: полинейропатия верхних конечностей, в том числе с сенсорными и вегетативно-трофическими нарушениями; периферический ангиодистонический синдром верхних конечностей (в том числе синдром Рейно); синдром карпального канала (компрессионная невропатия срединного нерва), миофиброз предплечий и плечевого пояса, артрозы и периартрозы лучезапястных и локтевых суставов.

«Международная статистическая классификация болезней и связанных с ними проблем со здоровьем (МКБ-10) в области профессиональной гигиены» от 1999 г. выделяет группу заболеваний, связанных с механической локальной вибрацией, в том числе: сосудистые (синдром Рейно), неврологические (синдром карпального канала и др.) и артрозы (*International statistical classification of diseases and related health problems (ICD-10) in occupational health.* — World Health Organization, 1999).

В англоязычной литературе общепотребимы термины *HAV (hand arm vibration syndrome)*, аналог ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации, и *WBV (whole body vibration syndrome)*, аналог ВБ, связанной с воздействием общей вибрации. *HAV* имеет сосудистый, неврологический и мышечно-скелетный компонент [1, 2]. Одновременно с этим для скелетно-мышечных нарушений и связанных с ними туннельных синдромов используется термин *work-related musculoskeletal disorders of the distal upper extremity (WRMSDs-ULs)*. Термин описывает артрозы, периартрозы, туннельные синдромы верхних конечностей, связанные с воздействием таких профессиональных факторов, как механическая нагрузка, вынужденное положение, повторяющиеся движения, вибрация и другие [3–5]. Такое расхождение затрудняет сопоставление данных.

Вибрация и остеоартроз: связь и диагностика. На сегодняшний момент накоплено большое количество данных о связи вибрации и остеоартроза локтевых суставов, плюснефаланговых, межфаланговых суставов кистей. Большинство исследователей используют для верификации остеоартроза данные рентгенологического обследования, что является общепринятым решением, но сохраняет некоторые противоречия. Например, известно, что степень болевого синдрома и рентгенологическая стадия остеоартроза могут не соответствовать друг другу, а ранние признаки остеоартроза могут не определяться при рентгенологическом обследовании.

Таким образом, следует различать данные о распространенности остеоартроза, который был диагностирован на основании проведения рентгенографии и иными

способами. При этом простота и доступность рентгенологического обследования позволяет включать в исследования значительные контингенты рабочих, подвергающихся воздействию вибрации.

При обследовании 435 горнорабочих Колесов В.Г.² установил, что рентгеноморфологические признаки остеоартроза встречались в 77,7% случаев. Особенно часто встречались поражения локтевых суставов (54%), реже мелких суставов кистей (32,6%), акромиально-ключичных суставов (29,2%), плечевых суставов (23,7%) и лучезапястных суставов (8,5%). Рентгенологические изменения, характерные для остеоартроза, чаще определялись в позднем периоде ВБ на фоне имеющихся периферических нейрососудистых нарушений.

При обследовании 300 рабочих машиностроительных предприятий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, с диагностированной ВБ первой и второй стадии, Кирьяковым В.А. с соавторами [6] рентгенографии выявлены изменения в виде артрозов различной локализации: межфаланговые суставы в 76%, пястно-фаланговые в 53%, запястно-пястные в 39%, лучезапястные в 28% случаев. Распространенность данных изменений значимо отличалась от популяционной.

В 2023 г. Sun Y. et al. [7] на 823 пациентах, среди которых 209 обследованных лиц составили «случай», а 614 — «контроль», построили статистические модели, которые продемонстрировали значимые взаимосвязи между воздействием локальной вибрации и риском развития группы скелетно-мышечных нарушений, верифицированных рентгенологически. Данными изменениями стали: остеоартроз суставов кистей, остеоартроз локтевых, плечевых суставов, болезнь Кинбека, периартроз локтей, перелом ладьевидной кости, псевдоартроз ладьевидной кости.

В 2021 г. Nakayama K. et al. [8] провели исследование, в котором было обнаружено, что распространенность остеоартроза локтевых суставов у жителей японского города старше 50 лет составляет 25,2%. При анализе множества факторов было выяснено, что использование инструментов с вибрацией является независимым фактором, который значимо влияет на развитие остеоартроза локтевых суставов. Также возраст был верифицирован как ещё один фактор, статистически значимо связанный с развитием остеоартроза.

Благодаря широкому распространению рентгенографии в диагностике остеоартроза у пациентов с ВБ и работников, подвергающихся воздействию вибрации, описаны характерные рентгенологические особенности поражения костей и суставов при ВБ. Условно специфичными для ВБ являются обнаружение эностозов и кист при рентгенографии кистей, деструктивные изменения дистальных фаланг кистей, ограниченный остеопороз, асептический некроз костей запястья, обызвествление сухожилий в области локтевых суставов [6, 9, 10].

В настоящее время имеются единичные публикации об использовании ультразвукового метода исследования для диагностики остеоартроза на дорентгенологической

¹ Приказ Министерства здравоохранения и социального развития России от 27.04.2012 № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний» (Зарегистрировано в Минюсте России 15.05.2012 № 24168)

² Колесов В.Г. Патология периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата верхних конечностей от воздействия «локальной» вибрации у рабочих горнорудной промышленности северных и восточных регионов страны (принципы ранней диагностики и реабилитации) 14.00.13 — нервные болезни Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Иваново; 1995.

стадии поражения сустава или совместно с рентгенографией. В работе Кармановской С.А.³ при обследовании 146 работников, подвергающихся воздействию локальной вибрации, достоверно чаще, чем в контрольной группе, выявлялись ультразвуковые признаки дегенеративных изменений локтевых суставов, такие как, умеренное и выраженное неравномерное снижение высоты хряща. Если при обследовании пациентов с ВБ методом рентгенографии признаки остеоартроза локтевых суставов встречались у 22,2–36,3% пациентов в зависимости от стажа воздействия вибрации, то при ультразвуковом обследовании частота составила 29,6–45,5% соответственно. Результаты свидетельствуют о возможности ультразвуковой диагностики на более ранней стадии [9].

В 2020 г. Воробьёва А.А. с соавторами получили сходные данные при изучении лучезапястных суставов. В рамках диагностики болезней костно-мышечной системы были проведены рентгенография и ультразвуковое исследование лучезапястных суставов 50 работникам с воздействием вибраций и физических нагрузок. У 36% работников (в контрольной группе у 12,7%) выявлены признаки формирующегося артроза: неровные контуры суставных поверхностей, оссификаты. В ходе проведения исследования обнаружено, что при использовании рентгенологической картины выявляемость остеоартроза первой стадии составила 16%, второй стадии — 4% обследуемых. Эти показатели оказались ниже, чем при использовании ультразвукового обследования. Это указывает на достаточно высокую эффективность ультразвукового метода при диагностике остеоартроза и его стадий [11].

По данным результатов ультразвукового обследования коленных суставов, у двух групп пациентов (первая — с остеоартрозом коленных суставов, вторая — с сочетанием ВБ и остеоартроза коленных суставов), во второй группе отмечались более выраженное истончение хряща, увеличение количества хондромных тел, изменение менисков, лигаментозы и микропереломы [12]. В данном исследовании было обнаружено, что указанные изменения могут быть свидетельством доминирования микроповреждений в качестве фактора, способствующего прогрессированию гонартроза. Таким образом, оно подтвердило потенциальные возможности ультразвуковой диагностики для уточнения характерных особенностей данной патологии.

Исследования в направлении изучения ультразвукового метода диагностики не теряют своей актуальности, в том числе из-за постоянного увеличения разрешающей способности датчиков и повышения качества обработки изображения [13–15].

Вибрация и патология периапартулярных тканей: связь и диагностика. Проблема периапартулярных поражений при ВБ представляется более сложной. Во-первых, диагноз преимущественно ставится клинический. Верификация объективных изменений периапартулярных структур является затруднительной. Таким образом, при клинической диагностике какого-либо периапартуроза всегда есть высокая вероятность и гипо- и гипердиагностики. Одновременно с этим часть исследований, основанных на оценке неспецифических болевых синдромов со стороны

костно-мышечной системы с помощью опросников или клинически, скрывает пациентов с изменением сухожильно-связочного аппарата. Данных исследований значительное количество, например, *House R. et al.* [16] оценивали дисфункцию верхних конечностей у пациентов с ВБ с помощью опросника *DASH*. Показано, что наибольшее влияние на показатели оказывала боль в верхних конечностях, связанная с мышечно-скелетными проблемами.

Qamruddin A.A. et al. [17] при обследовании 200 работников шиномонтажных мастерских, подвергающихся воздействию локальной вибрации, выявил по результатам опроса наличие скелетно-мышечных проявлений у 44,5%. Чаще такими проявлениями были боль и скованность в запястье, реже в кисти, локте, шее. Наиболее значимым фактором, статистически связанным со скелетно-мышечными проявлениями, стал стаж воздействия локальной вибрации. Группой исследователей во главе с *Sridhar S.* [18] проведено анкетирование с использованием опросника Корнелла по скелетно-мышечному дискомфорту среди 80 операторов горнодобывающего оборудования, разделённых в зависимости от контакта с локальной вибрацией на группу наблюдения и контроля. Результаты показали достоверно более высокий риск мышечно-скелетного дискомфорта (в левом плечевом суставе и левом запястье) в группе, подвергающейся воздействию локальной вибрации. В рамках систематического обзора литературы *Charles L.E. et al.* [19] продемонстрировали более 15 исследований, подтверждающих связь вибраций и мышечно-скелетных нарушений верхних конечностей, проявляющихся болью и скованностью в плече и шее.

Из вышеприведённых примеров следует, что целый ряд исследователей не отождествляют проблему боли и периапартулярного поражения, но очевидно, что часть болевых синдромов в области запястья, локтевом и плечевом суставах связана с именно таким поражением [20].

Исследования, уточняющие связь вибраций с определённой периапартулярной патологией (диагностированной клинически на основании жалоб, результатов осмотра, функциональных проб) рассматривают чаще такую патологию, как медиальный и латеральный эпикондилит, поражение ротаторной манжеты плеча.

В популяционном исследовании, осуществлённом *Shiri R. et al.* [21] на выборке из более чем четырёх тысяч обследуемых лиц, выявлена значимая ассоциация между воздействием вибрации и возникновением медиального и латерального эпикондилита.

Diener G.L. et al. [22] провели систематический обзор литературы с целью исследования влияния различных профессиональных факторов на развитие поражения ротаторной манжеты плеча. При анализе 13 статей была обнаружена значимая связь между воздействием вибрации и развитием поражения ротаторной манжеты плеча, хотя эта связь оказалась менее выраженной, чем связь с такими факторами, как работа над головой и повторяющиеся движения.

Данные о связи вибраций и других тенденопатий, например синдрома де Кервена, в настоящий момент противоречивы и недостаточны [4].

Единичны научные публикации, описывающие ультразвуковую картину периапартуроз при ВБ. Например, известна работа, изучающая ультразвуковую картину изменений сухожилия разгибателей кисти, где как ключевой показатель оценивалась толщина энтезиса в области латерального надмыщелка, признаки энтезопатии определя-

³ Кармановская Светлана Александровна Клинико-рентгенологическая и ультразвуковая характеристика костно-суставного аппарата при вибрационной болезни от локальной вибрации 14.00.05, 14.00.19 невропатология, внутренние болезни автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата медицинских наук. Новосибирск; 2006.

лись достоверно чаще в группе пациентов с ВБ по сравнению с контролем. Также значимо чаще встречались признаки тендинопатии сухожилия трёхглавой мышцы плеча в области прикрепления к локтевому отростку [9].

Мягкотканые структуры лучезапястного сустава оценивались также в вышеупомянутом исследовании А.А. Воробьевой [11], где патологические признаки определялись у 46% обследуемых и включали признаки тендинита, теносиновита сухожилий сгибателей кисти, сухожилий длинной отводящей мышцы большого пальца и сухожилия разгибателя большого пальца.

В ходе оптимизации системы диагностики заболеваний кисти у пациентов с ВБ было проведено обследование 32 работников, подвергающихся сочетанному воздействию физических перегрузок и промышленной вибрации. Дополнительно были обследованы 30 работников контрольной группы. Анализ включал использование ультразвуковой диагностики мягких тканей кисти. Результаты ультразвуковой диагностики показали, что нормальная ультразвуковая картина была обнаружена только у 15% участников группы наблюдения. У остальных 85% были выявлены различные изменения мягких тканей кисти, включая тендинопатию сухожилий сгибателей, тендинопатию сухожилий сгибателей, патологию срединного нерва, наличие ганглиев в кисти [23].

Щетинина А.А. с соавторами при ультразвуковом обследовании 103 горнорабочих, из которых у 86 была установлена ВБ, связанная с воздействием локальной вибрации, была выявлена следующая патология периапарткулярных тканей плечевых суставов: тендинопатия длинной головки бицепса, поражение сухожилий мышц ротаторной манжеты, субакромиально-субдельтовидный бурсит. Из 50 пациентов с патологией плеча, диагностированной на основании клинических и ультразвуковых данных, у 49 она сочеталась с ВБ [24].

Частым ограничением в данных исследованиях является отсутствие унифицированной методики интерпретации ультразвуковой картины. Актуально продолжать исследование изменений околоуставных мягких тканей локтевого, лучезапястного и плечевого сустава с оценкой комплекса ультразвуковых признаков, демонстрирующих высокую чувствительность и специфичность при диагностике медиального и латерального эпикондилита, синдрома де Кервена, и др. периапартритов, в том числе: зон гипоплазии, ан-эхогенности, толщины энтезисов, наличие энтеофитов, кальцификаций, неоваскуляризации [15].

Туннельные синдромы и их связь с ВБ и скелетно-мышечной патологией. Туннельная невропатия — это вид патологии периферической нервной системы, представляющий собой поражение нервов в анатомических сужениях в результате компрессии нервных стволов в ригидных, костно-фиброзных и мышечно-фиброзных каналах, апоневротических щелях и отверстиях в связках [25].

Причины, вызывающие туннельную невропатию, могут быть общие и местные. Общие по разным причинам, например, акромегалия, гипотиреоз, ожирение, приводят к гипертрофии или появлению включений соединительной ткани. Локальные причины включают посттравматические деформации, опухоли, воспалительные изменения суставов и сухожилий [26].

Связь между синдромом запястного канала и воздействием вибраций подтверждена множеством оригинальных исследований и систематических обзоров [27]. В нескольких исследованиях оценивается связь вибра-

ций и синдрома карпального канала, диагностированного на основе клинических данных. В исследовании *Gerhardsson L. et al.* [28] у 38 рабочих, подвергающихся воздействию высокочастотной локальной вибрации, проведено клиническое обследование для уточнения скелетно-мышечных симптомов. В результате выявлена высокая распространённость таких синдромов, как напряжение шеи, тендинит бицепса, синдром запястного канала.

В исследовании *Vihlborg P. et al.* [29] из 68 рабочих, имеющих контакт с локальной вибрацией, по результатам анкетирования были выбраны 24 пациента, которые прошли медицинский осмотр с оценкой неврологических, сосудистых и мышечно-скелетных нарушений. Среди выявленных нарушений преобладал синдром запястного канала (у 12% против 4% в контрольной группе).

Однако соотношение рисков воздействия вибраций для синдрома запястного канала составляет 2,9, а для нейросенсорных изменений, например, 7,4. Кроме того, установлена связь эргономики ручного инструментария и появлением синдрома запястного канала [30].

Связь вибрации и компрессионно-ишемической невропатии локтевого и лучевого нервов, диагностированной клинически, достоверно не обнаружена. Но определённые профессиональные факторы показали достоверную связь с синдромом кубитального канала, такие как частые повторяющиеся сгибания локтевого сустава, давление (опора) на локоть [31]. Кроме того, для синдрома кубитального канала доказана связь с патологией локтевого сустава [32].

При туннельных синдромах электрофизиологические методы исследования позволяют с высокой степенью чувствительности и специфичности диагностировать изменения сенсорного и моторного компонентов нерва. Характерные электрофизиологические изменения при ВБ описаны многими авторами [33, 34]. Данный метод позволяет выявить признаки компрессионно-ишемической невропатии. В исследовании, проведённом Н.П. Яньшиной с соавторами в 2007 г., была обнаружена значительная частота локальных компрессий нервов верхних конечностей у пациентов с ВБ. В кубитальном канале такую компрессию имело 66,3% пациентов, в спиральном канале — 33,9%, в запястном канале — 32,2%, а в пронаторном туннеле — 24,4% [33]. По данным исследования, проведённого Кирьяковым В.А. с соавторами, среди 128 работников, страдающих от ВБ, вызванной локальной вибрацией, было обнаружено, что 33,6% из них имеют туннельные невропатии верхних конечностей различной локализации [6].

Частота туннельных синдромов, определяемая по электрофизиологическим данным, различается у многих авторов, но у всех она значительна. Это вносит серьёзные вопросы о причинах, патогенезе и прогнозе этих нарушений, а также о необходимости разграничения между локальным поражением нерва и полинейропатическим поражением. Возможно, выявление морфологических изменений нерва и окружающих его структур в костно-фиброзных каналах может пролить свет на эти вопросы. Присутствие клинических и электрофизиологических признаков компрессионно-ишемических изменений нервов свидетельствует о несоответствии между размером нерва и канала, через который он проходит [35]. Однако причины этого несоответствия у пациентов, подвергающихся воздействию вибрации, остаются не до конца известными.

Скелетно-мышечному компоненту в клинике ВБ и его связи с формированием туннельных синдромов уделяется

меньшее внимание в литературе, и этот вопрос нуждается в подробном изучении. Оценка структуры нерва и канала возможна только при использовании МРТ или ультразвуковой визуализации. Сонография с высоким разрешением позволяет выявить характерные для туннельного синдрома изменения нерва: уменьшение толщины нерва в канале и расширение проксимально, снижение эхогенности нерва, деформация нерва; определить возможные причины сдавления: утолщение ретинакулюма, остеофиты, сухожильные ганглии и др. [36].

В настоящее время исследования, использующие ультразвуковую оценку нервов у пациентов с ВБ единичны [37]. Liu Y.Z. et al. [38] выявили достоверные различия площади срединного нерва на уровне гороховидной кости у пациентов с ВБ по сравнению с контрольной группой. Более значимым является исследование Ямщиковой А.В. с соавторами, в ходе которого проводилась оценка площади поперечного сечения нервов верхних конечностей и качественных сонографических характеристик нервов совместно с электрофизиологическим исследованием у 138 рабочих с установленным диагнозом ВБ. Анализ структурных нарушений нервов выявил локальные утолщения нервов в области анатомических туннелей (карпального и кубитального) в сочетании с качественными изменениями внутренней структуры (гипо-, анэхогенность, отсутствие дифференцировки на фасцикулы), что было интерпретировано как компрессионное поражение

нервов [12]. Компрессионные нейропатии у обследуемых с ВБ были определены в 47,1% случаев: односторонний синдром кубитального канала — в 20%, односторонний синдром карпального канала — в 11%, а также сочетание компрессионных нейропатий — в 16,1%. Работа имела несколько ограничений, в частности, нерв осматривался не на протяжении, а в нескольких точках, не оценивались структуры, окружающие нерв (сухожилия, суставы, связки), не выяснялись причины компрессии при её выявлении. В то же время поиск причин компрессии важен ещё и потому, что в ходе данного исследования не было выявлено диффузного утолщения нервов при ВБ [39, 40].

Заключение. Данные ультразвукового метода обследования, возможно, дополняют клиническую картину скелетно-мышечных проявлений ВБ признаками объективных изменений тканей. Это позволит предположить дополнительные звенья патогенеза, связанные с влиянием вибрации на ткани скелетно-мышечной системы. В настоящее время в патогенетической картине ВБ преобладают факторы микротравматизации эндотелия с дальнейшей тенденцией к вазоконстрикции и микротравматизацией нервных окончаний с вторичной активацией симпатической нервной системы. В то же время, механическое воздействие вибрации, очевидно, оказывает влияние на клетки тканей костей, суставов, сухожилий и связок, влияя на экспрессию генов, секрецию цитокинов и приводя к процессам повреждения, воспаления и ремоделирования.

Список литературы (пп. 1–5, 7–8, 13–14, 16–19, 21–22, 26–32, 35–40 см. References)

- Кирьяков В.А., Сухова А.В., Сааркопель Л.М. Костно-суставные изменения при воздействии локальной вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2011; 8: 36–43. <https://elibrary.ru/ocbbhj>
- Кармановская С.А., Шпагина Л.А., Чепрасова М.И. Особенности липидного гомеостаза и цитокинового статуса при профессиональных заболеваниях суставов. *Мир науки, культуры, образования*. 2014; 1: 348–51. <https://elibrary.ru/sblbet>
- Дружинин В.Н., Черный А.Н. Рентгенокомпьютерная диагностика трабекул в диагностике структурных изменений костей у работающих в условиях воздействия фтора и производственной вибрации. *Медицина труда и промышленная экология*. 2017; 12: 43–5. <https://elibrary.ru/zxhff>
- Воробьева А.А., Власова Е.М., Лешкова И.В., Пономарева Т.А., Костарев В.Г. Возможности ранней диагностики болезней костно-мышечной системы от сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок. В кн.: Полова А.Ю., Зайцева Н.В. ред. *Анализ риска здоровью — 2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания. Материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х томах*. Т. 2. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет; 2020: 113–119. <https://elibrary.ru/cgvxzw>
- Ямщикова А.В., Гидаятова М.О., Флейшман А.Н., Кунгурова А.А. Анализ поражения периферической нервной системы при вибрационной болезни. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(7): 765–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-765-769>. <https://elibrary.ru/jscnrm>
- Джейкобсон Й.А. *Ультразвуковое исследование опорно-двигательного аппарата*. М.: МЕДпресс-информ; 2021.
- Исайкин А.И., Черненко А.А. Причины и лечение боли в плече. *Медицинский совет*. 2013; 12: 20–6. <https://elibrary.ru/rvephz>
- Порошина М.М., Власова Е.М., Перевалов А.Я. Оптимизация системы диагностики заболеваний кисти у работников в условиях сочетанного воздействия вибрации и физических перегрузок. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(11): 950–55. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-950-955>. <https://elibrary.ru/lbtmys>
- Щетинина А.А. Современные подходы к диагностике профессиональных поражений плеча у горнорабочих. В кн: *Здоровье и окружающая среда: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию республиканского унитарного предприятия «научно-практический центр гигиены*. Минск: Издательский центр БГУ; 2022: 284–86. <https://elibrary.ru/xafjg>
- Широков В.А., Бахтерева Е.В., Лейдерман Е.А., Макарь Т.В. Компрессионные невропатии верхних конечностей: патофизиологические особенности, подходы к диагностике (обзор литературы). *Российский журнал боли*. 2011; 1(30): 38–42. <https://elibrary.ru/ntrcac>
- Яньшина Е.Н., Любченко П.Н., Яньшин Н.П., Касаткина Л.Ф., Самойлов М.И. Множественные локальные поражения периферических нервов у рабочих с заболеваниями рук профессионального генеза. *Медицина труда и промышленная экология*. 2009; 2: 24–8. <https://elibrary.ru/kmkugv>
- Русанова Д.В., Лахман О.А. Состояние центральных и периферических проводящих структур у пациентов с вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(10): 1085–90. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1085-1090>. <https://elibrary.ru/unpqxo>
- Shen S.C., House R.A. Hand-arm vibration syndrome: What family physicians should know. *Can Fam Physician*. 2017; 63(3): 206–10.
- Heaver C., Goonetilleke K.S., Ferguson H., Shiralkar S. Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. *J Hand Surg Eur Vol*. 2011; 36(5): 354–63. <https://doi.org/10.1177/1753193410396636>
- Keir P.J., Farias Zuniga A., Mulla D.M., Somasundram K.G. Relationships and mechanisms between occupational risk

References

- Shen S.C., House R.A. Hand-arm vibration syndrome: What family physicians should know. *Can Fam Physician*. 2017; 63(3): 206–10.
- Heaver C., Goonetilleke K.S., Ferguson H., Shiralkar S. Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. *J Hand Surg Eur Vol*. 2011; 36(5): 354–63. <https://doi.org/10.1177/1753193410396636>
- Keir P.J., Farias Zuniga A., Mulla D.M., Somasundram K.G. Relationships and mechanisms between occupational risk

- factors and distal upper extremity disorders. *Hum Factors*. 2021; 63(1): 5–31. <https://doi.org/10.1177/0018720819860683>
4. Piligian G., Herbert R., Hearn M., Dropkin J., Landsbergis P., Cherniack M. Evaluation and management of chronic work-related musculoskeletal disorders of the distal upper extremity. *Am J Ind Med*. 2000; 37(1): 75–93. <https://clck.ru/3BzQkV>
 5. Castellucci H.I., Viviani C., Hernández P., Bravo G., Martínez M., Ibacache J. et al. Developing countries and the use of ISO Standard 11228-3 for risk management of Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Upper Limbs (WRMSDs-ULs): The case of Chile. *Appl. Ergon*. 2021; 96: 103483. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103483>
 6. Kiryakov V.A., Soukhova A.V., Saarkoppel L.M. Bone and joint changes under exposure to local vibration. *Med. truda i prom. ekol*. 2011; 8: 36–43. <https://elibrary.ru/ocbbhj> (in Russian)
 7. Sun Y., Bochmann F., Eckert W., Ernst B., Kaulbars U., Nigmann U. et al. Dose-response relationship between hand-arm vibration exposure and musculoskeletal disorders of upper extremities: a case-control study among German workers. *Proceedings*. 2023, 86(1): 22. <https://doi.org/10.3390/proceedings2023086022>
 8. Nakayama K., Kato H., Ikegami S., Hayashi M., Hashimoto S., Sakai N. et al. Prevalence and associated factors of primary elbow osteoarthritis in the Japanese general elderly population: a Japanese cohort survey randomly sampled from a basic resident registry. *J Shoulder Elbow Surg*. 2022; 31(1): 123–32. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.07.015>
 9. Karmanovskaya S.A., Shpagina L.A., Cheprasova M.I. Features of the lipid homeostasis and the cytokine status at occupational diseases of joints. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*. 2014; 1: 348–51. <https://elibrary.ru/sblbet> (in Russian)
 10. Druzhinin V.N., Cherny A.N. X-ray comparometry of bone trabecules in diagnosis of structure changes in bones of workers exposed to fluorine and vibration at work. *Med. truda i prom. ekol*. 2017; 12: 43–5. <https://elibrary.ru/zxhjf> (in Russian)
 11. Vorob'eva A.A., Vlasova E.M., Leshkova I.V., Ponomareva T.A., Kostarev V.G. Possibilities for early diagnosis of diseases of the musculoskeletal system from the combined effects of vibration and physical overload. In: Popova A.Yu., Zaytseva N.V. eds. *Health Risk Analysis — 2020 in conjunction with the international meeting on environment and health Rise-2020 and a round table on food safety. Materials of the X All-Russian scientific and practical conference with international participation. In 2 volumes. Vol. 2*. Perm: Permskiy natsional'nyy issledovatel'skiy politekhnicheskii universitet; 2020: 113–119. <https://elibrary.ru/cgvxzw> (in Russian)
 12. Yamshchikova A.V., Gidayatova M.O., Fleishman A.N., Kungurova A.A. Analysis of disorders of the peripheral nervous system in vibration disease. *Gigiena i sanitariya*. 2022; 101(7): 765–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-7-765-769>. <https://elibrary.ru/jscnrm> (in Russian)
 13. Sivakumaran P., Hussain S., Ciurtin C. Comparison between several ultrasound hand joint scores and conventional radiography in diagnosing hand osteoarthritis. *Ultrasound Med Biol*. 2018; 44(3): 544–50. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2017.11.009>
 14. Iagnocco A. Imaging the joint in osteoarthritis: a place for ultrasound? *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010; 24(1): 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2009.08.012>
 15. Dzheykobsen Y.A. Ul'trazvukovoe issledovanie oporno-dvigatel'nogo apparata (Ultrasound examination of the musculoskeletal system). Moscow: MEDpress-inform; 2021 (in Russian)
 16. House R., Wills M., Liss G., Switzer-McIntyre S., Manno M., Lander L. Upper extremity disability in workers with hand-arm vibration syndrome. *Occup. Med. (Lond.)*. 2009; 59(3): 167–73. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqp016>
 17. Qamruddin A.A., Husain N.R.N., Sidek M.Y., Hanafi M.H., Ripin Z.M., Ali N. Musculoskeletal complications of hand-arm vibration syndrome among tyre shop workers in Kelantan, Malaysia. *Int J Occup Saf Ergon*. 2022; 28(1): 213–22. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1846924>
 18. Sridhar S., Govinda Raj M., Aruna M. Musculoskeletal disorder risk in the upper extremities of mobile mining equipment operators exposed to hand-transmitted vibrations in underground metal mines: a case-control study. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2022; 39: 2075–82. <https://doi.org/10.1007/s42461-022-00663-4>
 19. Charles L.E., Ma C.C., Burchfiel C.M., Dong R.G. Vibration and ergonomic exposures associated with musculoskeletal disorders of the shoulder and neck. *Saf Health Work*. 2018; 9(2): 125–32. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2017.10.003>
 20. Isaykin A.I., Chernenko A.A. Causes and treatment of shoulder pain. *Medical council*. 2013; 12: 20–6. <https://elibrary.ru/rvephz> (in Russian)
 21. Shiri R., Viikari-Juntura E., Varonen H., Heliövaara M. Prevalence and determinants of lateral and medial epicondylitis: a population study. *Am. J. Epidemiol*. 2006; 164(11): 1065–74. <https://doi.org/10.1093/aje/kwj325>
 22. Diener G.L., Spahn G., Hofmann G.O. Occupational stress as a possible risk factor for rotator cuff damage — systematic review and meta-analysis. *Z. Orthop. Unfall*. 2022. <https://doi.org/10.1055/a-1957-6140>
 23. Poroshina M.M., Vlasova E.M., Perevalov A.Ya. Optimization of diagnostic system of hand diseases in employees working under combined effects of vibration and physical overloads. *Med. truda i prom. ekol*. 2019; 59(11): 950–55. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-11-950-955> <https://www.elibrary.ru/lbtmys> (in Russian)
 24. Shhetinina A.A. Modern approaches to diagnostics of occupational shoulder lesions in miners. In: *Health and the environment: a collection of materials from the international scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the Republican Unitary Enterprise "Scientific and Practical Center for Hygiene"*. Minsk: Izdatel'skiy tsentr BGU; 2022: 284–86. <https://elibrary.ru/xafgj> (in Russian)
 25. Shirokov V.A., Bakhtereva E.V., Leiderman E.L., Makar T.V. Compression neuropathies of the upper extremities: pathophysiological features, approaches to diagnosis (literature review). *Russian Journal of Pain*. 2011; 1(30): 38–42. <https://elibrary.ru/ntrcax> (in Russian)
 26. Bugajska J., Jedryka-Góral A., Sudol-Szopińska I., Tomczykiewicz K. Carpal tunnel syndrome in occupational medicine practice. *Int. J. Occup. Saf. Ergon*. 2007; 13(1): 29–38. <https://doi.org/10.1080/10803548.2007.11076706>
 27. Nilsson T., Wahlström J., Burström L. Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases—A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017; 12(7): e0180795. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180795>
 28. Gerhardsson L., Ahlstrand C., Ersson P., Gustafsson E. Vibration-induced injuries in workers exposed to transient and high frequency vibrations. *J. Occup. Med. Toxicol*. 2020; 15: 18. <https://doi.org/10.1186/s12995-020-00269-w>
 29. 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. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2017; 62: 77–81. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.02.010>
 30. Hagberg M., Morgenstern H., Kelsh M. Impact of occupations and job tasks on the prevalence of carpal tunnel syndrome. *Scand J Work Environ Health*. 1992; 18: 337–45. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1564>
 31. Carter G.T., Weiss M.D., Friedman A.S., Allan C.H., Robinson L. Diagnosis and treatment of work-related ulnar neuropathy at the elbow. *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* 2015; 26(3): 513–22. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.04.002>
 32. Schertz M., Mutschler C., Masmajejan E., Silvera J. High-resolution ultrasound in etiological evaluation of ulnar neuropathy at the elbow. *Eur. J. Radiol*. 2017; 95: 111–17. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.08.003>

33. Yanshina E.N., Liubtchenko P.N., Yanshin N.P., Kasatkina L.F., Samoilov M.I. Multiple local involvement of peripheral nerves in workers suffering from occupational hands disorders. *Med. truda i prom. ekol.* 2009; 2: 24–8. <https://elibrary.ru/kmkugv> (in Russian)
34. Rusanova D.V., Lakhman O.L. The state of the central and peripheral conductive structures in patients with vibration disease. *Gigiena i Sanitariya.* 2019; 98(10): 1085–90. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-10-1085-1090>. <https://elibrary.ru/unpqxo> (in Russian).
35. Kozak A., Schedlbauer G., Wirth T., Euler U., Westermann C., Nienhaus A. Association between work-related biomechanical risk factors and the occurrence of carpal tunnel syndrome: an overview of systematic reviews and a meta-analysis of current research. *BMC Musculoskelet Disord.* 2015; 16: 231. <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0685-0>
36. Lungu E., Grondin P., Tétreault P., Desmeules F., Cloutier G., Choinière M. et al. Ultrasound-guided tendon fenestration versus open-release surgery for the treatment of chronic lateral epicondylitis of the elbow: protocol for a prospective, randomised, single blinded study. *BMJ Open.* 2018; 8(6): e021373. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-021373>
37. Liu Y.Z., Ye Z.H., Yang W.L., Zhu J.X., Lu Q.J., Su W.L. Carpal canal ultrasound examination in patients with mild hand-arm vibration disease. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi.* 2016; 34(8): 608–11. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1001-9391.2016.08.013>
38. Liu Y.Z., Xu X.R., Lu Q.J., Ye Z.H., Li Z.M., He L.H. Diagnostic value of high-frequency ultrasonography in testing carpal canal structure in patients with occupational hand-arm vibration disease. *China Occupational Medicine.* 2016; 6: 433–6.
39. Burke F.D., Lawson I.J., McGeoch K.L., Miles J.N.V., Proud G. Carpal tunnel syndrome in association with hand arm vibration syndrome: A review of claimants seeking compensation in the mining industry. *J Hand Surg Br.* 2005; 30(2): 199–203. <https://doi.org/10.1016/j.jhsb.2004.11.007>
40. Wang J.H., Thampatty B.P., Lin J.S., Im H.J. Mechanoregulation of gene expression in fibroblasts. *Gene.* 2007; 391(1-2): 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2007.01.014>

Информация об авторе:

Зуева Янина Иозовна врач-ревматолог, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований».
E-mail: mabtera83@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-5316-2548>

Information about the author:

Yanina I. Zueva Rheumatologist, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research.
E-mail: mabtera83@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0003-5316-2548>
