

УДК 613.644:614.254:616.31

DOI: 10.34215/1609-1175-2026-1-32-39



Анализ профессиональных рисков развития вибрационной болезни у врачей-стоматологов

А.В. Ефремова, Н.В. Жаданова

Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

Рассматриваются профессиональные риски развития вибрационной болезни (ВБ) у врачей-стоматологов. Проанализированы основные источники вибрации на стоматологическом приеме, включая использование высокоскоростных турбинных наконечников, ультразвуковых скейлеров и других вибрирующих инструментов. Рассмотрены патогенетические механизмы формирования вибрационной болезни, особенности клинической картины у стоматологов, методы диагностики и профилактики. По данным литературы установлено, что профессиональная деятельность врачей-стоматологов связана с постоянным воздействием локальной вибрации, что создает предпосылки для развития сосудистых, неврологических и костно-суставных нарушений. Комплексный анализ профессиональных рисков позволяет разработать эффективные меры по сохранению здоровья медицинского персонала и профилактике профессиональных заболеваний.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, профессиональные заболевания, профессиональные риски, локальная вибрация, профилактика

Поступила в редакцию: 24.11.2025. Получена после доработки: 26.01.2026. Принята к публикации: 28.01.2026

Для цитирования: Ефремова А.В., Жаданова Н.В. Анализ профессиональных рисков развития вибрационной болезни у врачей-стоматологов. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2026;1:32–39. doi: 10.34215/1609-1175-2026-1-32-39

Для корреспонденции: Ефремова Анастасия Владимировна – доцент кафедры стоматологии Пензенского государственного университета (440052, г. Пенза, ул. Чкалова, 56); ORCID: 0000-0002-5678-1104; тел.: +7 (960) 328-51-03; e-mail: nastasya.efremova.87@list.ru

Assessment of occupational risk factors for vibration-induced disease among dentists

A.V. Efremova, N.V. Zhadanova

Penza State University, Penza, Russia

This study examines the occupational risks of developing vibration-induced disease (VIB) among dentists. The main sources of vibration during dental procedures are analyzed, including high-speed turbine handpieces, ultrasonic scalers, and other vibrating instruments. The pathogenetic mechanisms underlying vibration-induced disease, the clinical manifestations observed in dentists, and the methods for diagnosing and preventing this condition are discussed. According to data from published studies, dentists' professional activities involve constant exposure to local vibration, which increases the risk of vascular, neurological, and musculoskeletal disorders. A comprehensive analysis of occupational risks enables the development of effective measures for preserving the health of medical personnel and preventing occupational diseases. demonstrated efficacy competitive with two reference stent retrievers.

Keywords: vibration-induced disease, occupational diseases, occupational risks, local vibration, prevention

Received 24 November 2025; Revised 26 January 2026; Accepted 28 January 2026

For citation: Efremova A.V., Zhadanova N.V. Assessment of occupational risk factors for vibration-induced disease among dentists. *Pacific Medical Journal*. 2026;1:32–39. doi: 10.34215/1609-1175-2026-1-32-39

Corresponding author: Anastasia V. Efremova, Associate Professor of the Department of Dentistry of the Penza State University (56 Chkalova str., Penza, 440052, Russia); ORCID: 0000-0002-5678-1104; tel.: +7 (960) 328-51-03; e-mail: nastasya.efremova.87@list.ru

Механическая вибрационная болезнь (ВБ), относящаяся к категории профессиональных сенсорных невропатий и ангиотрофоневрозов, представляет собой значимую проблему в структуре профессиональной патологии медицинских работников [1, 2, 3]. В группе особого риска находятся врачи-стоматологи, чья профессиональная деятельность сопряжена с хроническим воздействием локальной вибрации, генерируемой широким арсеналом высокочастотного инструментария [4, 5, 6].

Этиопатогенез заболевания у данной категории медицинских работников обусловлен комплексным влиянием физического фактора (вибрации) и эргономического стресса [7, 8, 9]. Ключевыми источниками механических колебаний выступают: высокоскоростные турбинные наконечники, создающие вибрацию в широком частотном диапазоне; ультразвуковые скейлеры и пьезоаппараты, работающие в диапазоне сверхвысоких частот (25–30 кГц); вибрационные микромоторы и полировальные системы.

Клинически значимым является не столько абсолютный уровень виброускорения, сколько его резонансное взаимодействие с тканевыми структурами кисти и предплечья, а также кумулятивный эффект при многолетнем воздействии [10, 11].

Согласно данным эпидемиологических исследований, основанных на результатах периодических медицинских осмотров и углубленных клинико-инструментальных обследований, распространенность патологии опорно-двигательного аппарата и периферической нервной системы среди стоматологов достигает 40–60% [12, 13]. В структуре этой патологии на долю диагностически верифицированной вибрационной болезни приходится 15–25% случаев среди практикующих специалистов со стажем более 10 лет [9, 14]. Следует отметить, что ВБ у стоматологов часто протекает в стертых и сочетанных формах, маскируясь под синдром карпального канала, эпикондилит или неспецифический миофасциальный болевой синдром, что создает дополнительные диагностические сложности и обуславливает необходимость целенаправленного скрининга данной патологии в профессиональной когорте. Комплексное воздействие вибрации, статико-динамической нагрузки на мышцы кисти и дистального отдела верхней конечности, а также вынужденной рабочей позы формирует уникальный патогенетический конгломерат, требующий междисциплинарного подхода к диагностике, лечению и, что наиболее важно, профилактике [15, 16].

Цель исследования – анализ профессиональных рисков развития вибрационной болезни у врачей-стоматологов для обоснования комплексных мер профилактики. Проанализированы открытые литературные источники. Поиск отечественных исследований проводился в электронных базах данных eLibrary и CyberLeninka, зарубежных – в базах данных PubMed и Google Scholar. Критериями для включения статей в анализ являлись следующие ключевые слова: вибрационная болезнь, профессиональные заболевания стоматологов, локальная вибрация, стоматологические инструменты, hand-arm vibration syndrome, occupational diseases dentists. Анализ отечественных и зарубежных исследований показал, что расширившийся в последние годы арсенал стоматологического оборудования, характеризующийся увеличением рабочих частот и мощностей, значительно повысил риски развития вибрационной патологии. У большинства стоматологов с диагностированной вибрационной болезнью в качестве фонового состояния присутствует перенапряжение опорно-двигательного аппарата, что существенно влияет на здоровье, работоспособность и возможность полноценно осуществлять профессиональную деятельность. Стоматологи с начальными проявлениями вибрационной болезни (ангиодистоническая стадия) являются оптимальными кандидатами для проведения превентивных мероприятий, модификации рабочих привычек и коррекции эргономики рабочего места. В случае развернутой стадии заболевания

(с преобладанием сосудистых или неврологических нарушений) лечение проводится с применением медикаментозной терапии, физиотерапевтических методов и временного перевода на работы, не связанные с вибрацией. Для стоматологов со стойкими последствиями вибрационной болезни первоочередным является вопрос о профессиональной переориентации и рациональном трудоустройстве. Отдельные врачи, имеющие начальные проявления заболевания, могут сохранить профессиональную активность при условии строгого соблюдения профилактического режима и использования современных средств виброзащиты.

Источники вибрации в стоматологической практике

Формирование профессионального риска развития вибрационной болезни у врачей-стоматологов детерминировано комплексным воздействием широкого спектра механических колебаний, генерируемых современным стоматологическим оборудованием. Патофизиологическое значение имеет не только уровень виброускорения, но и частотный спектр, временная динамика воздействия (интермиттирующий характер) и точка приложения энергии [10, 17].

Высокоскоростные турбинные наконечники генерируют широкополосный вибрационный сигнал с доминирующими составляющими в диапазоне 1000–5000 Гц [6, 18]. Важно отметить, что спектр вибрации не является стабильным и модулируется в зависимости от: прикладываемой нагрузки и силы контакта с тканью зуба; технического состояния турбины (износ подшипников, дисбаланс); типа и геометрии режущего инструмента (бора) [6, 19].

Высокочастотная составляющая ответственна за микротравматизацию сосудисто-нервных пучков терминальных фаланг, в то время как низкочастотные модуляции (100–300 Гц), возникающие при прерывистом контакте, оказывают резонансное воздействие на более проксимальные структуры кисти и предплечья [6, 19].

Номинальная рабочая частота ультразвуковых скейлеров и пьезоаппаратов находится в ультразвуковом диапазоне (25–30 кГц), который сам по себе слабо воспринимается рецепторами. Однако патогенетическую опасность представляют нелинейные процессы, в частности субгармоники – колебания с частотой, кратной ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$) основной, которые могут попадать в биологически опасный диапазон 30–300 Гц; паразитные низкочастотные колебания, обусловленные механическим *impact*-взаимодействием наконечника с зубным камнем; акустическая кавитация в рабочей зоне, опосредованно передающая энергию на ткани оператора [20, 21].

Вибрационный профиль микромоторов и прямых наконечников характеризуется низкочастотными составляющими (до 1000 Гц), обусловленными работой коллекторного двигателя, вибрацией редуктора и эксцентриситетом патрона. Этот тип вибрации обладает значительной амплитудой и оказывает выраженное

механическое воздействие на костно-суставной аппарат [6].

Полировочные и шлифовальные аппараты создают низкочастотную, зачастую случайную (нерегулярную) вибрацию, которая вносит вклад в общую кумулятивную дозу вибровоздействия.

Утверждение о том, что именно диапазон 30–300 Гц представляет наибольшую опасность, имеет строгое патофизиологическое обоснование, связанное с явлением механического резонанса [5, 10].

Этот патогенетический приоритет объясняется прежде всего тем, что собственные резонансные частоты многих тканей кисти и предплечья (стенки артериол, нервные волокна, сухожилия, костные структуры) лежат в пределах этого диапазона. При этом ключевое значение имеет тот факт, что при совпадении частоты внешней вибрации с резонансной частотой ткани происходит многократное усиление амплитуды колебаний и, как следствие, максимальное поглощение механической энергии [22, 23].

Такой механизм резонансного взаимодействия приводит к тому, что даже вибрационные воздействия относительно невысокой интенсивности, но попадающие в критический частотный диапазон, способны вызывать значительные повреждения биологических тканей.

При ВВ тяжелые повреждения тканей носят генерализованный характер, однако основные патологические процессы наблюдаются в микроциркуляторном русле. Это объясняется тем, что именно в этом диапазоне энергия вибрации наиболее эффективно воспринимается гладкомышечными волокнами стенок артериол и артериовенозных анастомозов. Это, в свою очередь, приводит к их спазму, повреждению мелких кровеносных сосудов и развитию дистрофии. Данный патологический процесс является ведущим звеном в патогенезе ангиоспастического синдрома (феномена Рейно) [24, 25].

Параллельно с поражением микроциркуляторного русла отмечается дисфункция механорецепторов и нервных волокон. Под воздействием вибрации возникают деполяризация и истощение механорецепторов (тельца Пачини, Мейснера), которые обеспечивают тактильную чувствительность и проприоцепцию. Под действием хронической вибрации возникает дегенерация данных структур и развивается сенсорная полиневропатия. Помимо того, наблюдается прямая демиелинизация и повреждение быстропроводящих Аβ-волокон [22, 23].

Помимо нервно-сосудистых нарушений, существенные структурные изменения претерпевает и костно-суставной аппарат. Развивается кумулятивная микротравма: резонансные колебания в костной ткани способствуют образованию микропереломов трабекул, активации остеокластов и формированию кистоподобных изменений, наиболее характерных для костей запястья [26, 27].

Этот комплекс дегенеративно-дистрофических изменений в костной ткани усугубляет уже существующие

неврологические и сосудистые нарушения, формируя порочный круг патологических процессов.

Таким образом, инструменты, чья основная рабочая частота лежит вне этого диапазона, остаются опасными из-за своей способности генерировать вредоносные субгармоники и трансформировать спектр вибрации при нелинейном контакте с препарированной поверхностью. Это делает обязательным не только контроль паспортных характеристик оборудования, но и проведение натурных замеров вибрационного спектра в реальных условиях эксплуатации для адекватной оценки профессионального риска [11, 17, 28].

Патогенетические механизмы

Хроническое воздействие локальной вибрации инициирует каскад взаимосвязанных патофизиологических процессов, затрагивающих все уровни организации биологических тканей дистальных отделов верхних конечностей. При этом патогенез характеризуется формированием порочного круга нарушений с прогрессирующей дезинтеграцией сосудистой, нервной и трофической систем [3, 24].

Первым и ключевым звеном в данном патологическом каскаде выступает ангиодистонический синдром и механизмы вазоспазма. В основе этих нарушений лежит дисфункция сложной системы регуляции периферического кровообращения. Молекулярные механизмы данного процесса включают несколько компонентов: десинхронизацию вазомоторного контроля, при которой прямое повреждение эндотелия сосудов ведет к дисбалансу вазоактивных медиаторов – угнетению синтеза оксида азота (NO) и простаглицлина при одновременной гиперпродукции эндотелина-1 и тромбоспандина А₂; сенситизацию α₂-адренорецепторов гладкомышечных клеток сосудистой стенки, обуславливающую гиперреактивность к катехоламинам и развитие стойкого ангиоспазма; активацию тромбоцитарного звена с высвобождением серотонина и других вазоконстрикторов, потенцирующих ишемию [24].

Совокупность этих молекулярных нарушений обуславливает формирование клинически значимого паттерна – типичного синдрома Рейно, характеризующегося фазными изменениями периферического кровотока [25].

Параллельно с сосудистыми нарушениями развиваются нейрогенные нарушения и механизмы денервации. Патогенез включает несколько направлений повреждения нервных структур: дегенерацию специализированных механорецепторов, при которой тельца Пачини и Мейснера подвергаются механической деформации с последующей аксональной дегенерацией; демиелинизацию быстропроводящих Аβ-волокон, ответственных за проприоцепцию и дискриминационную чувствительность; компрессионную ишемию нервных стволов на уровне анатомических туннелей (карпальный канал, канал Гийона) вследствие сопутствующего отека периневральных тканей [22, 23, 29].

На фоне описанных изменений формируются микроциркуляторные и трофические расстройства. Нарушения на уровне капиллярного русла носят системный характер и проявляются повышением проницаемости гемато-тканевого барьера с развитием трансудации и локального отека; активацией перекисного окисления липидов и накоплением продуктов оксидативного стресса; снижением плотности функционирующих капилляров и увеличением артериально-венозного шунтирования; нарушением синтеза нейротрофических факторов (NGF, BDNF), усугубляющим трофическую недостаточность [24, 30].

Завершает патологический каскад развитие дегенеративно-дистрофических изменений опорно-двигательного аппарата. Костно-суставная патология формируется вследствие микротравматизации трабекулярной костной ткани с развитием остеопороза и образованием кистовидных полостей; деструкции суставного хряща под воздействием провоспалительных цитокинов (IL-1 β , TNF- α); фиброзированию и кальцификации связочного аппарата, приводящих к контрактурам [3, 27].

Совокупность данных патоморфологических изменений носит необратимый характер при длительном воздействии вибрации и определяет клиническую картину развернутых стадий заболевания [3]. Прогрессирующий характер патологического процесса подчеркивает важность ранней диагностики и своевременного начала профилактических мероприятий.

Клиническая картина

Формирование клинической картины вибрационной болезни у стоматологов представляет собой постепенный, многолетний процесс, начинающийся с малозаметных симптомов и прогрессирующий до стойких функциональных нарушений [31, 32].

В начальной стадии заболевание протекает скрыто, и именно поэтому ранние признаки обычно остаются без внимания. Клинически на этом этапе выявляется триада слабовыраженных симптомов: преходящее онемение кончиков пальцев после длительной работы с турбинным наконечником; легкое побледнение ногтевых фаланг при контакте с холодной водой; незначительное снижение тактильной чувствительности [16, 31, 33]. Ключевой особенностью является полная обратимость этих симптомов и их исчезновение после отдыха. Поэтому пациенты часто недооценивают серьезность возникающих нарушений [31, 34].

С прогрессированием болезни формируется симптомокомплекс, включающий три главных компонента. Ангиоспастический синдром реализуется в виде феномена Рейно, который приобретает устойчивый и закономерный характер: спазмы сосудов возникают не только при охлаждении, но и в ответ на эмоциональное напряжение. Формируется типичная трехфазная динамика изменения окраски кожи: мертвенная бледность \rightarrow цианотичная окраска \rightarrow реактивная гиперемия. Особенностью клинической картины

у стоматологов является выраженная асимметричность проявлений с преимущественным поражением доминирующей руки [31, 25, 34].

Параллельно с сосудистыми нарушениями развиваются неврологические расстройства. Постепенно формируется сенсорная полиневропатия, характеризующаяся стойким снижением вибрационной чувствительности; присоединением гипестезии по типу «перчаток»; возникновением парестезий – ощущения ползания мурашек, жжения; характерным выпадением дискриминационной чувствительности [22, 23, 29].

На фоне прогрессирующих нейрососудистых нарушений исподволь формируются трофические изменения: изменяется архитектура ногтевых пластин; нарушается потоотделение в дистальных отделах; появляется отечность тканей пальцев [30, 35, 36].

Уникальность клинической картины у стоматологов обусловлена наслоением профессиональной патологии опорно-двигательного аппарата. Выраженная коморбидность проявляется развитием туннельных синдромов; синдром карпального канала диагностируется у каждого третьего стоматолога с ВБ; компрессия локтевого нерва усугубляет чувствительные нарушения; формируется порочный круг: вибрация \rightarrow отек \rightarrow компрессия \rightarrow ишемия [15, 16, 29]. Миофасциальные нарушения включают болезненные мышечные уплотнения в области предплечья; тендовагиниты сгибателей пальцев; эпикондилиты, существенно ограничивающие профессиональную деятельность [15, 26, 27].

Динамика прогрессирования заболевания характеризуется четкой стадийностью: стадия компенсации проявляется обратимыми функциональными нарушениями; субкомпенсации – стойкими вазоспазмами и начальными неврологическими расстройствами; декомпенсации – выраженными трофическими нарушениями и потерей профессиональной трудоспособности [3, 31, 32].

Существенные сложности диагностики обусловлены феноменом «маскировки» симптомов; одновременным развитием нескольких синдромов; неспецифичностью ранних проявлений; психологическим отрицанием профессионального характера заболевания [12, 13].

Клиническая картина вибрационной болезни у стоматологов представляет собой динамический, непрерывно прогрессирующий процесс, требующий систематического мониторинга и раннего вмешательства для сохранения профессионального долголетия специалистов [14, 31, 37].

Профессиональные риски вибрационной болезни у стоматологов

К первой группе факторов относятся временные параметры воздействия. Главным признаком развития необратимых изменений в тканях выступает суммарная вибронагрузка, превышающая 10 000 часов за период профессиональной деятельности [11, 14]. При этом ежедневная работа под воздействием вибрации более 6 часов приводит к истощению компенсаторных возможностей микроциркуляторного

русла. Критическое значение приобретает отсутствие достаточных интервалов восстановления – слишком короткие перерывы (менее 15 минут после 45 минут работы) существенно повышают вероятность патологических изменений [35, 37].

Кроме временных параметров не менее важны технические характеристики оборудования. Установлено, что использование изношенного оборудования с виброускорением более $2,5 \text{ м/с}^2$, которое превышает гигиенические нормативы в 1,5–2 раза, заметно увеличивает профессиональный риск [4, 9]. Результаты показывают, что у работников, подвергающихся воздействию высокочастотной вибрации, повышен риск развития сосудистых и неврологических заболеваний по сравнению с теми, кто не подвергается такому воздействию. По приблизительным оценкам, риск повышается примерно в 4–5 раз [5, 10]. При этом особую опасность представляют стоматологические наконечники, так как изнашивание их подшипников увеличивает вибрацию на 40–60% [6, 19].

К группе профессиональных факторов риска развития ВБ следует отнести возраст, рабочий стаж, количество рабочих часов, напряжение на работе, травмы и воспалительные процессы в области кисти. Кроме того, установлено, что ВБ чаще встречается у врачей-стоматологов, которые недостаточно знали эргономические рекомендации организации трудовой деятельности [7, 13]. Индивидуальная предрасположенность к развитию ВБ обусловлена полиморфизмом генов ACE и eNOS, что и приводит к раннему развитию ангиоспазма [25, 30]. Особый риск представляет сочетание ВБ с туннельными синдромами и миофасциальной патологией, что значительно усугубляет течение заболевания [12, 15].

Одновременное воздействие вышеперечисленных факторов создает накопительный эффект, который и определяет индивидуальный профиль профессионального риска для каждого врача-стоматолога.

Комплексная система профилактических мероприятий

Современные методы профилактики ВБ, направленные на снижение вибрационной нагрузки, предполагают внедрение инновационных технических решений. С целью уменьшения вибрационной нагрузки одним из перспективных направлений является применение стоматологических инструментов с активной системой виброизоляции. Использование данных инструментов существенно уменьшает риск, связанный с вибрационной нагрузкой (на 60–70%) по сравнению с обычным оборудованием [6, 19]. На сегодняшний день наиболее безопасными считаются пьезоэлектрические системы, которые функционируют на частотах выше 30 кГц. Работа в данном диапазоне выводит их за пределы биологически опасной зоны (30–300 Гц), что, в свою очередь, практически исключает риск резонансных воздействий на ткани [20, 21].

С целью осуществления технического контроля за состоянием стоматологического оборудования

перспективным является внедрение автоматических систем мониторинга износа. Для профилактики вибрационной болезни необходимо использовать хорошо отцентрированные наконечники, очищать и смазывать вращающиеся части бормашин и наблюдать за исправностью отдельных узлов наконечников и стоматологической установки в целом. Кроме того, вибрацию можно уменьшить с помощью средств индивидуальной защиты [18]. Можно использовать хорошо обслуживаемые низкочастотные инструменты и антивибрационные перчатки, сертифицированные Международной организацией по стандартизации [9, 26].

Большое значение в профилактике ВБ у врачей-стоматологов имеет оптимизация труда и отдыха. В течение рабочей смены через 1,5–2 часа необходимо проводить 5–10-минутные перерывы для отдыха [35, 37]. В течение рабочего дня и после работы рекомендуется выполнять физические упражнения, направленные на укрепление мышц спины, плечевого пояса, придание гибкости и эластичности позвоночнику, расслабление мышц ног [11, 37].

Воздействие вибрации также можно снизить, вводя перерывы (например, на 10 минут каждый час) и минимизируя силу захвата до уровня, необходимого для безопасной работы с вибрирующим инструментом (короткие перерывы по 2–3 минуты после 20–25 минут работы) [24, 35]. Если говорить о персонализированном подходе, то он требует составления индивидуализированных графиков труда, учитывающих генетические предрасположенности к вибрационной чувствительности [25, 30].

Обсуждение

Проведенный анализ литературы показывает, что ВБ у стоматологов имеет высокую распространенность и представляет собой серьезную профессиональную проблему, которая может проявляться уже на ранних этапах карьеры. По данным литературы было установлено, что формирование ВБ происходит в рамках уникального патогенетического механизма, который определяется особенностями стоматологического технологического процесса [3, 38].

Установлено, что вынужденная рабочая поза и статическое напряжение мышц кисти усиливают повреждающий эффект вибрации, создавая порочный круг: вибрация усиливает мышечное напряжение, что ухудшает кровоснабжение, а это усиливает чувствительность к вибрации. Именно этот механизм объясняет, почему у врачей-стоматологов клинические признаки ВБ проявляются раньше, чем у представителей других профессиональных групп, работающих с вибрирующими инструментами.

Такое понимание патогенеза дает возможность по-новому взглянуть на клинико-диагностические аспекты данного заболевания. Примечательно, что нейрососудистые нарушения превалируют над трофическими,

что, по-видимому, связано с прерывистым (интермитирующим) характером вибрационного воздействия. Выявленная асимметричность поражения доминирующей руки подтверждает существенный вклад биомеханических факторов в патогенез заболевания [39, 40, 41].

Клинические проявления ВБ подводят к вопросу о совершенствовании диагностических подходов. Особенно важно совершенствовать диагностику ВБ, поскольку существующие методы требуют дополнения современными технологиями, включая лазерную доплеровскую флоуметрию и количественное сенсорное тестирование [22].

В связи со сложностью диагностики ВБ особую актуальность приобретают вопросы профилактики. Разработанные профилактические мероприятия основываются на принципах преемственности и комплексности подходов [7, 35, 36]. Эффективность предложенного подхода подтверждается данными, интегрирующими технические решения (современное низковибрационное оборудование), организационные меры (адаптивные режимы труда) и расширенные программы медицинского мониторинга [19, 35].

Дальнейшие исследования должны быть направлены на решение еще не изученных вопросов. Представляется перспективным направление разработки персонализированных подходов к профилактике ВБ с учетом генетических маркеров восприимчивости к вибрации и индивидуальных особенностей профессиональной деятельности [25, 30, 35]. Первоочередной задачей является проведение проспективных исследований с целью выяснения роли конкретных патогенетических звеньев и определения отдаленной эффективности программ профилактики [14].

В итоге полученные результаты доказывают важность междисциплинарного подхода к проблеме вибрационной болезни у врачей-стоматологов, а также внедрения в практику стоматологических учреждений научно обоснованных программ профилактики данной патологии.

Заключение

Проведенный анализ литературы позволяет сделать вывод, что проблема ВБ у врачей-стоматологов требует междисциплинарного подхода, базирующегося на актуальных научных данных в области профпатологии [3, 35, 38]. Выявлено, что развитие ВБ у данной категории медицинских работников отличается уникальными патогенетическими чертами, которые определяются спецификой технологических процессов в стоматологической практике.

Согласно результатам исследования на сегодняшний день существует необходимость пересмотра традиционных методов профилактики – с акцентом на современные технические решения [9, 19, 26]. Перспективны инструменты с активной системой демпфирования и пьезоэлектрические технологии, функционирующие вне биологически опасного диапазона частот. Кроме того, эргономическая оптимизация

рабочего места и адаптивные режимы труда позволят существенно снизить кумулятивную вибронгрузку [7, 37].

Ключевое значение приобретает разработка персонализированных профилактических методов, которые учитывают генетические маркеры вибрационной чувствительности и индивидуальные особенности профессиональной деятельности врачей-стоматологов [18, 28]. Современные диагностические методы (лазерная доплеровская флоуметрия, количественное сенсорное тестирование) позволяют диагностировать патологию на донозологическом этапе.

Важным элементом является разработка системы непрерывного мониторинга вибрации путем использования автоматических систем контроля износа оборудования [11, 18]. Совместное применение технических, организационных и медицинских мероприятий обеспечивает синергетический эффект в деле сохранения профессионального здоровья врачей-стоматологов [14, 42, 43].

Таким образом, современная профилактика ВБ должна основываться на трех основных принципах, а именно преемственность, индивидуальный подход и научная обоснованность проводимых мероприятий. Будущие исследования следует направить на разработку унифицированных профилактических протоколов и оценку их долгосрочной результативности в различных профессиональных группах стоматологов. Реализация данных мер позволит сохранить профессиональное долголетие специалистов и повысить качество стоматологической помощи населению.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования: авторы заявляют о финансировании проведенного исследования из собственных средств

Литература / References

1. Чистова Н.П., Маснабиева Л.Б., Кудяева И.В. Вибрационная болезнь: дозостажевые характеристики и особенности клинической картины при воздействии локальной вибрации и сочетанном воздействии локальной и общей вибрации. *Здоровье населения и среда обитания*. 2021;29(12):30–35. [Chistova NP, Masnavieva LB, Kudyaeva IV. Vibration disease: Exposure level and duration-dependent characteristics and features of the clinical picture following local and combined local and whole body vibration. *Public Health and Life Environment*. 2021;29(12):30–35. (In Russ.)]. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-12-30-35
2. Бабанов С.А., Азовскова Т.А., Кирюшина Т.М., В.С. Лотков, А.С. Агаркова, А.Е. Безшанова, Д.Г. Богуславский. Вибрационная болезнь: эволюция классификационных представлений, диагностика, вопросы экспертизы. *Врач*. 2023;34(4):11–17. [Babanov SA, Azovskova TA, Kiryushina TM, Lotkov VS, Agarkova AS, Bezshanova AE, Boguslavsky DG. Vibration disease: evolution of classification views, diagnosis, problems of examining. *Vrach*. 2023;34(4):11–17. (In Russ.)]. doi: 10.29296/25877305-2023-04-02
3. Трубецков А.Д., Махонько М.Н., Шкробова Н.В., Шелехова Т.В., Чусляева Д.А. Факторы риска для здоровья ме-

- дицинских работников современной стоматологической практики (обзор литературы). *Гигиена и санитария*. 2023;102(5):452–456. [Trubetskov AD, Makhonko MN, Shkrobova NV, Shelekhova TV, Chuslyayeva DA. Risk factors for health in medical workers of modern dental practice (literature review). *Hygiene and Sanitation*. 2023;102(5):452–456. (In Russ.)]. doi: 10.47470/0016-9900-2023-102-5-452-456
4. Anggraini W, Ranggaini D, Ariyani AP, Sulistyowati I. World Trends in Dental Ergonomics Research: A Bibliometric Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2024;21(4):493. doi: 10.3390/ijerph21040493
 5. 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. doi: 10.1371/journal.pone.0180795
 6. Banga HK, Goel P, Kumar R, Kumar V, Kalra P, Singh S, Singh S, Prakash C, Pruncu C. Vibration Exposure and Transmissibility on Dentist's Anatomy: A Study of Micro Motors and Air-Turbines. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(8):4084. doi: 10.3390/ijerph18084084
 7. Kapitán M, Hodačová L, Čermáková E, Machač S, Schmidt J, Pilbauerová N. The Development of Musculoskeletal Disorders during Undergraduate Dentistry Studies—A Long-Term Prospective Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7662. doi: 10.3390/ijerph18147662
 8. Tirgar A, Javanshir K, Talebian A, Amini F, Parhiz A. Musculoskeletal disorders among a group of Iranian general dental practitioners. *J Back Musculoskeletal Rehabil*. 2015;28(4):755–759. doi: 10.3233/BMR-140579
 9. Turcot A, Hamel D, Tessier M. Hand-Arm Vibration Syndrome in Dentistry: A Questionnaire Survey among Dentists and Review of Literature. *Proceedings*. 2023;86(1):17. doi: 10.3390/proceedings2023086017
 10. Tony BJAR, Alphin MS. Evaluation of the biodynamic response of the hand-arm system and hand-tool designs: a brief review. *Int J Occup Saf Ergon*. 2023;29(2):586–595. doi: 10.1080/10803548.2022.2060587
 11. Dong RG, Wu JZ, Xu XS, Welcome DE, Krajnak K. A Review of Hand-Arm Vibration Studies Conducted by US NIOSH since 2000. *Vibration*. 2021;4(2):482–528. doi: 10.3390/vibration4020030
 12. Gandolfi MG, Zamparini F, Spinelli A, Risi A, Prati C. Musculoskeletal Disorders among Italian Dentists and Dental Hygienists. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(5):2705. doi: 10.3390/ijerph18052705
 13. Aljanakh M. Musculoskeletal disorders among dental assistants: a cross-sectional study. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2024;25(1):64. doi: 10.1186/s12891-024-07178-7
 14. Poole CJM, Bovenzi M, Nilsson T, Lawson IJ, House R, Thompson A, Youakim S. International consensus criteria for diagnosing and staging hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*. 2019;92(1):117–127. doi: 10.1007/s00420-018-1359-7
 15. Kostares E, Kostare G, Kostares M, Kantzanou M. Prevalence of carpal tunnel syndrome among dentists: a systematic review and meta-analysis. *F1000Res*. 2023;12:196. doi: 10.12688/f1000research.13117.3
 16. Maghsoudipour M, Hosseini F, Coh P, Garib S. Evaluation of occupational and non-occupational risk factors associated with carpal tunnel syndrome in dentists. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*. 2021;69(1):181–186. doi: 10.3233/WOR-213467
 17. Бодиевков С.Г., Цевенова К.Е., Тимофеев С.С. Комплексная оценка профессиональных рисков для здоровья медицинских работников. XXI век. *Техносферная безопасность*. 2020;5(3):284–291. [Bodienkov SG, Tsevenova KE, Timofeev SS. Comprehensive assessment of professional risks to the health of healthcare workers. *XXI century. Technosphere Safety*. 2020;5(3):284–291. (In Russ.)]. doi: 10.21285/2500-1582-2020-3-284-291
 18. Леонтьева Е.Ю., Быковская Т.Ю., Иванов А.С. Влияние условий труда на здоровье медицинских работников стоматологического профиля (обзор литературы). *Главный врач Юга России*. 2019;3(67):4–8. [Leontyeva EYu, Bykovskaya TYu, Ivanov AS. Current state of working and health conditions of health workers of dental speciality. *Glavnyy Vrach Yuga Rossii*. 2019;3(67):4–8. (In Russ.)].
 19. Ohlendorf D, Maltry L, Hanel J, Betz W, Erbe C, Maurer-Grubinger C, Holzgreve F, Wanke EM, Bruggmann D, Nienhaus A, Groneberg DA. SOPEZ: study for the optimization of ergonomics in the dental practice – musculoskeletal disorders in dentists and dental assistants: a study protocol. *J Occup Med Toxicol*. 2020;15:22. doi: 10.1186/s12995-020-00273-0
 20. Cullen KL, Irvin E, Collie A, Clay F, Gensby U, Jennings PA, Hogg-Johnson S, Kristman V, Laberge M, McKenzie D, Newnam S, Palagyi A, Ruseckaite R, Sheppard DM, Shourie S, Steenstra I, Van Eerd D, Amick BC. Effectiveness of Workplace Interventions in Return-to-Work for Musculoskeletal, Pain-Related and Mental Health Conditions: An Update of the Evidence and Messages for Practitioners. *J Occup Rehabil*. 2018;28(1):1–15. doi: 10.1007/s10926-016-9690-x
 21. Vyas N, Pecheva E, Dehghani H, Sammons RL, Wang QX, Leppinen DM, Walmsley AD. High Speed Imaging of Cavitation around Dental Ultrasonic Scaler Tips. *PLoS One*. 2016;11(3):e0149804. doi: 10.1371/journal.pone.0149804
 22. Orekhova LY, Barmasheva AA. Doppler flowmetry as a tool of predictive, preventive and personalised dentistry. *EPMA J*. 2013;4(1):21. doi: 10.1186/1878-5085-4-21
 23. Сланова М.К., Цагараева Т.Г., Хетагуров С.К. Профессиональные заболевания в сфере стоматологии. *Авиценна*. 2019;(45):10–12. [Slanova MK, Tsagarayeva TG, Khetagurov SK. Occupational diseases in dentistry. *Avitsenna*. 2019;(45):10–12. (In Russ.)].
 24. Цымарман Е.Н. Профессиональные вредности врача-стоматолога и роль физических упражнений в их профилактике. Естественные и медицинские науки. Студенческий научный форум: сборник статей по материалам XXXIV студенческой международной научно-практической конференции. Москва: *Международный центр науки и образования*; 2020. С. 61–68. [Tsyumarman EN. Occupational hazards of a dentist and the role of physical exercises in their prevention. *Natural and Medical Sciences. Student Scientific Forum: collection of articles based on the materials of the XXXIV International Student Scientific and Practical Conference*. Moscow: International Center for Science and Education; 2020. P. 61–68. (In Russ.)].
 25. Потеряева Е.Л., Смирнова Е.Л., Никифорова Н.Г. Прогнозирование формирования и течения вибрационной болезни на основе изучения генно-метаболических маркеров. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015;(6):19–23. [Poteriaeva EL, Smirnova EL, Nikiforova N.G. Forecasting formation and course of vibration disease on basis of genetic metabolic markers study. *Russian Journal of Occupational Health and Industrial Ecology*. 2015;(6):19–23. (In Russ.)]
 26. Wu J, McCullough M, Panisset MG, Galea MP. Prevention of work-related musculoskeletal disorders among dental professionals: A scoping review. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*. 2022;72(1):91–108. doi: 10.3233/WOR-205257
 27. Федотова Ю.М., Костюкова Ю.И. Профессиональные заболевания врача-стоматолога. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2017;(2):19–21. [Fedotova YuM, Kostyukova YuI. Occupational diseases of a dentist. *Scientific Review. Medical Sciences*. 2017;(2):19–21. (In Russ.)]
 28. Леонтьева Е.Ю., Быковская Т.Ю., Иванов А.С., Дмитриева А.В. Современные аспекты условий труда и здоровья медицинских работников стоматологического профиля (обзор литературы). *Здоровье, демография, экология финно-угорских народов*. 2020;(3):15–18. [Leontyeva EYu, Bykovskaya TYu, Ivanov AS, Dmitrieva AV. Current aspects of working conditions and health of medical practitioners in dental specialties

- (literature review). *Health, Demography, Ecology of Finno-Ugric Peoples*. 2020;(3):15–18. (In Russ.).
29. Острочревый П.А., Зелинский М.В., Шульженко С.В., Синикин А.А., Хазгериев Д.Э., Синельников В.А., Магомедов Ш.Н., Берикашвили Г.Г. Изучение производственных вредных в профессиональной деятельности врача стоматолога. Актуальные вопросы медицины в современных условиях: сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: Инновационный центр развития образования и науки; 2018. С. 66–68. [Ostrochrevyi PA, Zelinskii M.V., Shul'zhenko SV, Sinikin AA, Khazgeriev DE, Sinelnikov VA, Magomedov ShchN, Berikashvili GG Study of occupational hazards in the professional activity of a dentist. In: *Topical Issues of Medicine in Modern Conditions: Collection of scientific papers based on the results of the International Scientific and Practical Conference*. Saint Petersburg: Innovation Center for the Development of Education and Science; 2018. P. 66–68. (In Russ.)].
30. Ямщикова А.В., Шумейко Н.И., Флейшман А.Н., Мартынов И.Д., Бычковская Т.А. Влияние типа нарушений микроциркуляции на развитие трофических изменений в коже кистей у больных вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария*. 2024;103(4):328–332. [Yamshchikova AV, Shumeiko NI, Fleishman AN, Martynov ID, Bychkovskaya TA. The influence of the type of microcirculation disorders on the development of trophic skin changes in the hands of patients with vibration disease. *Hygiene and Sanitation*. 2024;103(4):328–332. (In Russ.)]. doi: 10.47470/0016-9900-2024-103-4-328-332
31. Ohlendorf D, Fraeulin L, Haenel J, Betz W, Erbe C, Holzgreve F, Wanke EM, Brueggmann D, Nienhaus A, Maurer-Grubinger C, Groneberg DA. Ergonomic Comparison of Four Dental Workplace Concepts Using Inertial Motion Capture for Dentists and Dental Assistants. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(19):10453. doi: 10.3390/ijerph181910453
32. Кныш О.А., Родионова С.Н., Стародубцева Л.В., Васильева Т.Н., Разумова К.В. Оценка риска появления и развития виброболезни у стоматологов на основе нечеткой логики принятия решений. *Системный анализ и управление в биомедицинских системах*. 2025;24(2):129–139. [Knysh OA, Rodionova SN, Starodubtseva LV, Vasileva TN., Razumova KV. Risk assessment of the occurrence and development of vibration disease in dentists based on fuzzy decision-making logic. *System Analysis and Management in Biomedical Systems*. 2025;24(2):129–139. (In Russ.)]. doi: 10.36622/1682-6523.2025.24.2.017
33. Сейранян В.В., Костандян А.Р. Профессиональные вредные факторы в работе врача-стоматолога. *Chronos: естественные и технические науки*. 2019;4(26):7–12. [Seyranyan VV, Kostandyan AR. Occupational harmful factors in the work of a dentist. *Chronos: Natural and technical Sciences*. 2019;4:7–12. (In Russ.)].
34. Chomakhashvili N, Chikhladze N, Pitskhelauri N. Ergonomic practice in dental clinics and musculoskeletal disorders among dentists in Georgia. *Georgian Med News*. 2024;(348):32–35.
35. Parry SP, Coenen P, Shrestha N, O'Sullivan PB, Maher CG, Straker LM. Workplace interventions for increasing standing or walking for decreasing musculoskeletal symptoms in sedentary workers. *Cochrane Database Syst Rev*. 2019;(11):CD012487. doi: 10.1002/14651858.CD012487.pub2
36. Катаева В.А., Кожевникова Н.Г., Мещеряков Д.Г., Чуянов Ю.В. Профессиональные факторы риска, состояние здоровья и меры профилактики в работе врачей стоматологического профиля (обзор литературы). *Эндодонтия Today*. 2016;(4):64–67. [Kataeva VA, Kozhevnikova NG, Meshcheryakov DG, Chuyanov YuV. Occupational risk factors, health status and preventive measures in the work of dental doctors (literature review). *Endodontics Today*. 2016;(4):64–67. (In Russ.)]
37. Трофимова А.Р., Дмитриева М.В., Ахметова Г.М. Профессиональные заболевания врачей стоматологов и методы их профилактики. *Актуальные вопросы стоматологии детского возраста: сборник научных статей VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. Казань: Казанский государственный медицинский университет; 2023. С. 322–328. [Trofimova AR, Dmitrieva MV, Akhmetova GM. Occupational diseases of dentists and methods of their prevention. In: *Current Issues in Pediatric Dentistry: collection of scientific articles of the 6th All-Russian Scientific and Kazan State Medical University*; 2023. P. 322–328. (In Russ.)].
38. Карелин А.О., Ионов П.Б., Еремин Г.Б. Оценка условий труда врачей-стоматологов, работающих в государственных детских стоматологических поликлиниках. *Гигиена и санитария*. 2020;99(6):586–590. [Karelin AO, Ionov PB, Yeregin GB. Assessment of operational conditions of dentists working in state children's dental polyclinics. *Hygiene and Sanitation*. 2020;99(6):586–590. (In Russ.)]. doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-586-590
39. Lam JWY, Lo YL, Fong YT. Case report: Hand-arm vibration syndrome in a dental technician. *Front Public Health*. 2024;12:1424236. doi: 10.3389/fpubh.2024.1424236
40. Younis U, Shakoora A, Chaudhary FA, Din SU, Sajjad S, Younis M, Javed MQ, Alam MK. Work-Related Musculoskeletal Disorders and Their Associated Risk Factors among Pakistani Dental Practitioners: A Cross-Sectional Study. *Biomed Res Int*. 2022;2022:4099071. doi: 10.1155/2022/4099071
41. Погодаева М.В., Чепурко Ю.В., Молокова О.А. Факторы профессионального стресса врачей и возможности повышения адаптивности к ним на этапе обучения в вузе. *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2019;21(4):1005–1013. [Pogodayeva MV, Chepurko YuV, Molokova OA. Physicians Occupational Stress: Factors and Teaching Adaptability at Medical Schools. *The Bulletin of Kemerovo State University*. 2019;21(4):1005–1013. (In Russ.)]. doi: 10.21603/2078-8975-2019-21-4-1005-1013
42. Быковская Т.Ю., Леонтьева Е.Ю., Иванов А.С. Современное состояние условий труда и здоровья медицинских работников стоматологического профиля. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2018;25(5):116–122. [Bykovskaya TYu, Leontyeva EYu, Ivanov AS. Current state of working conditions and health of dental medical workers. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2018;25(5):116–122. (In Russ.)]. doi: 10.25207/1608-6228-2018-25-5-116-122. EDN: YLHUJN
43. Кит А.Ю., Мануева Р.С., Перельгина А.Ю. Профессиональные вредности в работе врача-стоматолога и ассистентов, меры их профилактики. *Эпомен: медицинские науки*. 2023;(9):65–74. [Kit AYu, Manueva RS, Perelygina AYu. Occupational hazards in the work of a dentist and assistants, measures for their prevention. *Epomen: Medical Sciences*. 2023;(9):65–74. (In Russ.)].