

Куприна Н.И.¹, Шилов В.В.^{1,2}, Петрова М.Д.¹, Никанов А.Н.¹, Макеева Л.В.¹

Оценка стажевой динамики ангиодистонического синдрома верхних конечностей при I стадии вибрационной болезни ультразвуковым методом

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия;

²ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, 191015, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Болезни верхних конечностей, вызванные воздействием локальной вибрации на рабочем месте, широко распространены. Они возникают или усугубляются при использовании виброопасного оборудования.

Цель исследования — выявление особенностей ангиодистонического синдрома верхних конечностей при I стадии вибрационной болезни в зависимости от стажа работы.

Материалы и методы. Ультразвуковое сканирование артерий верхних конечностей проведено 70 пациентам. На дистальном участке предплечья измеряли спектральные и скоростные показатели: индекс резистентности (RI), диастолическую скорость кровотока (VED), систолическую (пульсовую) скорость кровотока (VPS) и пульсационный индекс (PI).

Результаты. Установлено, что на каждый год работы при контакте с виброинструментом систолическая (пульсовая) скорость кровотока (VPS) в лучевых и левой локтевой артериях значимо снижается в среднем на 0,57–0,58 ($p < 0,05$). При увеличении стажа на один год конечная диастолическая скорость кровотока (VED) в лучевых и локтевых артериях значимо снижается в среднем на 0,21–0,22. При увеличении стажа на один год пульсационный индекс (PI) в лучевых артериях билатерально повышается значимо в среднем на 0,042–0,068 ($p < 0,05$), в локтевой артерии PI повышается в среднем на 0,03–0,062, но изменения статистически незначимы ($p > 0,05$). При увеличении стажа на один год индекс резистентности (RI) на левой лучевой и локтевых артериях значимо повышается на 0,0003–0,0012 ($p < 0,05$).

Ограничения исследования связаны с методом ультразвукового сканирования. Это продолжительность исследования и зависимость метода от оператора.

Заключение. С увеличением стажа работы индексы, характеризующие ангиодистонические нарушения (пульсационный индекс, индекс резистентности), достоверно увеличиваются с каждым годом стажа при воздействии локальной вибрации. В рамках скринингового обследования в клинике профпатологии УЗ-сканирование артерий верхних конечностей пациентов может выполняться на доклинической стадии для предотвращения длительной хронической ишемии верхних конечностей. Этот метод диагностики может быть особенно ценным при дифференциации периферического ангиодистонического синдрома верхних конечностей профессиональной этиологии, в частности вибрационной болезни I стадии.

Ключевые слова: ангиодистонический синдром; верхние конечности; вибрационная болезнь; локальная вибрация; индексы сопротивления

Соблюдение этических стандартов. Исследование проведено с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Получен протокол заседания Локального этического комитета ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора № 2022/50.2 от 28.12.2022 г.

Для цитирования: Куприна Н.И., Шилов В.В., Петрова М.Д., Никанов А.Н., Макеева Л.В. Оценка стажевой динамики ангиодистонического синдрома верхних конечностей при I стадии вибрационной болезни ультразвуковым методом. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(8): 864–869. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-864-869> <https://elibrary.ru/gnrgunt>

Для корреспонденции: Куприна Надежда Игоревна, врач-рентгенолог, врач ультразвуковой диагностики медицинского центра ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: nadin20-sun@yandex.ru

Участие авторов: Куприна Н.И. — концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, статистическая обработка, написание текста, редактирование; Петрова М.Д. — обработка данных, написание текста; Шилов В.В., Макеева Л.В., Никанов А.Н. — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 06.05.2024 / Поступила после доработки: 10.07.2024 / Принята к печати: 31.07.2024 / Опубликовано: 10.09.2024

Nadezhda I. Kuprina¹, Victor V. Shilov^{1,2}, Milena D. Petrova¹, Aleksandr N. Nikanov¹, Lyudmila V. Makeeva¹

Assessment of the long-term trend in angiodystonic syndrome of the upper extremities in stage I vibration disease using the ultrasound method

¹North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation;

²North-Western State Medical University named after I. Mechnikov, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Diseases of the upper extremities caused by exposure to local vibration at the workplace are a ubiquitous problem. These diseases occur or are aggravated by exposure to vibration at the workplace when using vibration-hazardous equipment.

Purpose of the study — is to identify the features of upper limb angiodystonic syndrome in vibration disease at stage I, depending on work experience.

Original article

Materials and methods. Ultrasound scanning of the arteries of the upper extremities was performed in seventy patients. Spectral and velocity indices such as resistance index (RI), diastolic blood flow rate (VED), systolic (pulse) blood flow rate (VPS) and pulsation index (PI) were measured in the distal part of the forearm.

Results. Upon contact with a vibration tool, for each year of work experience, the systolic (pulse) blood flow rate (VPS) in the radial and left ulnar arteries significantly were found to decrease by an average of 0.57–0.58 ($p < 0.05$). In the ulnar artery, PI increases on average by 0.03–0.062, but the changes are not statistically significant ($p > 0.05$). With an increase in the length of service by 1 year, the RI in the left radial and ulnar arteries significantly increases by 0.0003–0.0012 ($p < 0.05$).

Limitations of the study. The main disadvantages of ultrasound are the long-term and operator-dependent method.

Conclusion. With an increase in work experience, the indices characterizing angiodystonic disorders: pulsation index (PI), resistance index (RI) – significantly increase with each year of experience when exposed to local vibration. This can be used for differential diagnosis of peripheral angiodystonic upper limb syndrome of occupational etiology, in particular, vibration disease associated with exposure to local vibration at stage 1. With an increase in work experience, the indices characterizing angiodystonic disorders: pulsation index (PI), resistance index (RI) – significantly elevate with each year of experience when exposed to local vibration. As part of the ultrasound screening study, scanning of the arteries of the upper extremities in patients at the clinic of occupational pathology can be performed at the preclinical stage to prevent prolonged chronic ischemia of the upper extremities. This diagnostic method can be especially valuable in differentiating peripheral angiodystonic upper limb syndrome of occupational etiology, in particular, vibration disease at the stage 1.

Keywords: angiodystonic syndrome; upper extremities; vibration disease; local vibration; resistance indices

Compliance with ethical standards. The study was conducted in compliance with the ethical standards of the Helsinki Declaration of the World Medical Association. The minutes of the meeting of the Local Ethics Committee of the Northwestern Scientific Center for Hygiene and Public Health No. 2022/50.2 dated 12/28/2022 were received.

For citation: Kuprina N.I., Shilov V.V., Petrova M.D., Nikanov A.N., Makeeva L.V. Assessment of the long-term trend in angiodystonic syndrome of the upper extremities in stage I vibration disease using the ultrasound method. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2024; 103(8): 864–869. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-864-869> <https://elibrary.ru/gnrunt> (In Russ.)

For correspondence: Nadezhda I. Kuprina, radiologist, ultrasound diagnostics doctor of the Radiology department of the Medical Center North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1468-3186> E-mail: nadin20-sun@yandex.ru

Contribution: Kuprina N.I. — the concept and design of the study, collection and processing of material, statistical processing, writing a text, editing; Petrova M.D. — processing of material, writing a text; Shilov V.V., Nikanov A.N., Makeeva L.V. — responsibility for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 6, 2024 / Revised: July 10, 2024 / Accepted: June 19, 2024 / Published: September 10, 2024

Введение

Роль вредных производственных факторов в формировании болезней населения чрезвычайно высока [1–3]. Внимание организаторов здравоохранения в значительной степени сосредоточено на профилактике и лечении болезней с учётом профессиональных характеристик трудовой деятельности, позволяющих прогнозировать основные тенденции изменения состояния здоровья трудоспособных групп населения в ближайшей и отдалённой перспективе, оптимизировать медицинскую помощь [4–7]. В диагностике профессиональных болезней большое значение имеют современные методы инструментальной, в том числе лучевой, диагностики [8, 9].

Наиболее часто регистрируются профессионально обусловленные болезни, связанные с воздействием физических факторов, и не последнее место в этом ряду занимают поражения верхних конечностей, вызванные локальной вибрацией. Проблема вибрационного воздействия на рабочем месте [10–13] настолько актуальна, что Шестое европейское исследование условий труда* сообщает: 20% рабочих в различных отраслях труда подвергаются вибрациям, создаваемым инструментами или машинами, более четверти рабочего времени. Цепные пилы, дрели, отбойные молотки, шлифовальные и полировальные машины, газонокосилки — это лишь часть вибрирующих и пневматических ручных инструментов, которые используются миллионами рабочих во всём мире. Однако трудно отделить влияние вибрации на нозологию от факторов эргономического риска, таких как длительные неудобные позы, вынужденное статическое положение, повторяющиеся движения, а также удары или перкуSSIONная травма, которые могут возникнуть при использовании ручного электроинструмента. Однако в совокупности эти факторы могут суммироваться и взаимно усиливать негативное влияние на организм человека. Исследователи также выявили связь вибрационного воздействия с такими патологическими состояниями, как бессонница [14],

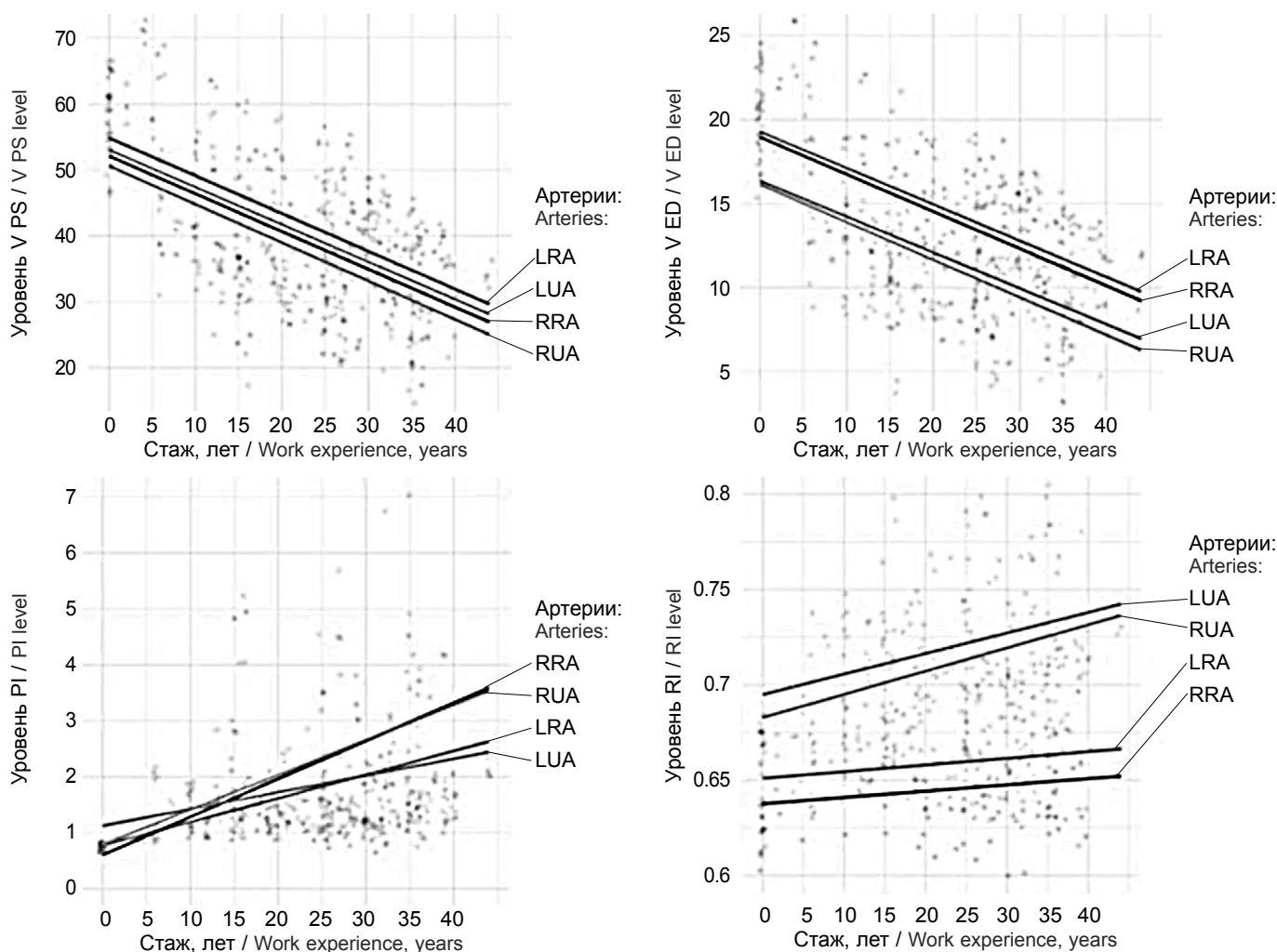
тревожность [15], тендинит двуглавой мышцы, синдром запястного канала [16], повышенный риск преждевременных родов [17]. Также выявлено влияние вибрации на равновесие и силу захвата [18], потерю слуха [19].

Самые распространённые симптомы вибрационной болезни, возникающей из-за воздействия локальной вибрации, связаны с периферическими вегетативно-сосудистыми, чувствительными нарушениями, а также с изменениями опорно-двигательного аппарата, возникающими в первую очередь в руках и плечевом поясе. Различные болезни верхних конечностей возникают или усугубляются воздействием вибрации на рабочем месте при использовании электроинструментов. Эти состояния, по данным зарубежных исследователей, включают синдром вибрации кисти (HAVS), синдром белого пальца (VWF) и феномен Рейно [20].

Синдром вибрации кисти включает несколько основных компонентов. 1. Периферическая невропатия кистей рук, которая вызывает онемение, покалывание или то и другое вместе при ношении перчаток. 2. Вторичный феномен Рейно в кистях рук, наиболее характерным проявлением которого является периодическое, чётко выраженное побледнение пальцев, начинающееся с дистального кончика одного или нескольких пальцев, и по мере прогрессирования болезни бледность распространяется на всю длину пальцев, иногда переходя на ладонь. Большие пальцы, как правило, поражаются в наименьшей степени. При этих эпизодах характерна одновременная парестезия пальцев. 3. Другие нарушения костно-мышечной системы. Это наименее специфичные проявления, которые могут включать жалобы на слабость, дискомфорт и боль в руках, запястьях, предплечьях и локтях.

Периферическая невропатия и синдром Рейно могут возникать независимо, но обычно сочетаются [20]. В отечественной же литературе этот симптомокомплекс называют ангиодистоническим синдромом, сопровождающимся парестезиями и ноющими болями в кистях, нерезкой гипотермией пальцев рук и термоасимметрией. С воздействием вибрации на кисть также могут быть связаны такие состояния, как синдром запястного канала, кисты, тендинопатии и остеоартрозные изменения кисти, запястья и локтевого сустава.

* Sixth European Working Conditions Survey (EWCS) – Overview Report (2017 Update), Publications Office of the European Union, Luxembourg (accessed on 15 October 2021).



Зависимость УЗ-показателей сосудов верхних конечностей от стажа.

LRA – левая лучевая артерия, RRA – правая лучевая артерия, LUA – левая локтевая артерия, RUA – правая локтевая артерия

Dependence of the ultrasound parameters of the vessels of the upper extremities on the length of service

LRA – left radial artery, RRA – right radial artery, LUA – left ulnar artery, RUA – right ulnar artery

При вибрационной болезни I степени приступы акроангиоспазма редки (несколько раз в год) и могут быть единственным проявлением болезни, поэтому болезнь редко выявляется на ранних стадиях, отсутствуют объективные данные о скорости её развития.

Цель исследования – выявление ультразвуковым методом особенностей ангиодистонического синдрома верхних конечностей при I стадии вибрационной болезни, возникающей из-за воздействия локальной вибрации, в зависимости от стажа работы.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие пациенты, направленные на обследование в Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья (Санкт-Петербург, Россия) в период с 2022 по 2023 г. Общее число пациентов 70, из них 58 мужчин и 12 женщин. По результатам клинического обследования пациенты были распределены на группы в соответствии с диагнозом: группа здоровых добровольцев – 18 человек, группа пациентов с ВБ от локальной вибрации I стадии – 52 человека. Всем пациентам проведено УЗ-исследование скоростных показателей лучевой и локтевой артерий обеих рук.

Магистральные артерии верхних конечностей были обследованы с помощью линейного датчика 7,5 МГц ультразву-

кового аппарата Samsung Medison HS50-rus, глубина залегания сосудов от поверхности составляла до 1–1,5 см. Пациент находился в положении лёжа на спине с ротирующей рукой, отведённой под углом 45 градусов. Для предотвращения переохлаждения и возможных недостоверных результатов оценки линейных параметров кровотока пациенту было предоставлено 30 мин для нивелирования реакции сосудов на перепад температур перед проведением ультразвукового исследования. Исследование проводилось в поперечном и продольном сечениях сосудов. В режиме PW на дистальном участке предплечья оценивали спектральные характеристики, измеряли скоростные показатели: индекс резистентности (RI), диастолическую скорость кровотока (V ED), систолическую (пульсовую) скорость кровотока (V PS) и пульсационный индекс (PI). Диастолическая скорость отражает сопротивление в периферической части сосудистого русла и участвует в вычислении RI и PI, которые используются для количественного измерения сосудистого тонуса артерий.

Для статистической обработки использовали программное обеспечение с открытым исходным кодом R версии 4.2.2 (The R Foundation, <http://www.R-project.org>) с пакетами *tidyverse*, *emmeans*, *ggplot2*, *gtsummary*, *rcartocolor*.

Для оценки соответствия имеющихся данных нормальному распределению (нулевая гипотеза, H_0) выполнялся тест Колмогорова – Смирнова (при значении $p < 0,05$ H_0 отклонялась). Путём построения гистограммы и графика

плотности оценивали форму распределения. В случаях несоответствия между результатами аналитического и визуального методов решение принималось в пользу графической оценки по Q–Q plot (quantile – quantile plot).

Результаты

Критериями включения пациента в данную группу были два ключевых фактора: клинические проявления ВБ и данные санитарно-гигиенической характеристики, по которой можно подтвердить клинический диагноз. Источниками вибрации были технологическое оборудование и транспорт. На рабочем месте присутствовали различные источники локальной вибрации, имевшие ударное действие (частота 60 Гц, вес до 11 кг), ударно-вращательное действие (частота 35 Гц, вес до 30 кг) и вращательное действие (частота 100; 300 Гц, вес до 6 кг).

При осмотре у обследуемых выявлены выраженные вегетативные симптомы, обусловленные вазомоторными нарушениями: цианотичность кожи кистей с проявлениями кружевного рисунка, акрогипотермия. Из объективных данных зафиксированы положительная гемодинамическая проба Боголепова, снижение сухожильных рефлексов, побледнение пальцев при напряжённом натягивании.

При УЗ-исследовании артерий верхних конечностей не выявлено выраженных гемодинамически значимых стенозов, атеросклеротических бляшек, тромбозов, окклюзий и аневризм по ходу артерий предплечья. В основной группе отмечены венозная дисциркуляция по венам предплечья, несостоятельность клапанного аппарата, выраженная S-образная и C-образная извитость хода лучевой и локтевой артерий, сосредоточенная больше в дистальной трети. Бляшек и тромбозов в венах также не выявлено.

Попарные различия пульсовой скорости на лучевых артериях составили между группами «Здоровые» и «ВБ I стадия»: разница средних: 12,452; 95%-й доверительный интервал (95% ДИ): 6,097–18,806, $p = 0,001$. Попарные различия пульсовой скорости на локтевых артериях: разница средних: 13,198; 95% ДИ: 6,455–19,94, $p = 0,001$. Попарные различия по болезням на локтевых артериях разница средних: 24,453; 95% ДИ: 18,158–30,749, $p = 0,001$ (см. рисунок).

Обсуждение

В изученных литературных источниках использовались различные методы определения воздействия вибрации на испытуемых работников. Одни исследователи использовали методы прямого измерения вибрации, которой фактически подвергались работники во время трудовой деятельности, другие измеряли вибрацию в смоделированных рабочих ситуациях либо использовали диагнозы или симптомы болезней, вызванных вибрацией (HAVS, VWF или феномен Рейно), в качестве индикаторов. Диагностика этих состояний, вызванных вибрацией, в качестве индикаторов её воздействия может быть эффективным средством оценки, однако точность её зависит от достоверности и надёжности косвенных показателей. Отсутствие единообразия в методах и процедурах измерения воздействия вибрации приводит к тем же ограничениям, которые присутствуют во многих исследованиях: ставится под угрозу сравнение между исследованиями, а объединение данных разных исследователей о воздействии вибрации для надлежащей оценки и метаанализа невозможно.

При вибрационной болезни стадия определяется на основании силы и частоты симптомов, на которые могут значительно влиять индивидуальные особенности человека. В настоящее время не разработаны объективные количественные критерии, позволяющие оценить степень поражения сосудистой системы на ранних и поздних стадиях развития болезни. УЗИ сосудов может выполняться в рамках скрининга у пациентов на доклинической стадии для раннего выявления и предотвращения длительных микроциркуляторных нарушений в тканях. Определение степени поражения артерий проводят по таким количественным

характеристикам, как измерение степени стеноза, критерии спектра доплеровского сдвига частот. Не существует единого объективного стандарта диагностики и классификации степени выраженности сосудистых нарушений при различных вариантах профессиональных патологий. Методики с ангиовизуализацией (магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ) с ангиографией, магнитно-резонансная ангиография (МРА), инвазивная ангиография) важны для определения топического расположения сосудов, оценки степени стенозов у пациентов с подозрением на нарушение кровоснабжения, аневризматическое поражение. Эти методы являются дорогостоящими, не позволяют достоверно измерить скорость потока в сосудах, оценить ангиодистоническое поражение и, следовательно, не могут применяться в качестве скрининговых. Мы полагаем, что для проведения экспертизы и дифференциальной диагностики различных профессиональных болезней верхних конечностей целесообразно использование ультразвукового метода, позволяющего учитывать уровень изменений скоростных показателей кровотока.

С помощью УЗ-исследования нами было установлено, что при работе с виброинструментом на каждый год стажа систолическая (пульсовая) скорость кровотока (V PS) в лучевых и левой локтевой артериях значимо снижается в среднем на 0,57–0,58 ($p < 0,05$). При увеличении стажа на один год конечная диастолическая скорость кровотока (V ED) в лучевых и локтевых артериях значимо снижается в среднем на 0,21–0,22. При увеличении стажа на один год пульсационный индекс (PI) в лучевых артериях билатерально значимо повышается в среднем на 0,042–0,068 ($p < 0,05$). В локтевой артерии PI в среднем повышается на 0,03–0,062, но изменения статистически незначимы ($p > 0,05$). При увеличении стажа на один год индекс резистентности (RI) на левой лучевой и локтевых артериях значимо повышается на 0,0003–0,0012 ($p < 0,05$). Эти данные позволяют прогнозировать прогрессирование патологии и своевременно профилактировать ухудшение состояния работающих.

Заключение

Количественные показатели позволяют стандартизировать обследование пациентов с вибрационной болезнью и дальнейшую оценку исследованных параметров кровотока в динамике. Это также позволит сравнивать между собой исследования и объединять данные, полученные разными исследователями, для оценки и метаанализа. Наиболее доступным и безопасным методом исследования параметров сосудистой системы, повышающим достоверность связи нозологии с профессией, является метод ультразвукового исследования. В рамках скринингового исследования УЗ-сканирование артерий верхних конечностей у пациентов в клинике профпатологии может выполняться на доклинической стадии для предотвращения длительной хронической ишемии верхних конечностей, которая впоследствии может принять необратимый характер. Этот метод диагностики может быть особенно ценным при дифференциации периферического ангиодистонического синдрома верхних конечностей профессиональной этиологии, в частности вибрационной болезни I стадии, вызванной воздействием локальной вибрации, так как с увеличением стажа работы индексы, характеризующие ангиодистонические нарушения (пульсационный индекс PI и индекс резистентности RI), достоверно увеличиваются с каждым годом стажа при воздействии локальной вибрации. Можно констатировать, что большинство скоростных показателей при УЗ-исследовании верхних конечностей пациентов с ВБ I стадии снижается с возрастом и стажем.

Стандартизация протокола ультразвукового исследования верхних конечностей впоследствии поможет оценить динамику и уровень начальных ангиодистонических поражений у пациентов, а своевременная диагностика позволит предотвратить на ранних этапах развития необратимые последствия хронической ишемии.

Литература (п.п. 13–20 см. References)

- Кадыров З.А., Фаниев М.В., Прокопьев Я.В., Фаустова К.В., Севрюков Ф.А., Вололажский Д.И. и др. Репродуктивное здоровье населения России как ключевой фактор демографической динамики. *Вестник современной клинической медицины*. 2022; 15(5): 100–6. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15\(5\).100-106](https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15(5).100-106) <https://elibrary.ru/fpjiau>
- Сивашченко П.П., Иванов В.В., Борисов Д.Н., Барановский А.М. Основные показатели состояния здоровья военнослужащих-женщин в 2008–2013 гг. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2015; (3): 166–72. <https://elibrary.ru/vstvcd>
- Хоменко А.О., Якшина Н.В., Мушников В.С., Ильин С.М., Самарская Н.А., Чекмарева М.А. Влияние виброакустических факторов на безопасность и здоровье работников промышленных предприятий. *Экономика труда*. 2022; 9(12): 2175–96. <https://doi.org/10.18334/et.9.12.116410> <https://elibrary.ru/ppcihn>
- Карайланов М.Г., Русев И.Т., Прокин И.Г., Пильник Н.М., Борисов Д.Н., Яковлев А.Г. Рациональное использование стационарозамещающих технологий при оказании первичной медико-санитарной помощи. *Вестник Российской Военно-медицинской академии*. 2016; (4): 152–7. <https://elibrary.ru/xhubrv>
- Жмуров В.А., Яркова В.Г., Осолков С.А., Решетникова Т.В., Жмуров Д.В., Авдеева В.А. и др. Роль профессиональных вредных факторов работников локомотивных бригад в развитии заболеваний внутренних органов. *Проблемы транспортной и промышленной медицины*. 2023; (1): 39–47. <https://elibrary.ru/ygxxzi>
- Шестаев А.Ю., Сивашченко П.П., Кормаков В.А., Кушниренко Н.П., Протошак В.В., Паронников М.В. и др. Гендерные эпидемиологические особенности мочекаменной болезни у военнослужащих. *Военно-медицинский журнал*. 2014; 335(12): 45–7. <https://elibrary.ru/vuanng>
- Старцев В.Ю., Дударев В.А., Севрюков Ф.А., Забродина Н.Б. Экономические аспекты лечения больных. *Урология*. 2019; (6): 115–9. <https://doi.org/10.18565/urology.2019.6.115-119> <https://elibrary.ru/dbiztq>
- Серговецев А.А., Левин В.И., Борисов Д.Н. Современная функциональная диагностика и искусственный интеллект. *Военно-медицинский журнал*. 2020; 341(2): 40–5. <https://elibrary.ru/vzvubh>
- Русев И.Т., Карайланов М.Г., Федоткина С.А., Прокин И.Г., Борисов Д.Н., Закурдаев В.В. и др. Стационарозамещающие технологии в военно-медицинских организациях. *Военно-медицинский журнал*. 2019; 340(10): 14–21. <https://elibrary.ru/jbbvug>
- Кузьмина Л.П., Измерова Н.И., Хотулева А.Г., Цидильковская Э.С., Кислякова А.А., Мили Х. Влияние физических производственных факторов на иммунную систему. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(11): 694–701. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-11-694-701> <https://elibrary.ru/hansax>
- Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году». М.; 2023.
- Шевченко О.И. Современные представления о состоянии нейрофункциональной активности головного мозга при профессиональном воздействии физических и химических факторов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2024; 64(3): 172–81. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-3-172-181> <https://elibrary.ru/ptijfb>

References

- Kadyrov Z.A., Faniev M.V., Prokop'ev Ya.V., Faustova K.V., Sevryukov F.A., Vodolazhskii D.I., et al. Reproductive health of the Russian population as a key factor of demographic dynamics. *Vestnik sovremennoi klinicheskoi meditsiny*. 2022; 15(5): 100–6. [https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15\(5\).100-106](https://doi.org/10.20969/VSKM.2022.15(5).100-106) <https://elibrary.ru/fpjiau> (in Russian)
- Sivashchenko P.P., Ivanov V.V., Borisov D.N., Baranovskii A.M. Basic indices of service women disease incidence in 2008–2013. *Vestnik Rossiiskoi Voennomeditsinskoi akademii*. 2015; (3): 166–72. <https://elibrary.ru/vstvcd> (in Russian)
- Khomenko A.O., Yakshina N.V., Mushnikov V.S., Il'in S.M., Samarskaya N.A., Chekmareva M.A. The influence of vibroacoustic factors on the safety and health of industrial employees. *Ekonomika truda*. 2022; 9(12): 2175–96. <https://doi.org/10.18334/et.9.12.116410> <https://elibrary.ru/ppcihn> (in Russian)
- Karailanov M.G., Rusev I.T., Prokin I.G., Pil'nik N.M., Borisov D.N., Yakovlev A.G. Efficient use of hospital technology in the provision of primary health care. *Vestnik Rossiiskoi Voennomeditsinskoi akademii*. 2016; (4): 152–7. <https://elibrary.ru/xhubrv> (in Russian)
- Zhmurov V.A., Yarkova V.G., Oskolkov S.A., Reshetnikova T.V., Zhmurov D.V., Avdeeva V.A., et al. The role of occupational harmful factors of employees of locomotive crews in the development of diseases of internal organs. *Problemy transportnoi i promyshlennoi meditsiny*. 2023; (1): 39–47. <https://elibrary.ru/ygxxzi> (in Russian)
- Shestaev A.Yu., Sivashchenko P.P., Kormakov V.A., Kushnirenko N.P., Protoshchak V.V., Paronnikov M.V., et al. Gender epidemiological features of urolithiasis in the military. *Voennomeditsinskii zhurnal*. 2014; 335(12): 45–7. <https://elibrary.ru/vuanng> (in Russian)
- Startsev V.Yu., Dudarev V.A., Sevryukov F.A., Zaborodina N.B. Economic aspects of treatment for lower urinary tract symptoms associated with benign prostatic hyperplasia. *Urologiya*. 2019; (6): 115–9. <https://doi.org/10.18565/urology.2019.6.115-119> <https://elibrary.ru/dbiztq> (in Russian)
- Sergoventsev A.A., Levin V.I., Borisov D.N. Modern functional diagnostics and artificial intelligence. *Voennomeditsinskii zhurnal*. 2020; 341(2): 40–5. <https://elibrary.ru/vzvubh> (in Russian)
- Rusev I.T., Karailanov M.G., Fedotkina S.A., Prokin I.G., Borisov D.N., Zakurdaev V.V., et al. Hospital substituting technologies in military medical organizations. *Voennomeditsinskii zhurnal*. 2019; 340(10): 14–21. <https://elibrary.ru/jbbvug> (in Russian)
- Kuzmina L.P., Izmerova N.I., Khotuleva A.G., Tsidilkovskaya E.S., Kislyakova A.A., Mili Kh. The influence of physical occupational factors on the immune system. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(11): 694–701. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-11-694-701> <https://elibrary.ru/hansax> (in Russian)
- State Report «On the state of sanitary and epidemiological welfare of the population in the Russian Federation in 2022». Moscow; 2023. (in Russian)
- Shevchenko O.I. Modern ideas about the state of neurofunctional activity of the brain under the professional influence of physical and chemical factors. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2024; 64(3): 172–81. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2024-64-3-172-181> <https://elibrary.ru/ptijfb> (in Russian)
- Nieto-Álvarez R., de la Hoz-Torres M.L., Aguilar A.J., Martínez-Aires M.D., Ruiz D.P. Proposal of combined noise and hand-arm vibration index for occupational exposure: application to a study case in the olive sector. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2022; 19(21): 14345. <https://doi.org/10.3390/ijerph192114345>
- Nari F., Kim Y.K., Kang S.H., Park E.C., Jang S.I. Association between occupational noise and vibration exposure and insomnia among workers in Korea. *Life (Basel)*. 2020; 10(4): 46. <https://doi.org/10.3390/life10040046>
- Park M., Nari F., Jeong W., Park E.C., Jang S.I. Association between occupational noise and vibration and anxiety in the South Korean working population: a cross-sectional study. *J. Occup. Med. Toxicol.* 2022; 17(1): 1. <https://doi.org/10.1186/s12995-021-00344-w>
- 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>
- Skröder H., Pettersson H., Norlén F., Gustavsson P., Rylander L., Albin M., et al. Occupational exposure to whole body vibrations and birth outcomes – A nationwide cohort study of Swedish women. *Sci. Total Environ.* 2021; 751: 141476. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141476>
- Aghamiri S.Z., Aliabadi M., Farhadian M., Golmohammadi R., Shafiee Motlagh M. The simultaneous exposure to heat and whole-body vibration on some motor skill functions of city taxi drivers. *Med. Lav.* 2022; 113(5): e2022045. <https://doi.org/10.23749/mdl.v113i5.13432>
- Weier M.H. The association between occupational exposure to hand-arm vibration and hearing loss: a systematic literature review. *Saf. Health Work.* 2020; 11(3): 249–61. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.04.003>
- Sami Y. Hand-arm vibration syndrome (HAVS). *Br. C. Med. J.* 2009; 51(1): 10.

Сведения об авторах

Куприна Надежда Игоревна, врач-рентгенолог, врач ультразвуковой диагностики медицинского центра ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: nadin20-sun@yandex.ru

Шилов Виктор Васильевич, доктор мед. наук, профессор, гл. науч. сотр. научного отделения профпатологии ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», зав. каф. токсикологии, экстремальной и водоложной медицины ФГБОУ ВО СЗГМУ им. И.И. Мечникова Минздрава России, 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: vshilov@inbox.ru

Петрова Милена Дмитриевна, мл. науч. сотр. отд. комплексной гигиенической оценки физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: petrovoi.md@yandex.ru

Никанов Александр Николаевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотр., зав. научным отделением профпатологии ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Макеева Людмила Викторовна, гл. врач медицинского центра ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: Lyudmila.makeeva1503@yandex.ru

Information about the authors

Nadezhda I. Kuprina, radiologist, ultrasound diagnostics doctor of the Radiology department of the Medical Center North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-1468-3186> E-mail: nadin20-sun@yandex.ru

Viktor V. Shilov, MD, PhD, DSci., professor, chief researcher of Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, North-Western State Medical University named after I. Mechnikov, St.-Petersburg, 191015, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3256-2609> E-mail: vshilov@inbox.ru

Milena D. Petrova, junior researcher, Department of Complex Hygienic Assessment of Physical Factors, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-5506-6523> E-mail: petrovoi.md@yandex.ru

Aleksander N. Nikanov, MD, PhD, leading researcher, head of Scientific Department of Occupational Pathology, North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3335-4721> E-mail: a.nikanov@s-znc.ru

Ludmila V. Makeeva, Chief Physician, Medical Office of the Medical Center of the North-West Public Health Research Center, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-7747-8318> E-mail: Lyudmila.makeeva1503@yandex.ru