

Гидаятова М.О., Мартынов И.Д., Ямщикова А.В., Флейшман А.Н.

Обоснование использования показателей variability ритма сердца при прогнозировании развития полинейропатии у работников угольных предприятий

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк

Введение. Одной из самых распространённых форм профессиональных заболеваний периферической нервной системы является вегетативно-сенсорная полинейропатия. Для Кузбасса, являющегося одним из лидеров по разработке угольных месторождений, проблема ранней диагностики и профилактики полинейропатий является наиболее актуальной.

Целью настоящего исследования явилось определение вегетативных нарушений и их роли в развитии профессиональной полинейропатии у работников угольных предприятий Кузбасса.

Материал и методы. Обследованы 72 горнорабочих мужского пола в возрасте от 40 до 64 лет, рабочий стаж от 15 до 36 лет. Контрольную группу составили 18 обследуемых аналогичного возраста, занимающихся лёгким физическим или умственным трудом и не имеющих производственных факторов риска. Всем обследуемым проведена электронейромиография для оценки степени поражения периферических нервов; для определения состояния вегетативной регуляции использовались спектральные и нелинейные показатели variability ритма сердца.

Результаты. У 20 обследуемых работников угольных предприятий, по данным электронейромиографии, не определялось признаков полинейропатии. Горнорабочие с диагностированной полинейропатией разделялись на 3 группы по степени выраженности нарушения проведения импульса по периферическим нервам. У горнорабочих без признаков полинейропатии, но подвергавшихся вредным производственным факторам, определялось статистически значимое снижение мощности колебаний высокой частоты спектра variability ритма сердца. У обследуемых с начальными нарушениями проведения импульса наблюдалось прогрессирующее снижение высокочастотных колебаний, при умеренных признаках полинейропатии отмечалось симпатическое преобладание, усиление влияния надсегментарных вегетативных центров. При развитии грубых нарушений проведения импульса по периферическим нервам характерны депрессия колебаний во всех частотных диапазонах, ригидность сердечного ритма.

Заключение. Полученные данные подтверждают влияние вегетативной дисфункции на развитие профессиональной полинейропатии. Анализ variability ритма сердца является важным инструментом для оценки вегетативной регуляции и может быть использован в массовых медицинских профосмотрах. Снижение спектральных и нелинейных показателей у работников угольных предприятий является ранним признаком нарушений автономной регуляции, позволяющим прогнозировать возникновение и развитие повреждённых периферических нервов.

К л ю ч е в ы е с л о в а : профессиональная полинейропатия; variability ритма сердца; горнорабочие.

Для цитирования: Гидаятова М.О., Мартынов И.Д., Ямщикова А.В., Флейшман А.Н. Обоснование использования показателей variability ритма сердца при прогнозировании развития полинейропатии у работников угольных предприятий. Гигиена и санитария. 2020; 99 (7): 688-692. DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-7-688-692>

Для корреспонденции: Гидаятова Маргарита Олеговна, науч. сотр. лаб. прикладной нейрофизиологии, врач-невролог, ФГБНУ «НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», 654041, Новокузнецк. E-mail: samodurova.margarita@mail.ru

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: концепция и дизайн исследования – Гидаятова М.О., Мартынов И.Д.; сбор и обработка материала – Гидаятова М.О., Ямщикова А.В.; статистическая обработка – Гидаятова М.О.; написание текста – Гидаятова М.О.; редактирование – Мартынов И.Д., Флейшман А.Н.; утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи – все соавторы.

Поступила 19.03.2020

Принята к печати 19.05.2020

Опубликована 28.08.2020

Margarita O. Gidayatova, Ilya D. Martynov, Anastasia V. Yamshchikova, Arnold N. Fleishman

Substantiation of the use of indices of the heart rate variability in predicting the development of polyneuropathies in workers of coal enterprises

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation

Introduction. One of the most common forms of occupational diseases of the peripheral nervous system is autonomic-sensory polyneuropathy. For Kuzbass, which is one of the leaders in coal mining, the problem of early diagnosis and prevention of polyneuropathies is the most urgent. **The purpose of this study** was to determine autonomic disorders and their role in the development of occupational polyneuropathy in workers of coal enterprises in Kuzbass.

Material and methods. 72 male miners aged from 40 to 64 years with working experience from 15 to 36 years were examined. The control group consisted of 18 subjects of the same age, engaged in light physical or mental work that had no occupational risk factors. To assess the degree of peripheral nerve damage electroneuromyography was performed in all cases; indices of spectral and nonlinear heart rate variability were used to determine the state of autonomic regulation.

Results. No signs of polyneuropathy were detected in 20 subjects of the examined workers of coal enterprises according to electroneuromyography data. The miners with diagnosed polyneuropathy were divided into 3 groups according to the severity of the lesion of the impulse conduction along the peripheral nerves. In the miners with no signs of polyneuropathy, who exposed to harmful production factors, a statistically

significant decrease in the power of high-frequency oscillations of the heart rate variability spectrum was determined. The subjects with initial disorders of the impulse conduction showed a progressive decrease in high-frequency oscillations, with moderate signs of polyneuropathy, there were a sympathetic predominance and increased influence of suprasedgmental autonomic centers. In the development of severe disorders of the impulse conduction along the peripheral nerves, depression of oscillations in all frequency ranges and rigidity of the heart rate are characteristic.

Conclusion. The obtained data confirm the influence of autonomic dysfunction on the development of occupational polyneuropathy. The analysis of heart rate variability is an important tool for evaluating autonomic regulation and can be used in mass medical examinations. A decrease in spectral and nonlinear parameters in coal-mining workers is an early sign of the disorder of autonomic regulation, which allows predicting the occurrence and development of peripheral nerve damage.

Key words: occupational polyneuropathy; heart rate variability; miners.

For citation: Gidayatova M.O., Martynov I.D., Yamshchikova A.V., Fleishman A.N. Substantiation of the use of indices of the heart rate variability in predicting the development of polyneuropathies in workers of coal enterprises. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian Journal)*. 2020; 99 (7): 688-692. DOI: <https://doi.org/10.33029/0016-9900-2020-99-7-688-692> (In Russian)

For correspondence: Margarita O. Gidayatova, MD, researcher of the laboratory for applied neurophysiology, neurologist, Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, Novokuznetsk, 654041, Russian Federation. E-mail: samodurova.margarita@mail.ru

Information about the authors:

Gidayatova M.O., <https://orcid.org/0000-0002-8003-036X>; Martynov I.D., <https://orcid.org/0000-0001-5098-9185>
Yamshchikova A.V., <https://orcid.org/0000-0002-6609-8923>; Fleishman A.N., <https://orcid.org/0000-0002-2823-4074>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution: Gidayatova M.O. – concept and design of the study, collection, and processing of the material, statistical processing, writing the text. Martynov I.D. – concept and design of the study, editing. Yamshchikova A.V. – collection and processing of the material. Fleishman A.N. – editing. All co-authors – approval of the final version of the manuscript, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript.

Received: March 19, 2020
Accepted: May 19, 2020
Published: , 2020

Введение

Одной из самых распространённых форм профессиональных заболеваний периферической нервной системы является вегетативно-сенсорная полинейропатия. Статодинамические нагрузки, преимущественно на кисть и мышцы предплечий, сочетающиеся с температурным фактором, вибрацией и механической микротравмой, играют основополагающую роль в развитии данного заболевания. Патологический рефлекс с кожных рецепторов ладоней и других тканей конечностей приводит к развитию дисфункции центральных и периферических звеньев автономной регуляции, возникает системный ответ в виде симпатикотонии, полинейропатии и ангиоспазма [1–4].

Для Кузбасса, являющегося одним из лидеров по разработке угольных месторождений [5], проблема ранней диагностики и профилактики полинейропатий является наиболее актуальной. Кроме того, неблагоприятные климатические и экологические условия обуславливают необходимость разработки системы прогнозирования осложнений профессиональных заболеваний у работников угольных предприятий региона [6, 7].

В настоящее время различные способы анализа вариабельности ритма сердца (ВРС) широко используются для оценки нарушений вегетативной регуляции и прогнозирования течения широкого круга заболеваний, однако данных по изменениям ВРС у лиц с профессиональной полинейропатией накоплено недостаточно [7].

Целью настоящего исследования явилось определение вегетативных нарушений и их роли в развитии профессиональной полинейропатии у работников угольных предприятий Кузбасса.

Материал и методы

Обследованы 72 горнорабочих следующих профессий: подземный проходчик, горнорабочий очистного забоя, машинист горных выемочных машин и др. Все обследуемые мужского пола в возрасте от 40 до 64 лет ($Me = 50,7$ (47,5–52,8) года), рабочий стаж от 15 до 36 лет. Контрольную группу составили 18 обследуемых (возраст от 41 до 63 лет, $Me = 50$ (45,6–54,3) лет), занимающихся лёгким физическим или умственным трудом, не имеющих производственных

факторов риска. Все обследуемые подписали добровольное информированное согласие. Исследование одобрено биоэтическим комитетом НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, исполненным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г.

Обследуемые были осмотрены неврологом, проводилась электроэнцефалография (ЭНМГ) на электромиографе «Нейро МВП-5» (Нейрософт, Россия) для оценки степени поражения периферических чувствительных и двигательных нервных волокон.

На компьютерном электрокардиографе «Нейрософт Полиспектр 8Е» выполнялась запись пятиминутных участков кардиоритма (содержащих по 256 межсистолических интервалов), спектральный анализ методом быстрого преобразования Фурье позволил выделить колебания в частотных диапазонах: Very Low Frequency (VLF) – диапазон очень низкой частоты 0,004–0,08 Гц; Low Frequency (LF) – диапазон низкой частоты 0,09–0,16 Гц; High Frequency (HF) – высокочастотные колебания 0,17–0,5 Гц. Колебания LF связаны с симпатическим вазомоторным влиянием, HF отражает активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, VLF – многокомпонентный показатель, включающий эрготропные влияния надсегментарных вегетативных центров. Использовались значения максимальной амплитуды спектральных пиков (абсолютные единицы спектральной плотности мощности, $mc^2/Гц$). Нормальные показатели VLF находятся в диапазоне 30–130 $mc^2/Гц$, LF – в диапазоне 15–30 $mc^2/Гц$, HF – 15–35 $mc^2/Гц$ [8].

Оценивали нелинейные показатели ВРС: детрентный флуктуационный анализ (DFA) и аппроксимированная энтропия (ApEnt). Показатель DFA позволяет оценить вегетативный тонус; состояние относительного вегетативного равновесия (эйтонии) определяется в диапазоне 0,6–0,7, большие значения свидетельствуют о симпатической активации. ApEnt характеризует упорядоченность структуры кардиоритма. При увеличении регулярности, ригидности кардиоритма значения ApEnt уменьшаются [9–12].

Таблица 1

Показатели скорости проведения возбуждения по периферическим нервам верхних конечностей горнорабочих

Показатель электромиографии	Проведение импульса по периферическим нервам				
	без нарушения, n = 20	с нарушениями, n = 52			группа контроля, n = 18
		лёгкие, n = 8	умеренные, n = 28	грубые, n = 16	
Скорость распространения возбуждения:					
по моторным порциям срединных нервов, м/с	53,7 (51,2–56,8)	45,2 (43,1–48,7)	38,9 (37,8–39,2)	28,9 (28,3–29,4)	55,3 (53,2–59,1)
по сенсорным порциям локтевых и срединных нервов, м/с	52,9 (50,6–54,3)	45,1 (43,5–46,5)	36,5 (33,6–37,9)	24,5 (21,7–27,1)	55,2 (53,7–56,4)
Диапазон ЭНМГ-изменений для включения в группу, м/с	> 50	40–50	30–40	< 30	> 50
Степень нарушений	Норма	1	2	3	Норма

Критериями исключения из исследования были нарушение ритма сердца, травмы обследуемого нерва, наличие кардиостимулятора, сахарный диабет.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась на базе программы Statistica v. 10. Проводили сравнение двух независимых выборок, различия признаков оценивали с помощью критерия Манна–Уитни. Рассчитанные показатели представлены в виде медиан (*Me*) и квартилей (25 и 75%). Уровень значимости, отвечающий условию $p < 0,05$, считался статистически достоверным.

Результаты

У 20 обследуемых (27,7%) работников угольных предприятий по данным ЭНМГ не определялось признаков полинейропатии. Горнорабочие с диагностированной полинейропатией разделялись на 3 группы по степени выраженности нарушения проведения импульса по периферическим нервам. Начальные, лёгкие (1-й степени) нарушения проведения импульса определялись у 8 обследуемых (11,1%), у 28 пациентов (38,9%) – умеренные (2-й степени) нарушения проведения импульса, у 16 горнорабочих (22,3%) выявлялись грубые нарушения (3-й степени). У обследуемых из контрольной группы признаков полинейропатии не выявлено (табл. 1).

У горнорабочих, не имеющих нарушений проведения импульса по периферическим нервам, определялось статистически значимое снижение показателя HF спектра ВРС. Подобные изменения описаны у больных с сахарным диабетом на начальных стадиях, ещё до развития полинейропатии, как один из ранних признаков нарушения автономной регуляции [10, 14].

У пациентов с лёгкими нарушениями проведения импульса по периферическим нервам определялось более вы-

раженное снижение спектрального показателя HF ($p < 0,05$), увеличение показателя DFA указывает на симпатическую активацию (табл. 2).

У обследуемых с умеренными и грубыми нарушениями проводимости периферических нервов определялось прогрессирующее снижение HF-показателя спектра ВРС. При этом у пациентов с умеренными ЭНМГ-признаками полинейропатии отмечалось усиление симпатического влияния на фоне снижения парасимпатической активности, нелинейный показатель DFA смещался в сторону симпатикотонии. Статистически значимое увеличение спектрального показателя VLF у обследуемых с умеренными признаками полинейропатии указывает на усиление влияния надсегментарных вегетативных центров как одного из компенсаторных механизмов при вегетативной дисфункции [9].

У обследуемых с грубыми нарушениями проводимости по данным ЭНМГ на фоне выраженного снижения HF-показателя наблюдалось статистически значимое уменьшение показателей LF и VLF спектра ВРС, что свидетельствует о снижении симпатической активности и влияния надсегментарных вегетативных центров. В данной группе горнорабочих наблюдалось снижение нелинейного показателя энтропии, ригидность сердечного ритма приводит к нарушениям адаптации, снижению ортостатической толерантности и повышению риска развития сердечно-сосудистых осложнений [10, 13, 14].

Прогрессирующее снижение HF-показателя спектра ВРС свидетельствует о нарушении адаптивно-трофической функции парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. В данном случае часто назначаемые нейротропные и метаболические препараты будут недостаточно эффективны [14]. У обследуемых с грубыми нарушениями проводимости периферических нервов показатель DFA указывает на симпатическое преобладание, однако при полинейропатии в

Таблица 2

Показатели variability ритма сердца в обследуемых группах

Показатель variability ритма сердца	Проведение импульса по периферическим нервам				
	без нарушения, n = 20	с нарушениями, n = 52			группа контроля, n = 18
		лёгкие, n = 8	умеренные, n = 28	выраженные, n = 16	
VLF, $mc^2/Гц$	95,7 (78,9–104,5)	87,9 (82,1–91,3)	191,4* (179,3–215,1)	11,8* (9,2–13,4)	103 (85,4–109)
LF, $mc^2/Гц$	27,1 (21,4–30,2)	26,5 (20,8–27,9)	28,3 (22–31,4)	2,9* (1,8–4,5)	39,2 (34,5–42,8)
HF, $mc^2/Гц$	6,4* (11,3–5,2)	3,2* (2,8–4,7)	1,8* (1,2–2,3)	0,7* (0,3–1,1)	18,5 (15,8–24,1)
DFA, усл. ед.	0,71 (0,69–0,72)	0,84 (0,82–0,86)	0,97 (0,93–0,99)	1,09* (0,98–1,15)	0,64 (0,61–0,66)
ApEnt, усл. ед.	217,9 (198,1–224,8)	213,8 (195–217,9)	206,3 (191–209,4)	127,7* (117,6–132)	223,8 (221–235)

Примечание. * – $p < 0,05$ значимость различий в сравнении с группой контроля по критерию Манна–Уитни.

условиях нарушения трофических функций адаптационные возможности не могут быть достаточными, для профилактики осложнений рекомендуется снижение функциональных нагрузок на организм.

Обсуждение

При различных типах повреждающих воздействий наблюдается дисфункция прежде всего тонких волокон, из которых на 80% состоят периферические нервы, что клинически проявляется не только чувствительными и болевыми синдромами, но и вегетативными нарушениями [15, 16]. Однако частота вегетативных расстройств у работников угольной промышленности, оказывающих важное влияние на процесс приспособления организма к условиям профессиональной деятельности, ранее была недостаточно изученной [17, 18].

В данном исследовании показано, что возникновение и прогрессирование вегетативной дисфункции под влиянием производственных факторов приводит к развитию повреждений периферических нервов у работников угольной промышленности Кузбасса. Дисфункция парасимпатического отдела вегетативной нервной системы при воздействии производственных факторов обуславливает нарушение трофической функции тканей и органов, способствует развитию нарушений проводимости по периферическим нервам. Описаны подобные изменения у больных с сахарным диабетом, доказана необходимость назначения метаболической терапии для профилактики возникновения периферической нейропатии [14, 19].

При умеренных признаках полинейропатии характерно смещение вегетативного баланса в сторону симпатического преобладания, что способствует прогрессированию заболевания за счёт нарушения регуляции сосудистого тонуса, склонности к ангиоспазму [20–22]. Считаем важным включение в схему патогенетической терапии препаратов, улучшающих реологические свойства крови и восстанавливающих эластичность сосудистой стенки.

Полученные результаты позволяют выделить один из компенсаторных механизмов при повреждении периферических нервных волокон у горнорабочих. У лиц с умеренны-

ми повреждениями периферических нервов регистрируется усиление влияния надсегментарных вегетативных центров. При более выраженных нарушениях проводимости периферических нервов наблюдается помимо прогрессирующего уменьшения регуляторного влияния нервных волокон на кардиоритм снижение активности вегетативных центров.

Таким образом, анализ изменений ВРС, дополняющий данные клинической картины и ЭНМГ, позволяет сформировать патофизиологически обоснованные синдромы, способствует назначению оптимальной патогенетической терапии и контролю проводимого лечения, появляется дополнительная возможность прогнозирования течения заболевания [9]. Нелинейные показатели вариабельности ритма сердца эффективно дополняют данные спектрального анализа [9, 11].

Основные профилактические мероприятия, направленные на минимизацию воздействия неблагоприятных факторов производственной среды (локальное и общее вибрационное воздействие, значительное физическое перенапряжение верхних конечностей, охлаждение), включающие регламентированные перерывы на рабочем месте, санаторно-курортное лечение и внутрисменные физиотерапевтические процедуры, относятся к мерам медицинского характера и являются вторичными [23]. Метод анализа ВРС может быть отнесён к первичным профилактическим мероприятиям, где ведущая роль принадлежит экспертизе профессиональной пригодности, и использован в массовых предварительных и периодических медицинских осмотрах.

Заключение

Полученные данные подтверждают влияние вегетативной дисфункции на развитие профессиональной полинейропатии. Снижение спектральных показателей ВРС у работников угольной промышленности является ранним признаком нарушений автономной регуляции, позволяющим прогнозировать возникновение и развитие повреждений периферических нервов. Следовательно, анализ ВРС необходимо использовать в массовых предварительных и периодических медицинских осмотрах.

Литература

(п.п. 1, 4, 17–19 см. References)

- Артамонова В.Г., Мухин Н.А. *Профессиональные болезни: Учебник*. М.: Медицина; 2004.
- Флейшман А.Н. Медленные колебательные процессы гемодинамики: итоги и перспективы фундаментальных и прикладных исследований. *Медицина в Кузбассе*. 2004; 3(1): 61–3.
- Филимонов С.Н., Панев Н.И., Коротенко О.Ю., Евсеева Н.А., Данилов И.П., Зацепина О.В. Распространённость соматической патологии у работников угольных шахт с профессиональными заболеваниями органов дыхания. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(6): 381–4. DOI: <http://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-381-384>
- Мухин Н.А., Косарев В.В., Бабанов С.А., Фомин В.В. *Профессиональные болезни*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2016.
- 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.
- Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаева М.О., Кунгурова А.А. Показатели взаимосвязи вариабельности ритма сердца с уровнями гликемии и холестерина при вибрационной патологии. *Медицина труда и промышленная экология*. 2019; 59(6): 359–63. DOI: <http://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-359-363>
- Мартьянов И.Д. Ранняя диагностика нарушений регуляции гемодинамики в ортостазе. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2016; 1(5): 30–4.
- Флейшман А.Н., Кораблина Т.В., Халиулин И.Г., Петровский С.А., Неретин А.А. Половые различия VLF100 и VLF50 спектра вариабельности ритма сердца у здоровых лиц молодого возраста и старшего с сосудистой патологией в условиях seven-test, гипервентиляции и ортостаза. *Медицина в Кузбассе*. 2017; 16(4): 23–33.
- Флейшман А.Н. *Вариабельность ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике*. Новосибирск; 2009.
- Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаева М.О. Коморбидные состояния у больных вибрационной болезнью. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(7): 718–22. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-7-718-722>
- Кочетова О.А., Малькова Н.Ю. Изучение условий труда у лиц с профессиональной полинейропатией верхних конечностей. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 636–41. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-636-640>
- Герус А.Ю., Флейшман А.Н. Особенности вариабельности ритма сердца у больных с сахарным диабетом 2 типа. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Биология, клиническая медицина*. 2010; 8(1): 96–100.
- Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Волковская И.В. Вариабельность сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование. *Анналы аритмологии*. 2009; 6(4): 21–32.
- Чекеева Н.Т., Шлейфер С.Г., Бебинов Е.М. Показатели вариабельности сердечного ритма у больных с цереброваскулярной патологией в условиях низкогогорья. *Нейрохирургия и неврология Казахстана*. 2018; (2): 51.
- Аманбеков У.А., Баттакова Ш.Б., Отарбаева М.Б., Фазылова Д.А., Абдикулова А.А. Состояние вегетативной нервной системы при вибрационной болезни у горнорабочих. *Медицина труда и промышленная экология*. 2006; (4): 8–10.
- Алейникова Т.В. Вариабельность сердечного ритма (обзор литературы). *Проблемы здоровья и экологии*. 2012; (1): 17–23.
- Супонева Н.А., Белова Н.В., Зайцева Н.И., Юсупова Д.Г., Лагода Д.Ю., Корепина О.С. и соавт. Невропатия тонких волокон. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017; 11(1): 73–9.
- Бабанов С.А., Бараева Р.А. Полинейропатии: дифференциальный диагноз, особенности фармакотерапии. *Врач*. 2014; (5): 13–9.

References

1. Kapuścińska K., Urbanik A. High-frequency ultrasound in carpal tunnel syndrome: assessment of patient eligibility for surgical treatment. *J Ultrason.* 2015; 15(62): 283–91. DOI: <http://doi.org/10.15557/JoU.2015.0025>
2. Artamonova V.G., Mukhin N.A. *Occupational Diseases: A Textbook [Professional'nye bolezni: Uchebnik]*. Moscow: Meditsina; 2004. (in Russian)
3. Fleishman A.N. Slow oscillatory processes of hemodynamics: results and prospects of fundamental and applied research. *Meditsina v Kuzbasse.* 2004; 3(1): 61–3. (in Russian)
4. Gemne G. Pathophysiology of white fingers in workers using hand-held vibration tools. *Nagoya J Med Sci.* 1994; 57(Suppl.): 87–97.
5. Filimonov S.N., Panev N.I., Korotenko O.Yu., Evseeva N.A., Danilov I.P., Zatsepina O.V. Prevalence of somatic pathology in coal mine workers with occupational respiratory diseases. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 59(6): 381–4. DOI: <http://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-381-384> (in Russian)
6. Mukhin N.A., Kosarev B.B., Babanov S.A., Fomin V.V. *Occupational Diseases [Professional'nye bolezni]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2016. (in Russian)
7. Yan'shina E.N., Lyubchenko P.N., Yan'shin N.P., Kasatkina L.F., Samoylov M.I. Multiple local involvement of peripheral nerves in workers suffering from occupational hands disorders. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2009; (2): 24–8. (in Russian)
8. Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Gidayatova M.O., Kungurova A.A. Indicators of the relationship between heart rate variability and levels of glycemia and cholesterol in vibration pathology. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2019; 59(6): 359–63. DOI: <http://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-6-359-363> (in Russian)
9. Martynov I.D. Early diagnosis of the hemodynamic regulation disorders in orthostasis. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiyskoy akademii meditsinskikh nauk.* 2016; 1(5): 30–4. (in Russian)
10. Fleishman A.N., Korablina T.V., Khaliulin I.G., Petrovskiy S.A., Neretin A.A. Sex differences of VLF100 and VLF50 spectrum of heart rate variability in healthy individuals of young age and older subjects with vascular pathology in terms of seven-test, hyperventilation and orthostasis. *Meditsina v Kuzbasse.* 2017; 16(4): 23–33. (in Russian)
11. Fleishman A.N. *Heart Rate Variability and Slow Hemodynamic Oscillations: Nonlinear Phenomena in Clinical Practice [Variabel'nost' ritma serdtsa i medlennyye kolebaniya gemodinamiki: nelineynyye yenyeny v klinicheskoy praktike]*. Novosibirsk; 2009. (in Russian)
12. Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Gidayatova M.O. Comorbid conditions in the vibration disease patients. *Gigiena i sanitariya.* 2019; 98(7): 718–22. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-7-718-722> (in Russian)
13. Kochetova O.A., Mal'kova N.Yu. Study of working conditions in patients with occupational polyneuropathy of upper extremities. *Gigiena i sanitariya.* 2017; 96(7): 636–41. DOI: <http://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-636-640> (in Russian)
14. Gerus A.Yu., Fleishman A.N. Features of heart rate variability at sick with type 2 diabetes. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya meditsina.* 2010; 8(1): 96–100. (in Russian)
15. Bokeriya L.A., Bokeriya O.L., Volkovskaya I.V. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use. *Annaly aritmologii.* 2009; 6(4): 21–32. (in Russian)
16. Chekeeva N.T., Shleyfer S.G., Bebinov E.M. Conditions of the heart rate variability in patients with cerebrovascular pathology in low-mountain area. *Neyrokhirurgiya i nevrologiya Kazakhstana.* 2018; (2): 51. (in Russian)
17. Malik R.A., Veves A., Tesfaye S., Smith G., Cameron N., Zochodne D., et al. Small fibre neuropathy: role in the diagnosis of diabetic sensorimotor polyneuropathy. *Diabetes Metab. Res. Rev.* 2011; 27(7): 678–84. DOI: <http://doi.org/10.1002/dmrr.1222>
18. Serra J., Collado A., Solà R., Antonelli F., Torres X., Salgueiro M. et al. Hyperexcitable C nociceptors in fibromyalgia. *Ann. Neurol.* 2014; 75(2): 196–208. DOI: <http://doi.org/10.1002/ana.24065>
19. Van Acker N., Ragé M., Slyudts E., Knaapen M.W., De Bie M., Timmers M. et al. Automated PGP9.5 immunofluorescence staining: a valuable tool in the assessment of small fiber neuropathy? *BMC Res Notes.* 2016; 9: 280. DOI: <http://doi.org/10.1186/s13104-016-2085-4>
20. Amanbekov U.A., Battakova Sh.B., Otarbaeva M.B., Fazylova D.A., Abdikulova A.A. State of autonomous nervous system in vibration disease in miners. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya.* 2006; (4): 8–10. (in Russian)
21. Aleynikova T.V. Heart rate variability (literature review). *Problemy zdorov'ya i ekologii.* 2012; (1): 17–23. (in Russian)
22. Suponeva N.A., Belova N.V., Zaytseva N.I., Yusupova D.G., Lagoda D.Yu., Korepina O.S. et al. Small fiber neuropathy. *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii.* 2017; 11(1): 73–9. (in Russian)
23. Babanov S.A., Baraeva R.A. Polyneuropathy: differential diagnosis, features of pharmacotherapy. *Vrach.* 2014; (5): 13–9. (in Russian)