

Влияние нарушений вегетативной регуляции на развитие профессиональной полинейропатии верхних конечностей у горнорабочих Кузбасса

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний», ул. Кутузова, 23, Новокузнецк, Россия, 654041

Введение. Активная разработка угольных месторождений в Кузбассе, с его неблагоприятными климатическими и экологическими условиями, обуславливают необходимость изучения профессиональных заболеваний работников данной отрасли. Одним из наиболее распространенных профессионально обусловленных заболеваний горнорабочих является полинейропатия верхних конечностей.

Цель исследования — оценка влияния вегетативных нарушений на течение профессиональной полинейропатии верхних конечностей у работников угольной промышленности Кузбасса с использованием различных способов анализа вариабельности ритма сердца.

Материалы и методы. Обследованы 52 работника угольных предприятий в возрасте от 43 до 64 лет с установленным диагнозом «полинейропатия верхних конечностей». Группу контроля составили 16 здоровых добровольцев аналогичного возраста, занимающиеся преимущественно умственным или легким физическим трудом. Для оценки степени поражения периферических нервных волокон проводилась электронеуромиография. Использовались спектральные и нелинейные показатели вариабельности ритма сердца для определения состояния вегетативной регуляции. Для оценки статистической значимости различий между исследуемыми группами использовался критерий Манна-Уитни.

Результаты. По степени выраженности нарушений проведения импульса по периферическим нервам выделено 3 группы пациентов с полинейропатией. У обследуемых с легкими, начальными нарушениями проведения импульса ($n=8$, 15,4%) определяется снижение парасимпатического влияния, проявляющееся статистически значимым уменьшением мощности высокочастотных колебаний спектра вариабельности ритма сердца. При умеренных признаках полинейропатии (28 наблюдений, 53,9%) отмечается смещение вегетативного баланса в сторону симпатической активации; статистически значимое увеличение очень низкочастотных колебаний вариабельности ритма сердца указывает на усиление влияния надсегментарных вегетативных центров. У обследуемых с грубыми нарушениями проведения импульсов по периферическим нервам ($n=16$, 30,7%) наблюдается снижение мощности колебаний во всех частотных диапазонах вариабельности ритма сердца.

Заключение. Полученные данные подтверждают влияние вегетативной регуляции на течение профессиональной полинейропатии.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма; нейропатия тонких волокон; профессиональная полинейропатия; горнорабочие

Для цитирования: Гидаятowa М.О., Флейшман А.Н., Ямщикова А.В., Мартынов И.Д. Влияние нарушений вегетативной регуляции на развитие профессиональной полинейропатии верхних конечностей у горнорабочих Кузбасса. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (3). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-162-166>

Для корреспонденции: Гидаятowa Маргарита Олеговна, науч. сотр. лаб. прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «НИИ КППГПЗ». E-mail: samodurova.margarita@mail.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Influence of violations of autonomic regulation on the development of occupational polyneuropathy of the upper extremities in Kuzbass miners

Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, 23, Kutuzova Str., Novokuznetsk, Russia, 654041

Introduction. Active coal mining in Kuzbass, with its unfavorable climatic and environmental conditions, necessitates the study of occupational diseases of workers in this industry. One of the most common occupationally caused diseases of miners is polyneuropathy of the upper extremities.

The aim of the study is to assess the effect of autonomic disorders on the course of occupational upper limb polyneuropathy in workers of the Kuzbass coal industry using various methods of analyzing heart rate variability.

Materials and methods. 52 employees of coal enterprises aged from 43 to 64 years with the established diagnosis of “polyneuropathy of the upper extremities” were examined. The control group consisted of 16 healthy volunteers of the same age, engaged mainly in mental or light physical labor. Electroneuromyography was performed to assess the degree of damage to peripheral nerve fibers. Spectral and nonlinear parameters of heart rate variability were used to determine the state of autonomic regulation. The Mann-Whitney criterion was used to assess the statistical significance of differences between the study groups.

Results. 3 groups of patients with polyneuropathy were identified according to the severity of violations of impulse conduction in the peripheral nerves. In subjects with mild, initial disturbances of pulse conduction ($n=8$, 15.4%), a decrease in parasympathetic influence is determined, which is manifested by a statistically significant decrease in the power of high-

frequency oscillations of the heart rate variability spectrum. With moderate signs of polyneuropathy (28 cases, 53.9%), there is a shift in the autonomic balance towards sympathetic activation; a statistically significant increase in very low-frequency fluctuations in heart rate variability indicates an increase in the influence of suprasegmental autonomic centers. In subjects with gross violations of the peripheral nerve impulses ($n=16$, 30.7%), there is a decrease in the power of oscillations in all frequency ranges of heart rate variability.

Conclusions. The obtained data confirm the influence of autonomic regulation on the course of occupational polyneuropathy.

Keywords: heart rate variability; fine fiber neuropathy; occupational polyneuropathy; miners

For citation: Gidayatova M.O., Fleishman A.N., Yamschikova A.V., Martynov I.D. Influence of violations of autonomic regulation on the development of occupational polyneuropathy of the upper extremities in Kuzbass miners. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (3). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-162-166>

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

ORCIDs: Gidayatova M.A. 0000-0002-8003-036X, Fleishman A.N. 0000-0002-2823-4074, Yamschikova A.V. 0000-0002-6609-8923, Martynov I.D. 0000-0001-5098-9185

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Неблагоприятные климатические и экологические условия, активная разработка угольных месторождений Кузбасса обуславливают необходимость изучения профессиональных заболеваний работников угольной промышленности в данных условиях [1]. Полинейропатия верхних конечностей является одним из наиболее распространенных профессионально обусловленных заболеваний у шахтеров [2,3]. Воздействие производственной вибрации, переохлаждение, микротравматизация и физические перегрузки приводят к повреждению нервных волокон, снижению упругости кровеносных сосудов, перенапряжению скелетной мускулатуры [3,4] и развитию полинейропатии [5]. Однако вопросы ранней диагностики профессиональных полинейропатий остаются недостаточно изученными, несмотря на широкую распространенность заболевания [6–10].

Анализ variability ритма сердца (ВРС) позволяет определить характер и степень выраженности вегетативных нарушений [11–15].

Цель исследования — оценка влияния нарушений вегетативной регуляции на течение профессиональной полинейропатии верхних конечностей у работников угольной промышленности Кузбасса с использованием различных способов анализа ВРС.

Материалы и методы. Были обследованы 52 пациента мужского пола, возраст от 43 до 64 лет ($M=51,8$ (48,6–53,7) года), с установленным диагнозом «полинейропатия верхних конечностей». Пациентами являлись горнорабочие следующих профессий: подземный проходчик, ГРОЗ, машинист горных выемочных машин и другие; рабочий стаж составил от 16 до 37 лет. В контрольную группу включены 16 обследуемых (возраст от 43 лет до 61 года, $M=51$ (45,8–54,5) год), занимающихся преимущественно умственным или легким физическим трудом, без признаков полинейропатии. Исследование одобрено биоэтическим комитетом, все обследуемые подписали добровольное информированное согласие.

Для оценки степени поражения периферических двигательных и чувствительных нервных волокон была проведена электронейромиография (ЭНМГ) на электромиографе «Нейро МВП–5» (Нейрософт, Россия). У обследуемых контрольной группы не определялось нарушений проведения импульса по двигательным и чувствительным нервам верхних конечностей по данным ЭНМГ, клинических симптомов полинейропатии не было.

Критерии исключения из исследования: травмы обследуемого нерва, сахарный диабет, нарушение ритма сердца, наличие кардиостимулятора.

Всем обследуемым выполнялась запись пятиминутных участков кардиоритма (содержащих по 256 межсистолических интервалов) на компьютерном электрокардиографе «Нейрософт Полиспектр 8Е». Спектральный анализ ВРС 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-колебания отражают 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 $mc^2/Гц$ [12].

Рассчитывались нелинейные показатели ВРС: аппроксимированная энтропия (ApEnt) и детрентный флуктуационный анализ (DFA). ApEnt характеризует упорядоченность структуры кардиоритма. При увеличении регулярности, ригидности кардиоритма значения ApEnt уменьшаются. Показатель DFA позволяет оценить вегетативный тонус; состояние относительного вегетативного равновесия (эйтонии) определяется в диапазоне 0,6–0,7, большие значения свидетельствуют о симпатической активации [16].

Статистическая обработка данных осуществлялась с использованием программы Statistica v. 10. Сравнивались две независимые выборки, различия признаков между группами оценивались с помощью критерия Манна-Уитни. Данные представлены в виде медиан (M) и квартилей (25 и 75%). Статистически достоверными считались различия, уровень значимости которых отвечал условию $p < 0,05$.

Результаты. Выраженность степени нарушений проведения импульса по периферическим нервам верхних конечностей позволила выделить 3 группы пациентов с полинейропатией (табл. 1). В первую группу вошли пациенты с легкими, начальными (1 степени) нарушениями проведения импульса ($n=8$), во вторую — пациенты с умеренными (2 степени) нарушениями проведения импульса ($n=28$). Грубые нарушения (3 степени) выявлялись у 16 обследуемых, которые составили третью группу.

У обследуемых с легкими нарушениями проведения импульса по периферическим нервам определялось снижение

парасимпатического влияния в виде статистически значимого уменьшения HF-показателя спектра ВРС (табл. 2).

У обследуемых с умеренными и выраженными нарушениями проведения импульса по периферическим нервам наблюдалось прогрессирующее снижение HF-показателя спектра ВРС. Подобные изменения определяются, в частности, у больных с сахарным диабетом [12,16,17].

У обследуемых с умеренными признаками полинейропатии нелинейный показатель DFA смещается в сторону симпатикотонии. Статистически значимое увеличение спектрального показателя VLF у обследуемых данной группы указывает на усиление влияния надсегментарных вегетативных центров, как одного из компенсаторных механизмов при нарушениях автономной вегетативной регуляции [16].

Для обследуемых с грубыми нарушениями проведения импульсов по данным ЭНМГ характерно снижение симпатической активности и влияния надсегментарных вегетативных центров, статистически значимо снижены показатели LF и VLF спектра ВРС, а также нелинейный показатель энтропии. Ригидность сердечного ритма обуславливает нарушение адаптации к любым нагрузкам, повышается риск развития сердечно-сосудистых осложнений, нарушения ортостатической толерантности [15,16]. Грубое снижение HF-компонента спектра ВРС свидетельствует о нарушении адаптивно-трофической функции парасимпатического отдела нервной системы.

Показатель DFA у пациентов с грубыми нарушениями проведения импульса по периферическим нервам указывает на симпатическое преобладание, однако в условиях нарушения трофических функций при полинейропатии адаптационные возможности не могут быть достаточными, для профилактики осложнений требуется снижение функциональных нагрузок на организм.

Обсуждение. Периферические нервы состоят из толстых и тонких нервных волокон [18]. До 80% составляют тонкие волокна [19], их дисфункция развивается быстрее

и клинически проявляется не только чувствительными и болевыми синдромами, но и вегетативными нарушениями [20,21]. Частота вегетативных расстройств, имеющих важную роль в процессе приспособления организма к условиям профессиональной деятельности, ранее была недостаточно изучена [11].

В проведенном исследовании показано, что нарушение вегетативной регуляции способствует прогрессированию повреждений периферических нервов при профессиональной патологии у работников угольной промышленности на территории Кузбасса. Наиболее рано вовлекаются волокна парасимпатического отдела вегетативной нервной системы, что приводит к нарушению трофической функции иннервируемых органов и тканей. Подобные изменения описаны при полинейропатии у больных сахарным диабетом, показана необходимость назначения метаболической терапии для профилактики прогрессирования нарушений [17].

Установлено, что смещение вегетативного баланса в сторону симпатического преобладания, способствует прогрессированию заболевания за счет нарушения регуляции сосудистого тонуса, приводящего к ангиоспазму [11]. Представляется важным включение в схему патогенетической терапии препаратов, улучшающих реологические свойства крови и восстанавливающих эластичность сосудистой стенки.

Полученные данные позволили выделить один из компенсаторных механизмов при повреждении периферических вегетативных волокон у работников угольных предприятий. Усиление влияния надсегментарных вегетативных центров регистрируется у лиц с умеренными повреждениями периферических нервов. При более выраженных нарушениях проводимости по периферическим нервам наблюдали, помимо прогрессирующего уменьшения регуляторного влияния нервных волокон на кардиоритм, снижение активности надсегментарных вегетативных центров, что косвенно свидетельствует об их влиянии на течение заболевания. В усло-

Таблица 1 / Table 1

Показатели проводимости периферических нервов верхних конечностей
Indicators of conduction of peripheral nerves of the upper extremities

ЭНМГ-показатель	Группа 1 (n=8)	Группа 2 (n=28)	Группа 3 (n=16)	Контрольная группа (n=16)
Скорость распространения возбуждения по дистальным отрезкам моторных волокон срединных нервов, м/с	45,2 (43,1–48,7)	38,9 (37,8–39,2)	28,9 (28,3–29,4)	55,3 (53,2–59,1)
Скорость распространения возбуждения по сенсорным волокнам срединных и локтевых нервов, м/с	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	40–50	30–40	<30	>50
Степень нарушений	1	2	3	норма

Таблица 2 / Table 2

Показатели вариабельности ритма сердца в исследуемых группах
Indicators of heart rate variability in the study groups

Показатель вариабельности ритма сердца	Группа 1 (n=8)	Группа 2 (n=28)	Группа 3 (n=16)	Группа 4 (контрольная) (n=16)
VLF (мс ² /Гц)	87,9	191,4*	11,8*	103
LF (мс ² /Гц)	26,5	28,3	2,9*	39,2
HF (мс ² /Гц)	9,7*	8,6*	0,7*	18,5
DFA (усл. ед.)	0,56	0,97	0,89	0,64
ApEnt (усл. ед.)	213,8	206,3	127,7*	223,8

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

Note: * — $p < 0,05$, significance of differences in comparison with the control group according to the Mann-Whitney criterion.

виях нарушения вегетативной регуляции возрастает риск сердечно-сосудистых осложнений [12].

Возможность применения ВРС в дополнительной диагностике состояний профессиональной дезадаптации и повышении эффективности реабилитационных мероприятий обуславливает необходимость использования данной методики [22]. Анализ 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 [16,23]. Нелинейные показатели variability ритма сердца эффективно дополняют данные спектрального анализа [12,14].

Таким образом, полученные данные подтверждают влияние нарушений вегетативной регуляции на развитие профессиональной полинейропатии, до сих пор остающееся дискуссионным вопросом [2,4,14,20,24].

Заключение. У горнорабочих с начальными проявлениями нарушения проведения импульса по периферическим нервам наблюдается нарушение адаптивно-трофической функции вегетативных волокон, способствующее дальнейшему прогрессированию заболевания. У лиц с грубыми повреждениями периферических нервов наблюдается снижение компенсаторных возможностей за счет уменьшения участия в процессах регуляции надсегментарных вегетативных центров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Филимонов С.Н., Панев Н.И., Коротенко О.Ю., Евсеева Н.А., Данилов И.П., Зацепина О.В. Распространенность соматической патологии у работников угольных шахт с профессиональными заболеваниями органов дыхания. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; (6): 381–4. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-381-384.
2. Мухин Н.А., Косарев В.В., Бабанов С.А., Фомин В.В. *Профессиональные болезни*. М.: Гэотар-медиа; 2016.
3. 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. *Мед. труда и пром. экол.* 2009; (2): 24–8.
4. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаева М.О. Коморбидные состояния у больных вибрационной болезнью. *Гигиена и сан.* 2019; (7): 718–22.
5. Воробьева Е.В., С.А. Бабанов. Особенности неврологических проявлений при вибрационной болезни от действия локальной и общей вибрации. *Нов. мед. технол.* 2010; (7): 43–9.
6. Кочетова О.А., Малькова Н.Ю. Изучение условий труда у лиц с профессиональной полинейропатией верхних конечностей. *Гигиена и сан.* 2017; (7): 636–41.
7. Русанова Д.В., Катаманова Е.В., Лахман О.А., ред. *Применение электронейромиографии в клинике профессиональных заболеваний: учебное пособие*. Иркутск: РИО ИГМАПО; 2018.
8. Русанова Д.В., Лахман О.А. Эффективность применения электро-нейромиографии в диагностике профессиональных заболеваний. *Бюллетень ВСНЦ СО РАМН*. 2013; (3): 34–9.
9. Потеряева Е.Л., Лосева М.И., Бекенева Т.И., Таранов Т.И. Нарушение гормональной регуляции в патогенезе вибрационной болезни. *Мед. труда и пром. экол.* 2001; (9): 10–2.
10. Аманбеков У.А., Баттакова Ш.Б., Отарбаева М.Б., Фазылова Д.А., Абдикулова А.А. Состояние вегетативной нервной системы при вибрационной болезни у горнорабочих. *Мед. труда и пром. экол.* 2006; (4): 8–10.

11. Мартынов И.Д., Флейшман А.Н. Нарушения вегетативной регуляции и компенсаторные возможности при ортостатических нагрузках у больных с нейрогенными обмороками (на основе спектрального анализа variability ритма сердца). *Вестник науки Сибири*. 2015; (S1(15)): 303–13.

12. Вейн А.М. *Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение*. М.: Медицинское информационное агентство; 2003.

13. Флейшман А.Н., Кораблина Т.В., Халиулин И.Г., Петровский С.А., Неретин А.А. Половые различия VLF 100 и VLF 50 спектра variability ритма сердца у здоровых лиц молодого возраста и старшего с сосудистой патологией в условиях seven-test, гипервентиляции и ортостаза. *Мед. в Кузбассе*. 2017; 16(4): 23–33.

14. Алейникова Т.В. Variability сердечного ритма (обзор литературы). *Проблемы здоровья и экологии*. 2012; (1): 17–23.

15. Флейшман А.Н. *Variability ритма сердца и медленные колебания гемодинамики: нелинейные феномены в клинической практике*. 2-е изд. Новосибирск; 2009.

16. Герус А.Ю., Флейшман А.Н. Особенности variability ритма сердца у больных с сахарным диабетом 2 типа. *Вестник НГУ*. 2010; 8(1): 96–100.

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: 10.1002/dmrr.1222.

18. Serra J., Collado A., Sola R., Antonelli F., Torres X., Salgueiro M. et al. Hyperexcitable C nociceptors in fibromyalgia. *Ann Neurol.* 2014; 75(2): 196–208. DOI: 10.1002/ana.24065.

19. Van Acker N., Rage 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: 10.1186/s13104-016-2085-4.

20. Супонева Н.А., Белова Н.В., Зайцева Н.И., Юсупова Д.Г., Лагода Д.Ю., Корепина О.С. Невропатия тонких волокон. *Анналы клин. и эксперим. неврол.* 2017; 11(1): 73–9.

21. Бокерия Л.А., Бокерия О.Л., Волковская И.В. Variability сердечного ритма: методы измерения, интерпретация, клиническое использование. *Анналы аритмол.* 2009; 6(4): 21–32.

22. Чекеева Н.Т., Шлейфер С.Г., Бебинов Е.М. Показатели variability сердечного ритма у больных с цереброваскулярной патологией в условиях низкогорья. *Нейрохирургия и неврология Казахстана*. 2018; (2): 51.

23. Ямщикова А.В., Флейшман А.Н., Гидаева М.О., Кунгурова А.А. Показатели взаимосвязи variability ритма сердца с уровнями гликемии и холестерина при вибрационной патологии. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; (6): 359–63. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-359-363.

REFERENCES

1. 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. *Med. труда i prom. ekol.* 2019; (6): 381–4. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-381-384 (in Russian).
2. Mukhin N.A., Kosarev B.B., Babanov S.A., Fomin V.V. *Occupational diseases*. Moscow: GEOTAR-Media; 2016 (in Russian).
3. 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. *Med. труда i prom. ekol.* 2009; (2): 24–8. (in Russian).

4. Yamshchikova A.V., Fleishman A.N., Gidayatova M.O. Comorbid conditions in the vibration disease patients. *Gigiena i sanitariya*. 2019; (7): 718–22 (in Russian).
5. Vorob'eva E.V., Babanov S.A. Features of neurological manifestations in vibration disease from the action of local and whole-body vibration. *Novye meditsinskie tekhnologii*. 2010; (7): 43–9 (in Russian).
6. Kochetova O.A., Mal'kova N.Yu. Study of working conditions in patients with occupational polyneuropathy of upper extremities. *Gigiena i sanitariya*. 2017; (7): 636–41 (in Russian).
7. Rusanova D.V., Katamanova E.V., Lakhman O.L., eds. *The use of electro-neuromyography in the clinic of occupational diseases: A training manual*. Irkutsk: RIO IGMAPO; 2018 (in Russian).
8. Rusanova D.V., Lakhman O.L. Efficiency of using electro-neuromyography in diagnostics of occupational diseases. *Byulleten' VSNTS SO RAMN*. 2013; (3): 34–9 (in Russian).
9. Poteryaeva E.L., Loseva M.I., Bekeneva T.I., Taranov T.I. Violation of hormonal regulation in the pathogenesis of vibration disease. *Med. truda i prom. ecol*. 2001; (9): 10–2 (in Russian).
10. Amanbekov U.A., Battakova Sh.B., Otalbaeva M.B., Fazylova D.A., Abdikulova A.A. The state of the autonomic nervous system in vibration disease in miners. *Med. truda i prom. ecol*. 2006; (4): 8–10 (in Russian).
11. Martynov I.D., Fleishman A.N. Disturbances of vegetative regulation and compensator opportunities for ortostatic loads in patients with neurogenic functions (based on spectral analysis of variability of heart rhythm). *Vestnik nauki Sibiri*. 2015; (S1(15)): 303–13 (in Russian).
12. Veyn A.M. *Autonomic disorders: clinical picture, diagnostics, treatment*. Moscow: Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo; 2003 (in Russian).
13. Fleishman A.N., Korablina T.V., Haliulin I.G., Petrovskiy S.A., Neretin A.A. Sex differences in VLF 100 and VLF 50 spectrum of heart rate variability in healthy young and older persons with vascular pathology in seven-test, hyperventilation and orthostasis. *Meditsina v Kuzbasse*. 2017; 16(4): 23–33 (in Russian).
14. Aleynikova T.V. Heart rate variability (literature review). *Problemy zdorov'ya i ekologii*. 2012; (1): 17–23 (in Russian).
15. Fleishman A.N. *Heart rate variability and slow hemodynamic oscillations: nonlinear phenomena in clinical practice*. 2nd ed. Novosibirsk; 2009 (in Russian).
16. Gerus A.Ju., Fleishman A.N. Features of heart rate variability in patients with type 2 diabetes mellitus. *Vestnik NGU. Seriya: Biologiya, klinicheskaya medicina*. 2010; 8(1): 96–100 (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: 10.1002/dmrr.1222.
18. Serra J., Collado A., Sola R., Antonelli F., Torres X., Salgueiro M. et al. Hyperexcitable C nociceptors in fibromyalgia. *Ann Neurol*. 2014; 75(2): 196–208 DOI: 10.1002/ana.24065.
19. Van Acker N., Rage 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: 10.1186/s13104-016-2085-4.
20. Suponeva N.A., Belova N.V., Zaitseva N.I., Yusupova D.G., Lagoda D.Yu., Korepina O.S. Small fiber neuropathy. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2017; 11(1): 73–9 (in Russian).
21. Bokeriya L.A., Bokeriya O.L., Volkovskaya I.V. Heart rate variability: measurement methods, interpretation, clinical use. *Analit aritmologii*. 2009; 6(4): 21–32 (in Russian).
22. Chekeeva N.T., Shleyfer S.G., Bebinov E.M. Indicators of heart rate variability in patients with cerebrovascular pathology in the conditions of low mountains. *Neyrokhirurgiya i nevrologiya Kazakhstana*. 2018; (2): 51 (in Russian).
23. 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. *Med. truda i prom. ecol*. 2019; 59 (6): 359–63. DOI: 10.31089/1026-9428-2019-59-6-359-363 (in Russian).

Дата поступления / Received: 26.12.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 17.02.2020

Дата публикации / Published: 03.2020