



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

Транскраниальная магнитная стимуляция префронтальной коры головного мозга для коррекции вегетативных нарушений у шахтёров с полиневропатией

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

Введение. Полиневропатия является наиболее распространённой профессионально обусловленной неврологической патологией. Нарушение деятельности центральных звеньев вегетативной регуляции вследствие избыточной афферентной импульсации с рецепторов кожи и других тканей конечностей приводит к симпатической активации и ангиоспазму, прогрессированию полиневропатии. Снижение парасимпатического влияния является причиной системных трофических нарушений. Возможность транскраниальной магнитной стимуляции префронтальной коры открывает новые терапевтические возможности для коррекции вегетативных нарушений при профессионально обусловленных полиневропатиях.

Цель исследования — оценить эффект транскраниальной магнитной стимуляции дорсолатеральной зоны префронтальной коры правого полушария для коррекции нейровегетативных нарушений у горнорабочих с полиневропатией.

Материалы и методы. Были обследованы 42 горнорабочих угледобывающих шахт Кузбасса с установленным диагнозом полиневропатии верхних конечностей. Для выявления вегетативной дисрегуляции использовали «Опросник для выявления признаков вегетативных изменений», спектральные и нелинейные показатели кардиоритма. Проводилась низкочастотная (1 Гц) транскраниальная магнитная стимуляция дорсолатеральной зоны префронтальной коры правого полушария курсом из 5 процедур по специально разработанной методике.

Результаты. У обследованных горнорабочих исходно определялось снижение нелинейных и спектральных показателей вариабельности ритма сердца, что свидетельствовало о снижении адаптационных возможностей, усилении симпатического влияния. После проведения курса магнитной стимуляции наблюдалось улучшение общего самочувствия и нормализация автономной регуляции по данным опросника. Увеличение спектральных показателей вариабельности ритма сердца, более выраженное в диапазоне очень низких частот, свидетельствует об активации надсегментарных вегетативных центров и усилении парасимпатического влияния.

Заключение. Транскраниальная магнитная стимуляция префронтальной коры эффективна в коррекции вегетативных нарушений у горнорабочих с полиневропатией, способствует увеличению адаптационных возможностей за счёт активации надсегментарных вегетативных центров.

Ключевые слова: горнорабочие с полиневропатией; транскраниальная магнитная стимуляция; вариабельность ритма сердца; вегетативные нарушения; адаптация

Для цитирования: Гидаятова М.О., Мартынов И.Д., Ямщикова А.В., Флейшман А.Н. Транскраниальная магнитная стимуляция префронтальной коры головного мозга для коррекции вегетативных нарушений у шахтёров с полиневропатией. *Гигиена и санитария.* 2021; 100 (7): 679-682. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-679-682>

Для корреспонденции: Гидаятова Маргарита Олеговна, науч. сотр. лаб. прикладной нейрофизиологии ФГБНУ «НИИ КППЗ», 654041, Новокузнецк, Россия. E-mail: samodurova.margarita@mail.ru

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

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

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

Заключение комитета по биомедицинской этике НИИ КППЗ: исследование выполнено неинвазивными методами и соответствует этическим стандартам биоэтического комитета НИИ КППЗ, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных 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.

Поступила 11.05.2021 / Принята к печати 18.05.2021 / Опубликовано 31.07.2021

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

Effectiveness of transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex for the correction of autonomic disorders in miners with polyneuropathy

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

Introduction. Polyneuropathy is the most common occupational neurological pathology. Violation of the activity of the central links of autonomic regulation due to excessive afferent impulses from the receptors of the skin and other tissues of the extremities leads to sympathetic activation and angiospasm, the progression of polyneuropathy. A decrease in the parasympathetic influence is the cause of systemic trophic disturbances. The possibility of transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex opens up new therapeutic opportunities to correct the autonomic disorders in occupationally caused polyneuropathy.

The aim of the study was to evaluate the effect of transcranial magnetic stimulation of the dorsolateral zone in the prefrontal cortex of the right hemisphere for the correction of neuroautonomic disorders in miners with polyneuropathy.

Material and methods. Forty-two miners of the Kuzbass coal mines with a proven diagnosis of upper extremity polyneuropathy were examined. To identify autonomic dysregulation, the “Questionnaire for revealing the signs of autonomic changes”, spectral and nonlinear indices of cardio rhythm were used. Low-frequency (1 Hz) transcranial magnetic stimulation of the dorsolateral zone of the prefrontal cortex of the right hemisphere was performed in the course of 5 procedures according to a specially elaborated methodology.

Results. In the examined miners, a decrease in the nonlinear and spectral indices of heart rate variability was initially determined, which indicated reducing adaptive capabilities, an increase in sympathetic influence. After the magnetic stimulation course, there was an improvement in general well-being and normalization of autonomous regulation according to the questionnaire. An increase in the spectral indices of the heart rate variability, more pronounced in the range of very low frequencies, indicated the activation of suprasegmental autonomic centers and an increase in parasympathetic influence.

Conclusions. Transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex effectively corrects autonomic disorders in miners with polyneuropathy and promotes an increase in adaptive capabilities due to the activation of suprasegmental autonomic centres.

Keywords: miners with polyneuropathy; transcranial magnetic stimulation; heart rate variability; autonomic disorders; adaptation

For citation: Gidayatova M.O., Martynov I.D., Yamshchikova A.V., Fleishman A.N. Effectiveness of transcranial magnetic stimulation of the prefrontal cortex for the correction of autonomic disorders in miners with polyneuropathy. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100 (7): 679–682. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-7-679-682> (In Russ.)

For correspondence: Margarita O. Gidayatova, MD, researcher of the applied neurophysiology laboratory of the 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>; Yamshchikova A.V., <https://orcid.org/0000-0002-6609-8923>

Martynov I.D., <https://orcid.org/0000-0001-5098-9185>; Fleishman A.N., <https://orcid.org/0000-0002-2823-4074>

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

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

Conclusion of the biomedical ethics committee of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases: the study was carried out by non-invasive methods and complies with the ethical standards of the bioethical committee of the Research Institute for Complex Problems of Hygiene and Occupational Diseases, developed in accordance with the Declaration of the Russian Federation “, approved by the Order of the Ministry of Health of the Russian Federation No. 266 of June 19, 2003.

Received: May 11, 2021 / Accepted: May 18, 2021 / Published: July 31, 2021

Введение

Вегетативно-сенсорная полинейропатия является наиболее распространённой профессионально обусловленной неврологической патологией [1, 2]. Статические и динамические нагрузки, механическая микротравматизация и влияние вибрации, температурный фактор (охлаждение) являются причинами развития полинейропатии верхних конечностей у шахтёров [3–5].

Избыточные афферентные импульсы с рецепторов кожи и других тканей конечностей вызывают изменение деятельности центральных звеньев вегетативной регуляции, что приводит к симпатической активации и ангиоспазму, прогрессированию полинейропатии. Снижение парасимпатического влияния является причиной системных трофических нарушений [6, 7]. Анализ вариабельности ритма сердца (ВРС) свидетельствует о симпатической активации уже на ранних стадиях полинейропатии, позволяет прогнозировать развитие заболевания [8].

Дорсолатеральная зона префронтальной коры головного мозга тесно связана со структурами лимбической системы, осуществляющими надсегментарный контроль вегетативной регуляции [9, 10]. В ряде публикаций показана роль префронтальной коры в координации нейроэндокринных, автономных и поведенческих реакций на стресс, а также в усилении вагусного влияния на кардиодинамику [9, 11]. Префронтальная кора связана с субгенуальной передней поясной извилиной, вовлечённой в регуляцию вегетативной нервной системы [12, 13].

В настоящее время активно развивается метод воздействия на структуры головного мозга — транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС) [13]. ТМС позволяет активировать нейроны коры головного мозга, вызывая их деполяризацию, широко применяется в клинической практике с диагностической и терапевтической целями.

Цель исследования — оценить эффект транскраниальной магнитной стимуляции дорсолатеральной зоны префронтальной коры правого полушария для коррекции нейровегетативных нарушений у горнорабочих с полинейропатией.

Материалы и методы

Обследованы 42 горнорабочих угольных предприятий Кузбасса с установленным диагнозом полинейропатии верхних конечностей. Все обследуемые мужчины — правши, возраст от 42 до 60 лет ($Me = 52$ (48–56)), стаж работы во вредных условиях труда от 14 до 37 лет ($Me = 23$ (19–31)). Критерии исключения из исследования: нарушение ритма сердца, наличие кардиостимулятора, внутрочерепных металлических

имплантатов. Работа одобрена локальным этическим комитетом, информированное согласие об исследовании было подписано всеми добровольцами.

Всеми обследуемыми был заполнен «Опросник для выявления признаков вегетативных изменений» [14]. У здоровых лиц при отсутствии нарушений вегетативной регуляции общая сумма баллов не должна превышать 15.

Исследование вариабельности ритма сердца проводилось на 12-канальном электрокардиографе «Нейрософт-полиспектр 8Е». Интервалы кардиоритма были обработаны методом быстрого преобразования Фурье. Выделялись колебания в диапазонах следующих частот: VLF (very low frequency) — диапазон очень низкой частоты в пределах 0,004–0,08 Гц, амплитуда волны в норме от 30 до 150 у.е. — это многокомпонентный показатель, выражающий эрготропные (метаболические) процессы; LF (low frequency) — диапазон низкой частоты 0,09–0,16 Гц, амплитуда волны от 15 до 25 у.е. — колебания связаны с симпатическим вазомоторным влиянием; HF (high frequency) — находится в диапазоне высокой частоты, составляющей 0,17–0,5 Гц, амплитуда волны от 15 до 35 у.е. — отражает парасимпатическую активность вегетативной нервной системы. Оценивались нелинейные характеристики изменений кардиодинамики: детрентный флуктуационный анализ (DFA) и показатель аппроксимированной энтропии (ApEn). DFA отражает фрактальные свойства кардиоритма и признаки самоподобия временных рядов, ApEn определяет степень сложности ритма [15, 16].

Для ТМС использовали магнитный стимулятор «Нейро-МС/Д» (ООО «Нейрософт», г. Иваново, Россия, ПС058.01.001.002, 01.04.2011) с индуктором «восьмерка» мощностью 2,2 Тл. В первый день каждому пациенту определяли индивидуальные оптимальные параметры стимуляции с учётом порога возбудимости корковых мотонейронов. Затем в течение 5 дней проводилась ТМС префронтальной коры правого полушария с частотой 1 Гц, индивидуальной интенсивности, в течение 3 мин [17]. Курс состоял из 5 сеансов. На 5-й день повторно оценивались параметры ВРС и данные опросника.

Обработка данных проводилась на базе программ Statistica v. 10 и Biostat 2006. Вычислялись медианы (Me) и межквартильные интервалы $25(Q_1)$ – $75(Q_3)$. Значимость изменений показателей после воздействия ТМС оценивали с помощью критерия Уилкоксона. Статистически достоверными были значения при $p < 0,05$.

Результаты

У всех обследованных горнорабочих с полинейропатией определялись клинические признаки вегетативной дисфункции, данные представлены в таблице.

Изменения показателей до и после курса транскраниальной магнитной стимуляции у горнорабочих с полинейропатией Changes in the indices before and after a course of transcranial magnetic stimulation in the miners with polyneuropathy

Показатель Index	До проведения транскраниальной магнитной стимуляции Prior to transcranial magnetic stimulation	После проведения транскраниальной магнитной стимуляции After transcranial magnetic stimulation	<i>p</i> , по критерию Уилкоксона <i>p</i> , according to the Wilcoxon criterion
Вегетативный балл Autonomic score	24.6 (17.5–30.2)	17.0 (12.25–21.8)*	0.001
Вариабельность ритма сердца: Heart rate variability:			
спектральные показатели: spectral parameters:			
VLF	34 (16–48)	105 (37–170)*	0.029
LF	9 (3–15)	16 (7–25)	0.065
HF	1.8 (1–7)	3.9 (2–9)*	0.018
нелинейные показатели: non-linear indices:			
DFA	1.03 (0.92–1.17)	0.98 (0.9–1.08)	0.063
ApEn	182 (151–206)	215 (190–238)*	0.015
Частота сердечных сокращений Heart rate	88 (79–95)	70 (64–77)*	0.018

Примечание. * – значимое различие показателей до и после воздействия транскраниальной магнитной стимуляции по критерию Уилкоксона (при $p < 0,05$).

Note. * – significant difference in the indices before and after exposure to transcranial magnetic stimulation according to the Wilcoxon test (at $p < 0.05$).

Наблюдалось снижение спектральных показателей во всех частотных диапазонах ВРС, более выраженное в диапазоне высокой частоты HF, отражающей парасимпатическое влияние. Повышение нелинейного показателя DFA говорит о симпатическом преобладании. Снижение показателя ApEn является косвенным признаком нарушения адаптационных возможностей организма.

После проведения ТМС префронтальной зоны коры правого полушария статистически значимое снижение вегетативного балла по опроснику свидетельствует о клинической эффективности методики, улучшении самочувствия обследуемых горнорабочих. Увеличение спектральных показателей ВРС отражает нормализацию регуляторного влияния вегетативной нервной системы. Более выраженное усиление мощности колебаний наблюдается в диапазоне очень низких частот (VLF) спектра ВРС после стимуляции префронтальной коры, что доказывает важную роль активации надсегментарных вегетативных центров в повышении адаптивных возможностей организма.

Обсуждение

Стойкая симпатическая активация у горнорабочих с профессиональной полинейропатией сопровождается ангиоспазмом, снижение парасимпатического влияния приводит к нарушению трофики тканей [2]. Нарушение автономной регуляции сердца является причиной развития сердечно-сосудистых заболеваний, безболевого форм ишемии миокарда [8].

Влияние ТМС префронтальной коры на вегетативную регуляцию объясняется с помощью модели нейровисцеральной интеграции, согласно которой активация префронтальной коры увеличивает парасимпатическое влияние и снижает активность симпатического отдела вегетативной нервной системы [17]. Наблюдаемое у обследованных нами горнорабочих увеличение спектрального показателя VLF вариабельности ритма сердца свидетельствует об активации надсегментарных вегетативных центров, участвующих в реализации терапевтического эффекта ТМС [7]. Таким образом, снижение избыточного симпатического влияния у горнорабочих с полинейропатией обусловлено регулирующим влиянием надсегментарных вегетативных центров.

Увеличение спектрального показателя HF после магнитной стимуляции зоны префронтальной коры указывает на активацию парасимпатического звена вегетативной нервной системы. Подобные изменения показаны ранее при обследовании здоровых добровольцев [16, 17].

Заключение

ТМС префронтальной коры эффективна при коррекции вегетативных проявлений полинейропатии у горнорабочих, активация надсегментарных вегетативных центров способствует усилению парасимпатического влияния и нормализации симпатического тонуса. Анализ спектральных и нелинейных показателей ВРС позволяет оценить адаптационные возможности организма и эффективность лечения.

Литература

(п.п. 9–12, 15, 16 см. References)

- Живолупов С.А., Самарцев И.Н., Рашидов Н.А., Токарева Д.В., Воробьева М.Н., Яковлев Е.В. Патогенетические формы заболеваний периферической нервной системы (дифференциальная диагностика, принципы лечения). *Вестник Российской военно-медицинской академии*. 2013; (3): 23–8.
- Гидаятава М.О., Флейшман А.Н., Ямщикова А.В., Мартынов И.Д. Влияние нарушений вегетативной регуляции на развитие профессиональной полинейропатии верхних конечностей у горнорабочих Кузбасса. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(3): 162–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-162-166>
- Бабанов С.А., Азовская Т.А., Лаврентьева Н.Е. Особенности фармакотерапии болевого синдрома при вибрационной болезни. *Лечащий врач*. 2017; (3): 52.
- Мухин Н.А., Косарев В.В., Бабанов С.А., Фомин В.В. *Профессиональные болезни*. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2016.
- Кочетова О.А., Малькова Н.Ю. Изучение условий труда у лиц с профессиональной полинейропатией верхних конечностей. *Гигиена и санитария*. 2017; 96(7): 636–41. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-636-640>

6. 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.
7. Флейшман А.Н. Медленные колебательные процессы гемодинамики: итоги и перспективы фундаментальных и прикладных исследований. *Медицина в Кузбассе*. 2004; 3(1): 61–3.
8. 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): 688–92. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-7-688-692>
13. Афтanas Л.И., Брак И.В., Куликова К.И., Филимонова Е.А., Дземидович С.С., Пирадов М.А. и соавт. Клинические и нейрофизиологические эффекты терапевтической сочетанной высокочастотной ритмической транскраниальной магнитной стимуляции моторной и лобной коры при болезни Паркинсона. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2020; 120(5): 29–36. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012005129>
14. Вейн А.М. Методика: Опросник для выявления признаков вегетативных изменений; 1998. Available at: <https://cpd-program.ru/methods/pvi.htm>
17. Гидаятова М.О., Флейшман А.Н., Ямщикова А.В. Способ лечения профессиональной вегетативно-сенсорной полинейропатии верхних конечностей. Патент РФ № 2732349; 2020.

References

1. Zhivolupov S.A., Samartsev I.N., Rashidov N.A., Tokareva D.V., Vorob'eva M.N., Yakovlev E.V. Pathogenic forms of peripheral nervous system diseases (differential diagnosis, principles of treatment). *Vestnik Rossiyskoy voenno-meditsinskoy akademii*. 2013; (3): 23–8. (in Russian)
2. Gidayatova M.O., Fleyshman A.N., Yamshchikova A.V., Martynov I.D. Influence of violations of autonomic regulation on the development of occupational polyneuropathy of the upper extremities in Kuzbass miners. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(3): 162–6. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-3-162-166> (in Russian)
3. Babanov S.A., Azovskova T.A., Lavrent'eva N.E. Features of pharmacotherapy of pain syndrome in vibration disease. *Lechashchiy vrach*. 2017; (3): 52. (in Russian)
4. Mukhin N.A., Kosarev B.B., Babanov S.A., Fomin V.V. *Occupational diseases [Professional'nye bolezni]*. Moscow: GEOTAR-Media; 2016. (in Russian)
5. Kochetova O.A., Mal'kova N.Yu. Study of working conditions in patients with occupational polyneuropathy of upper extremities. *Gigiena i sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(7): 636–41. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-7-636-640> (in Russian)
6. Amanbekov U.A., Battakova Sh.B., Otarbaeva M.B., Fazylova D.A., Abdikulova A.A. The state of the autonomic nervous system in vibration disease in miners. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2006; (4): 8–10. (in Russian)
7. Fleyshman 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)
8. Gidayatova M.O., Martynov I.D., Yamshchikova A.V., Fleyshman A.N. Justification of the use of heart rate variability indicators in predicting the development of polyneuropathies in employees of Kuzbass coal enterprises. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2020; 99(7): 688–92. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-7-688-692> (in Russian)
9. Mennella R., Patron E., Palomba D. Frontal alpha asymmetry neurofeedback for the reduction of negative affect and anxiety. *Behav. Res. Ther.* 2017; 92: 32–40. <https://doi.org/10.1016/j.brat.2017.02.002>
10. Maier S.U., Hare T.A. Higher heart-rate variability is associated with ventromedial prefrontal cortex activity and increased resistance to temptation in dietary self-control challenges. *J. Neurosci.* 2017; 37(2): 446–55. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.2815-16.2016>
11. Cieslik E.C., Zilles K., Caspers S., Roski Ch., Kellermann T.S., Jakobs O., et al. Is there “One” DLPFC in cognitive action control? evidence for heterogeneity from co-activation-based parcellation. *Cereb. Cortex*. 2013; 23(11): 2677–89. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhs256>
12. Sakreida K., Gauggel S. The impact of dorsolateral prefrontal cortex in the control of heart rate variability investigated by repetitive transcranial magnetic stimulation. *Clin. Neurophys.* 2013; 124(10): e127. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.04.208>
13. Aftanas L.I., Brak I.V., Kulikova K.I., Filimonova E.A., Dzemidovich S.S., Piradov M.A., et al. Clinical and neurophysiological effects of therapeutic combined high-frequency rhythmic transcranial magnetic stimulation of the motor and frontal cortex in Parkinson's disease. *Zhurnal неврологии i psikiatrii im. S.S. Korsakova*. 2020; 120(5): 29–36. <https://doi.org/10.17116/jnevro202012005129> (in Russian)
14. Veyn A.M. Methodology: A questionnaire to identify signs of autonomic changes; 1998. Available at: <https://cpd-program.ru/methods/pvi.htm> (in Russian)
15. Iseger T.A., Arns M., Downar J., Blumberger D.M., Daskalakis Z.J., Vila-Rodriguez F. Cardiovascular differences between sham and active iTBS related to treatment response in MDD. *Brain Stimul.* 2020; 13(1): 167–74. <https://doi.org/10.1016/j.brs.2019.09.016>
16. Gulli G., Tarperi C., Cevese A., Accler M., Bongiovanni G., Manganotti P. Effects of prefrontal repetitive transcranial magnetic stimulation on the autonomic regulation of cardiovascular function. *Exp. Brain Res.* 2013; 226(2): 265–71. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3431-6>
17. Gidayatova M.O., Fleyshman A.N., Yamshchikova A.V. Method for the treatment of occupational autonomic-sensory polyneuropathy of the upper extremities. Patent RF №2732349; 2020. (in Russian)