

Читать  
онлайн  
Read  
online

Лапко И.В., Жеглова А.В., Климкина К.В., Богатырева И.А.

## Нейрогуморальная регуляция при воздействии вибрации и физических перегрузок

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 141014, Мытищи, Россия

**Введение.** В ответ на действие различных профессиональных факторов вовлекаются центральные механизмы регуляции, в том числе гипоталамус. Уточнение влияния гипоталамуса на показатели периферического кровообращения, периферической иннервации и костного метаболизма при воздействии вибрации и физических перегрузок актуально для диагностики и лечения профессиональных заболеваний неврологического профиля.

**Цель исследования.** Установление взаимосвязи гипоталамических нарушений и функциональных показателей периферической нервной системы при воздействии вибрации и физических перегрузок для профилактики профессиональных заболеваний.

**Материалы и методы.** Обследованы 105 проходчиков и машинистов буровой установки АО «Комбинат КМАруда», 26 проходчиков дренажной шахты АО «Стойленский горно-обогатительный комбинат», 65 рабочих вспомогательных профессий. Обследованные лица в зависимости от воздействующего фактора были распределены на четыре группы с профессиональной неврологической патологией, пятая группа служила контролем. В каждой группе выделялись подгруппы: А — лица без гипоталамических нарушений, Б — лица с гипоталамическим синдромом. Критерии постановки диагноза гипоталамического синдрома — клинические. Всем обследованным проведена реовазография, стимуляционная электромиография конечностей, ультразвуковая денситометрия.

**Результаты.** У больных вибрационной болезнью (вследствие воздействия локальной или общей вибрации), особенно в сочетании с пояснично-крестцовой радикулопатией, при проведении реовазографии отмечалось снижение пульсового кровенаполнения, изменение тонуса сосудов различного калибра и венозная дисфункция, которые усугублялись на фоне гипоталамических расстройств. Гипоталамические нарушения способствуют усугублению показателей периферических нервов: снижению уровня амплитуды М-ответа, скорости распространения возбуждения по сенсорным аксонам и повышению значения резидуальной латентности. Функциональная оценка костной ткани выявила наибольшую распространённость остеопенического синдрома у больных вибрационной болезнью и её сочетанными с пояснично-крестцовой радикулопатией формами в подгруппах с гипоталамо-гипофизарной дисфункцией (до 33,6%). Установлено, что частота выявляемых функциональных расстройств нарастала по мере прогрессирования профессиональных заболеваний.

**Ограничение исследования.** Исследование проводилось среди рабочих с неврологическими профессиональными заболеваниями, подвергавшихся воздействию вибрации и физических перегрузок.

**Заключение.** Нейрогуморальные нарушения, проявляющиеся гипоталамическим синдромом, вызванным воздействием общей и локальной вибрации в сочетании с физическими перегрузками, способствуют развитию или усугублению функциональных изменений в организме рабочих, утяжеляя течение профессиональных заболеваний периферической нервной системы. Установленная зависимость может быть использована при разработке методов диагностики и лечения, а также в изучении патогенеза заболеваний.

**Ключевые слова:** профессиональная патология; нейрогуморальная регуляция; гипоталамический синдром; вибрация; физические перегрузки

**Соблюдение этических стандартов.** Клинические исследования одобрены Этическим комитетом ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора (протокол № 7, 2019 г.).

**Для цитирования:** Лапко И.В., Жеглова А.В., Климкина К.В., Богатырева И.А. Нейрогуморальная регуляция при воздействии вибрации и физических перегрузок. *Гигиена и санитария.* 2022; 101(10): 1200–1205. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1200-1205> <https://elibrary.ru/nzwhqt>

**Для корреспонденции:** Лапко Инна Владимировна, доктор мед. наук, зав. неврологическим отделением Института общей и профессиональной патологии им. акад. РАМН А.И. Потапова ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора. E-mail: lapkoiv@fferisman.ru

**Участие авторов:** Лапко И.В. — концепция и дизайн исследования, написание текста; Жеглова А.В. — редактирование, написание текста; Климкина К.В. — сбор и обработка материала; Богатырева И.А. — статистический анализ. Все соавторы — 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 спонсорской поддержки.

Поступила: 22.07.2022 / Принята к печати: 3.10.2022/ Опубликована: 23/10/2022

Inna V. Lapko, Alla V. Zhiglova, Kristina V. Klimkina, Inessa A. Bogatyreva

## Neurohumoral regulation under exposure to vibration and physical overloads

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytitschi, 141014, Russian Federation

**Introduction.** In response to the action of various occupational factors, central regulatory mechanisms, including the hypothalamus, are involved. Clarification of the influence of the hypothalamus on the indicators of peripheral blood circulation, peripheral innervation and bone metabolism under the influence of vibration and physical overloads is relevant for the diagnosis and treatment of occupational diseases of a neurological profile.

**The aim of the study.** To establish the relationship between hypothalamic disorders and functional indicators of occupational diseases of the peripheral nervous system under the influence of vibration and physical overloads.

**Material and methods.** One hundred fifteen tunnellers and machinists of the drilling rig of JSC “KMAruda Combine”, 26 tunnellers of the drainage mine of JSC “Stoilensky Mining and Processing Plant”, 65 workers of auxiliary occupations were examined. Depending on the influencing factor, they were divided into four groups with occupational neurological pathology, the fifth group was control. Examined cases were divided into subgroups: A — without hypothalamic disorders and B — with hypothalamic syndrome. The criteria for the diagnosis of hypothalamic syndrome are clinical. All the examined patients underwent rheovasography, stimulation electroneuromyography of the extremities, ultrasound densitometry.

Original article

**Results.** It was found that in patients with vibration disease from the effects of local or general vibration, especially when combined with lumbosacral radiculopathy during rheovasography, there are decrements in pulse blood filling, changes in vascular tone in vessels of various calibers and venous dysfunction, which are aggravated against the background of hypothalamic disorders. Hypothalamic disorders contribute to the aggravation of peripheral nerve indices: a decrease in the amplitude of the M-response, the rate of propagation of excitation along sensory axons and an increase in the value of residual latency. Functional assessment of bone tissue revealed the greatest prevalence of osteopenia syndrome in patients with vibration disease and its combined forms with lumbosacral radiculopathy in subgroups with hypothalamic-pituitary dysfunction (up to 33.6%). The frequency of detected functional disorders was established to increase with the progression of occupational diseases.

**Limitations.** The study was conducted in workers with neurological occupational diseases exposed to vibration and physical overloads.

**Conclusions.** Neurohumoral disorders, manifested by hypothalamic syndrome caused by exposure to general and local vibration in combination with physical overloads, contribute to the development or aggravation of functional changes in the body of workers, aggravating the course of occupational diseases of the peripheral nervous system, which can be used to develop diagnostic and treatment methods, and study the pathogenesis of diseases.

**Keywords:** occupational pathology; neurohumoral regulation; hypothalamic syndrome; vibration; physical overloads

**Compliance with ethical standards.** Clinical studies have been approved by the Ethics Committee of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing (Protocol No. 7, 2019).

**For citation:** Lapko I.V., Zheglova A.V., Klimkina K.V., Bogatyreva I.A. Neurohumoral regulation under exposure to vibration and physical overloads. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1200-1205. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1200-1205> <https://elibrary.ru/nzwhqt> (In Russian)

**For correspondence:** Inna V. Lapko, MD, PhD, DSci, head of the Neurological Department of the Institute of General and Professional Pathology named after the Academician of the Russian Academy of Medical Sciences A.I. Potapov, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service for Supervision in Protection of the Rights of Consumer and Man Wellbeing, Mytishchi, 141014, Russian Federation. E-mail: lapkoiv@ferisman.ru

#### Information about authors:

Lapko I.V., <https://orcid.org/0000-0001-8468-6166>

Zheglova A.V., <https://orcid.org/0000-0001-5610-0105>

Klimkina K.V., <https://orcid.org/0000-0002-6852-4594>

Bogatyreva I.A., <https://orcid.org/0000-0002-0105-9499>

**Contribution:** Lapko I.V. – concept and design of the study, writing the text; Zheglova A.V. – editing, writing the text; Klimkina K.V. – collection and processing of the material; Bogatyreva I.A. – statistical analysis. All authors are responsible 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: July 22, 2022 / Accepted: October 3, 2022 / Published: October 23, 2022

## Введение

В настоящее время одним из перспективных направлений оценки функциональных и патологических изменений в организме человека считаются исследования, проводимые на базе современных представлений об организме человека как сложной нейроиммуноэндокринной системе. Сочетанное воздействие производственных факторов, таких как вибрация и физические перегрузки, на организм рабочих приводит к ранним изменениям нейрогуморальной регуляции [1, 2]. Наряду с гормональной перестройкой происходят функциональные изменения органов и систем, в том числе периферического кровообращения, центральной и периферической нервной системы, а также костного метаболизма, которые выявляются на более поздних стадиях развития профессиональных заболеваний [3]. В литературе, как правило, рассматриваются либо гормональные нарушения, либо функциональные изменения в организме. Данные о том, имеется ли взаимосвязь между различными нарушениями при влиянии производственных факторов, крайне немногочисленны и разноречивы.

Интегральная деятельность регуляторных систем обеспечивается механизмами нейроэндокринных взаимодействий в поддержании динамического гомеостаза. Так как вовлекаются центральные механизмы управления, очевидно влияние гипоталамуса, который обеспечивает закономерность нейрогормональных влияний изнутри. К развитию гипоталамических нарушений могут приводить различные факторы, в том числе психогенные (шоковые и стрессовые ситуации, умственные и физические нагрузки) [4, 5]. Поэтому факторы производственной среды как неспецифические стрессовые агенты могут спровоцировать гипоталамо-гипофизарную дезорганизацию (гипоталамический синдром), характеризующуюся полиморфизмом клинических проявлений в виде метаболических нарушений, нейровегетативных и психоэмоциональных расстройств, нарушением функции эндокринных желёз.

Изменение уровней гормонов при воздействии общей и локальной вибрации отмечают многие исследователи. Акти-

визируется ренин-ангиотензинная система, возбуждаются вегетативно-обменные ядра гипоталамуса, что приводит к выбросу гормонов гипофизом и гормональным нарушениям гипофизарно-надпочечниковой, гипофизарно-тиреоидной и гипофизарно-гонадной систем. Изменение нейрогормональной активности приводит к функциональным нарушениям различных органов и систем, патогенетически связанным между собой [6, 7].

При изучении патогенетической связи иммунной, гормональной, антиоксидантной систем выявлена сопряжённость показателей ведущих систем гомеостаза, ответственных за адаптацию организма к изменениям среды обитания. Установлена сильная отрицательная корреляционная связь между диагностической чувствительностью и коэффициентом корреляционной адаптации, которая снижается со стажем работы [8, 9].

Таким образом, в настоящее время известны многочисленные исследования нейрогуморальных, а также функциональных изменений показателей центральной и периферической нервной систем, костной ткани в организме работающих с вибрацией и физическими нагрузками [10, 11]. Однако исследования функциональных и метаболических изменений в организме работников вредных производств в большинстве случаев проводятся в отрыве друг от друга, и не установлено, имеется ли между ними какая-либо связь. В то же время механизм развития профессиональных заболеваний определяется комплексными нарушениями процессов на всех уровнях (молекулярном, клеточном, органном, организменном). Поэтому уточнение механизмов поражения периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата на фоне гипоталамических нарушений представляется важным для изучения патогенеза заболеваний, разработки способов лечения и реабилитация пациентов.

**Цель исследования** – выявление взаимосвязи гипоталамических нарушений и функциональных показателей периферической нервной системы при воздействии вибрации и физических перегрузок для профилактики профессиональных заболеваний.

Таблица 1 / Table 1

**Показатели периферического кровообращения верхних конечностей у больных ВБ с гипоталамическими нарушениями (Б) и без них (А)****Indicators of peripheral circulation of the upper extremities in patients suffered from vibration disease (VD) with (B) and without (A) hypothalamic disorders**

Показатель Indicator	ВБ от локальной вибрации VD due to local vibration		ВБ от общей вибрации VD due to the general vibration	
	А	Б / В	А	Б / В
Систолическая амплитуда, Ом / Systolic amplitude, Ohms	0.13 ± 0.01	0.074 ± 0.02*.**	0.1 ± 0.005	0.078 ± 0.005*.**
Максимальная скорость, Ом/с / Maximum speed, Ohms/s	1.6 ± 0.07	1.38 ± 0.08*.**	1.49 ± 0.04	1.36 ± 0.05*.**
Средняя скорость, Ом/с / Average speed, Ohms/s	1.0 ± 0.04	0.84 ± 0.05*	0.99 ± 0.04	0.81 ± 0.05*
Межамплитудный коэффициент инцизуры, % Interamplitude coefficient of incisure, %	48.82 ± 1.33	50.81 ± 1.72	50.2 ± 1.84	42.0 ± 1.50*
Межамплитудный коэффициент диастолы, % Interamplitude coefficient of diastole, %	57.8 ± 2.5	48.7 ± 3.4*.**	57.2 ± 1.81	52.5 ± 1.47*.**

Примечание. Здесь и в табл. 2, 5: достоверно отличающиеся показатели ( $p < 0,05$ ): \* – в подгруппах каждой группы; \*\* – в подгруппах с гипоталамическим синдромом.

Note: \* – indicators significantly differed in the subgroups of each group,  $p < 0.05$ ; \*\* – indicators significantly different in subgroups with hypothalamic syndrome,  $p < 0.05$ .

Таблица 2 / Table 2

**Показатели периферического кровообращения верхних конечностей у больных пояснично-крестцовой радикулопатией (ПКР) и сочетанной патологией, с гипоталамическими нарушениями (Б) и без них (А)****Indicators of peripheral circulation of the upper extremities in patients with lumbosacral radiculopathy (LSR) and combined pathology, with hypothalamic disorders (B) and without them (A)**

Показатель Indicator	Пояснично-крестцовая радикулопатия Lumbosacral radiculopathy		Сочетанная патология (ВБ + ПКР) Combined pathology (VD+LSR)	
	А	Б / В	А	Б / В
Систолическая амплитуда, Ом / Systolic amplitude, Ohms	0.11 ± 0.01	0.092 ± 0.04	0.10 ± 0.005	0.076 ± 0.005*.**
Максимальная скорость, Ом/с / Maximum speed, Ohms/s	1.58 ± 0.07	1.48 ± 0.08	1.52 ± 0.06	1.34 ± 0.03*.**
Средняя скорость, Ом/с / Average speed, Ohms/s	1.01 ± 0.04	0.86 ± 0.07*	0.98 ± 0.04	0.78 ± 0.06*
Межамплитудный коэффициент инцизуры, % Interamplitude coefficient of incisure, %	54.6 ± 1.52	55.2 ± 1.25	49.34 ± 1.72	42.3 ± 1.62*
Межамплитудный коэффициент диастолы, % Interamplitude coefficient of diastole, %	56.80 ± 1.25	57.82 ± 1.78	52.4 ± 1.94	42.6 ± 2.3*.**

**Материалы и методы**

Для решения экспертных вопросов были обследованы 105 проходчиков и машинистов буровой установки шахты им. И.М. Губкина АО «Комбинат КМАруда», 26 проходчиков дренажной шахты АО «Стойленский горно-обогатительный комбинат» (средний возраст  $46,8 \pm 4,3$  года, средний стаж  $18,2 \pm 4,2$  года). В контрольную группу, сопоставимую по возрасту и полу с основной, вошли 65 рабочих вспомогательных профессий.

В зависимости от действующего фактора определено четыре группы больных с профессиональной неврологической патологией:

- 1-я группа – больные вибрационной болезнью (ВБ), связанной с воздействием локальной вибрации, с синдромом вегетативно-сенсорной полиневропатии рук (9 человек);
- 2-я группа – больные ВБ, связанной с воздействием общей вибрации, с синдромом вегетативно-сенсорной полиневропатии конечностей (34 человека);
- 3-я группа – больные пояснично-крестцовой радикулопатией (ПКР) от физических перегрузок и функционального перенапряжения – 15 человек;
- 4-я группа – больные с сочетанной патологией (ВБ с синдромом ВСП конечностей, сочетающейся с пояснично-крестцовой радикулопатией) – 73 человека.

Обследованные в группах были разделены на клинические подгруппы: подгруппа А – лица без гипоталамических нарушений, подгруппа Б – 41 человек (31,3%) с гипотала-

мическим синдромом (ГС). Критерии постановки диагноза ГС – клинические, выделены А.М. Вейном (1981) [12]. Обязательными среди них являются нейроэндокринные расстройства, которые сочетаются с вегетативными, мотивационными, психопатологическими проявлениями, нарушением сна и бодрствования.

Исследование сосудов верхних и нижних конечностей осуществляли на «Нейрореокартографе-МБН» (Россия).

Состояние периферических нервов оценивали по данным стимуляционной электронейромиографии на нейромиографе «МБН».

Состояние костной ткани исследовали с помощью аппарата Sunlight Omnisense 7000 S (Sunlight Medical Ltd., Израиль).

**Результаты**

Изучение условий труда горнорабочих подземных шахт показало подверженность этой категории работников воздействию неблагоприятных производственных факторов, приоритетным из которых является общая и (или) локальная вибрация, превышающая допустимые уровни на 2–9 дБ. Наблюдаются и физические перегрузки, преимущественно за счёт динамической и статической нагрузок, наклонов корпуса и вынужденной позы (25% рабочей смены – пребывание в вынужденной рабочей позе (на коленях, на корточках). Температура воздуха на рабочих местах в забоях находится в диапазоне положительных субнормальных величин ( $10–11\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), относительная влажность – очень вы-

Таблица 3 / Table 3

**Значения показателей периферической иннервации верхних конечностей (по данным электронейромиографии) больных ВБ от локальной и общей вибрации, с гипоталамическими нарушениями (Б) и без них (А)****Values of indicators of peripheral innervation of the upper extremities (according to electroneuromyography) in VD patients due to local and general vibration, with (B) and without (A) hypothalamic disorders**

Показатель Indicator	ВБ от локальной вибрации VD due to local vibration		ВБ от общей вибрации VD due to the general vibration	
	А	Б / В	А	Б / В
Амплитуда М-ответа, мВ (норма $\geq 3.5$ мВ) The amplitude of the M-response, mV (norm $\geq 3.5$ mV)	6.4 $\pm$ 0.2	5.1 $\pm$ 0.18*. **	6.5 $\pm$ 0.16	5.2 $\pm$ 0.18*. **
СРВ по моторным аксонам, м/с (норма $\geq 50$ м/с) SRV by motor axons, m/s (norm $\geq 50$ m/s)	48.1 $\pm$ 0.48	47.7 $\pm$ 0.48	49.8 $\pm$ 0.42	48.3 $\pm$ 0.35
Р лат, мс, (норма $\leq 2.5$ мс) / P lat, ms (norm $\leq 2.5$ ms)	2.9 $\pm$ 0.05	3.1 $\pm$ 0.06*. **	3.0 $\pm$ 0.07	3.5 $\pm$ 0.12*. **
Амплитуда ПД, мкВ (норма $\geq 10$ мкВ) Amplitude of PD, MV (norm $\geq 10$ mv)	9.6 $\pm$ 0.52	9.3 $\pm$ 0.46	9.7 $\pm$ 0.32	9.4 $\pm$ 0.42
СРВ по сенсорным аксонам, м/с (норма $\geq 44$ м/с) SRV on sensory axons, m/s (norm $\geq 44$ m/s)	42.9 $\pm$ 0.45	38.7 $\pm$ 0.62*. **	42.40 $\pm$ 0.48	40.01 $\pm$ 0.45*. **

Примечание. Здесь и в табл. 4: показатели, достоверно отличающиеся в подгруппах с гипоталамо-гипофизарным синдромом: \* –  $p < 0,05$ ; \*\* –  $p < 0,01$ .

Note: \*, \*\* – indicators significantly different in subgroups with hypothalamic-pituitary syndrome, \* –  $p < 0.05$ , \*\* –  $p < 0.01$ .

Таблица 4 / Table 4

**Значения показателей периферической иннервации верхних конечностей (по данным электронейромиографии) больных ПКР и сочетанной патологией (ВБ + ПКР), с гипоталамическими нарушениями (Б) и без них (А)****Values of indicators of peripheral innervation of the upper extremities (according to electroneuromyography) in patients with LSR and with combined pathology (VD + LSR), with (B) and without (A) hypothalamic disorders**

Показатель Indicator	Пояснично-крестцовая радикулопатия Lumbosacral radiculopathy		Сочетанная патология (ВБ + ПКР) Combined pathology (VD + LSR)	
	А	Б / В	А	Б / В
Амплитуда М-ответа, мВ (норма $\geq 3,5$ мВ) The amplitude of the M-response, mV (norm $\geq 3.5$ mV)	6.3 $\pm$ 0.14	6.0 $\pm$ 0.16	4.8 $\pm$ 0.2	3.4 $\pm$ 0.12*. **
СРВ по моторным аксонам, м/с (норма $\geq 50$ м/с) Propagation velocity of the action potential (PVAP) along motor axons, m/s (norm $\geq 50$ m/s)	50.14 $\pm$ 0.48	48.72 $\pm$ 0.42	46.3 $\pm$ 0.38	42.6 $\pm$ 0.5*. **
Р лат, мс, (норма $\leq 2,5$ мс) / P lat, ms, (norm $\leq 2.5$ ms)	2.1 $\pm$ 0.1	2.5 $\pm$ 0.08*	3.4 $\pm$ 0.08	3.8 $\pm$ 0.14*. **
Амплитуда ПД, мкВ (норма $\geq 10$ мкВ) Amplitude of action potential (AP), $\mu$ V (norm $\geq 10$ $\mu$ v)	12.3 $\pm$ 0.61	11.2 $\pm$ 0.47	9.6 $\pm$ 0.52	9.2 $\pm$ 0.68
СРВ по сенсорным аксонам, м/с (норма $\geq 44$ м/с) PVAP along sensory axons, m/s (norm $\geq 44$ m/s)	47.8 $\pm$ 0.46	45.6 $\pm$ 0.6*	41.6 $\pm$ 0.38	37.4 $\pm$ 0.36*. **

сокая (вплоть до 80–100%), скорость движения воздуха составляет от 0,5 до 3 м/с. Такие параметры соответствуют охлаждающему микроклимату.

Жалобы на боли и онемение в конечностях, преимущественно в руках, повышенная потливость ладоней и стоп, зябкость конечностей на холоде, боль в межфаланговых и локтевых суставах, судорожные подергивания в мышцах конечностей выявлялись у 88,5% обследованных. Жалобы на боль в пояснице отмечали 74,8% работников.

Данные, полученные при изучении влияния гипоталамических нарушений на показатели периферического кровообращения у больных ВБ от воздействия локальной и общей вибрации, представлены в табл. 1 и 2.

Из табл. 1 следует, что у больных ВБ от локальной и общей вибрации с гипоталамическим синдромом достоверно снижены значения систолической амплитуды, межамплитудного коэффициента диастолы, максимальной и средней скорости. Аналогичные изменения наблюдались и при сочетанной патологии (ВБ + ПКР). При этом при пояснично-крестцовой радикулопатии выраженных функциональных изменений на фоне гипоталамического синдрома не было отмечено (см. табл. 2).

Анализ реовазографических данных показал, что у больных вибрационной болезнью от воздействия локальной или общей вибрации и при сочетанных формах профессиональ-

ной патологии отмечалось снижение пульсового кровенаполнения, изменение тонуса сосудов различного калибра и в меньшей степени венозная дисфункция, которые достоверно усугублялись на фоне гипоталамических расстройств. В то же время у больных пояснично-крестцовой радикулопатией большинство реовазографических показателей не изменялось как при гипоталамическом синдроме, так и без него.

Данные, полученные при исследованиях проводящей функции периферических нервов с применением электронейромиографии у больных ВБ, ПКР и при сочетанной патологии, приведены в табл. 3 и 4.

Из табл. 3 и 4 видно, что при ВБ от воздействия локальной и общей вибрации и при сочетании ВБ с ПКР у лиц с выявленной гипоталамической дезорганизацией достоверно снижены уровни амплитуды М-ответа, СРВ по сенсорным аксонам и повышено значение резидуальной латентности.

При изучении влияния нейрогуморальных изменений на периферическую иннервацию нижних конечностей установлены более выраженные изменения функциональных тестов. Наиболее интенсивно изменялись функциональные показатели при сочетанной патологии (снижение амплитуды М-ответа, снижение СРВ по моторным и сенсорным аксонам, увеличение резидуальной латентности).

Оценка состояния костной ткани, выполненная по данным ультразвукового денситометрического исследова-

Таблица 5 / Table 5

Значения показателей ультразвуковой денситометрии больных ВБ, ПКР и сочетанной патологией, с гипоталамическими нарушениями (Б) и без них (А)

Values of ultrasound densitometry indicators in VD patients with LSR and combined pathology, with (B) and without (A) hypothalamic disorders

Показатель Indicator	Вибрационная болезнь Vibration disease		Пояснично-крестцовая радикулопатия Lumbosacral radiculopathy		Сочетанная патология (ВБ + ПКР) Combined pathology (VD + LSR)	
	А	Б/В	А	Б/В	А	Б/В
<i>T</i> -критерий, SD / <i>T</i> -criterion, SD	-1.1 ± 0.2	-1.96 ± 0.23*	-0.45 ± 0.12	-1.5 ± 0.15*	-2.04 ± 0.14	-2.38 ± 0.14*.**
<i>Z</i> -критерий, SD / <i>Z</i> -criterion, SD	-0.8 ± 0.12	-0.94 ± 0.16*	-0.68 ± 0.1	-0.72 ± 0.14*	-1.26 ± 0.09	-1.42 ± 0.12*.**

ния, выявила наибольшую распространённость остеопенического синдрома (показатели *T*-критерия в диапазоне от -1 до -2,5 SD) в подгруппах с гипоталамо-гипофизарной дисфункцией (до 33,6%). Наиболее выраженные проявления остеопении наблюдались у больных ВБ и при сочетании её с ПКР (табл. 5). Изучение показателей ультразвуковой денситометрии при различной выраженности вибрационной болезни показало нарастание частоты остеопенических изменений по мере прогрессирования заболевания.

Установлены взаимосвязи между степенью выраженности клинической симптоматики гипоталамического синдрома и функциональными показателями периферического кровообращения по показателю кровенаполнения сосудов (С-амплитуды;  $r = 0,68$ ), сосудистого тонуса (средняя скорость, максимальная скорость;  $r = 0,62$ ), состояния венозного оттока (Д-амплитуда;  $r = 0,64$ ), проводящей функции периферических нервов по показателю СРВ моторная ( $r = 0,67$ ), СРВ сенсорная ( $r = 0,75$ ), амплитуды М-ответа ( $r = 0,58$ ), минеральной плотности костной ткани по *T*-критерию ( $r = 0,54$ ).

## Обсуждение

В регуляции механизмов компенсации различных производственных факторов, воздействующих на организм человека, ведущее значение отводится нейрогуморальной системе, которая обеспечивает восстановление и поддержание гомеостаза внутренней среды организма. Активация коры и лимбической системы, вызванная действием различных факторов, изменяет деятельность гипоталамуса с нарушением взаимодействия центральных нейротрансмиттеров и нейромедиаторов, развитием гормональных, метаболических изменений и последующим нарушением функционирования органов и систем [13, 14].

Изучение функционального состояния организма горнорабочих показало, что формирование гипоталамических нарушений, обусловленных воздействием локальной и общей вибрации, физическими нагрузками, сопряжено с изменением ряда функциональных показателей периферического кровообращения, периферической иннервации, костной системы. При этом установлено, что у больных ПКР с гипоталамо-гипофизарным синдромом изменения функциональных показателей менее выражены, чем у больных ВБ и при её сочетании с ПКР.

Сравнительная оценка показателей реовазографического исследования выявила нарушения периферического кровообращения в виде снижения интенсивности пульсового кровенаполнения, повышения тонуса сосудов и нарушения венозного оттока, что имело наибольшую выраженность у пациентов с вибрационной болезнью и сочетанной патологией вибрационной болезни с гипоталамическим синдромом. Однако у горнорабочих с ПКР не наблюдалось изменений показателей периферического кровообращения верхних конечностей даже при гипоталамическом синдроме.

Клинико-функциональными показателями, свидетельствующими о нарушении функции периферических нервов, явились снижение амплитуды М-ответа и скорости распространения возбуждения (СРВ) по сенсорным волокнам, увеличение резидуальной латентности. Данные изменения имели наибольшую выраженность в группе пациентов с вибрацион-

ной болезнью, связанной с воздействием общей вибрации, ассоциированной с пояснично-крестцовой радикулопатией, протекающей на фоне гипоталамо-гипофизарных расстройств. При этом на электронейромиографии конечностей выявлялся смешанный аксонально-демиелинизирующий тип поражения периферической нервной системы. Наиболее выраженные изменения по сенсорным аксонам при исследовании верхних конечностей диагностировались у больных вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации и сочетанной профессиональной патологией. При исследовании проводящей функции периферических нервов нижних конечностей значимые изменения отмечались у больных с гипоталамическим синдромом и вибрационной болезнью, связанной с воздействием общей вибрации, и при сочетании вибрационной болезни с пояснично-крестцовой радикулопатией.

Гипоталамические расстройства способствовали изменению метаболизма костной ткани с формированием остеопенических состояний у пациентов с вибрационной болезнью и пояснично-крестцовой радикулопатией, при этом частота остеопении возрастала по мере прогрессирования профессиональных заболеваний.

Таким образом, нейрогуморальные нарушения в виде гипоталамического синдрома, вызванные воздействием общей и локальной вибрации в сочетании с физическими перегрузками, обуславливали развитие или усугубление функциональных изменений в организме рабочих, утяжеляя течение профессиональных заболеваний периферической нервной системы.

**Ограничение исследований.** Результаты исследований могут быть экстраполированы на горнорабочих с профессиональными заболеваниями неврологического профиля, подвергшихся воздействию вибрации и физических перегрузок.

## Заключение

Уточнены особенности поражения периферического кровообращения, периферической иннервации и костной ткани при действии вибрации и физических перегрузок на фоне гипоталамо-гипофизарной дисфункции. Наличие гипоталамического синдрома способствует прогрессированию вибрационной болезни и её сочетанной с пояснично-крестцовой радикулопатией формы по ряду клинико-функциональных показателей: снижению кровенаполнения сосудов (С-амплитуда < 0,078 Ом), повышению сосудистого тонуса (максимальная скорость < 1,38 Ом/с, затруднению венозного оттока (межамплитудный коэффициент диастолы 52,5%), изменению проводящей функции периферических нервов по снижению амплитуды М-ответа (< 5,2 мВ), СРВ по моторным волокнам (< 46,3 м/с); СРВ по сенсорным волокнам (< 45,6 м/с), снижению плотности костной ткани (*T*-критерий ниже -1,96 SD и *Z*-критерий ниже -0,85 SD).

Наиболее выраженные изменения характерны для больных с сочетанными формами профессиональных заболеваний. Установление связи между нейрогуморальными и функциональными изменениями в организме больных вибрационной патологией и пояснично-крестцовой радикулопатией может быть использовано для разработки методов диагностики и лечения, а также для изучения патогенеза заболеваний.



## Литература

1. Кудашева А.Р., Терегулова З.С., Терегулов Б.Ф. *Заболевания, связанные с физическими перегрузками и функциональным перенапряжением отдельных органов и систем*. Уфа; 2018.
2. Павловская Н.А., Лапко И.В. *Действие физических факторов на углеводы и гормоны у рабочих*. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing; 2016.
3. Бабанов С.А., Татаровская Н.А. Вибрационная болезнь: современное понимание и дифференциальный диагноз. *РМЖ. Медицинское обозрение*. 2013; 21(35): 1777–84.
4. Бабичев В.Н. Организация и функционирование нейроэндокринной системы. *Проблемы эндокринологии*. 2013; 59(1): 62–9.
5. Самотруева М.А., Ясенявская А.Л., Цибизова А.А., Башкина О.А., Галимзянов Х.М., Тюренков И.Н. Нейроиммуноэндокринология: современные представления о молекулярных механизмах. *Иммунология*. 2017; 38(1): 49–59. <https://doi.org/10.18821/0206-4952-2017-38-1-49-59>
6. Лапко И.В., Кирьяков В.А., Павловская Н.А., Жеглова А.В. Изменение гормонов гипофизарно-тиреоидной и гипофизарно-гонадной систем у рабочих с вибрационной патологией и нейросенсорной тугоухостью. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (10): 26–30.
7. Катаманова Е.В., Бичев С.С., Рукавишников В.С., Лизарев А.В. Гормональный статус и нарушения сексуальной функции мужчин с вибрационной болезнью от воздействия локальной вибрации. *Экология человека*. 2012; (4): 25–8.
8. Di Gimniani R., Fabiani L., Baldini G., Cardelli G., Giovannelli A., Tihanyi J. Hormonal and Neuromuscular responses to mechanical vibration applied to upper external muscles. *PLoS One*. 2014; 9(11): e111521. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111521>
9. Крючкова Е.Н., Антошина Л.И., Сухова А.В., Преображенская Е.А. Влияние факторов гальванического производства на иммуореактивность организма работающих. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 959–63. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-959-963>
10. Климкина К.В., Лапко И.В. Влияние производственных факторов риска на маркеры костного метаболизма у рабочих промышленных предприятий. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 964–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-964-968>
11. Вейн А.М., Вознесенская Т.А. Гипоталамический синдром. *Врач*. 2000; (4): 12–4.
12. Артымук Н.В., Ушакова Г.А. Современные представления о гипоталамическом синдроме. *Мать и Дитя в Кузбассе*. 2001; (1): 24–7.
13. Чернышева М.П., Ноздрачев А.Д. Нейроэндокринный гипоталамус как гомеостат эндогенного времени. *Журнал эволюционной биохимии и физиологии*. 2017; 53(1): 3–15.
14. Чеснокова Н.П., Понукалина Е.В., Жевак Т.Н., Бизенкова М.Н. Роль гормонов аденогипофиза в регуляции метаболического гомеостаза в условиях нормы и патологии. *Научное обозрение. Медицинские науки*. 2016; (1): 58–60.

## References

1. Kudasheva A.R., Teregulova Z.S., Teregulov B.F. *Diseases Associated with Physical Overload and Functional Overstrain of Individual Organs and Systems [Zabolevaniya, svyazannye s fizicheskimi peregruzkami i funktsional'nyim perenapryazheniem ot del'nykh organov i sistem]*. Ufa; 2018. (in Russian)
2. Pavlovskaya N.A., Lapko I.V. *The Effect of Physical Factors on Carbohydrates and Hormones in Workers [Deystvie fizicheskikh faktorov na uglevody i hormony u rabochikh]*. Saarbrücken: LAMBERT Academic Publishing; 2016. (in Russian)
3. Babanov S.A., Tatarovskaya N.A. Vibration disease: modern understanding and differential diagnosis. *RMZh. Meditsinskoe obozrenie*. 2013; 21(35): 1777–84. (in Russian)
4. Babichev V.N. Organization and functioning of the neuroendocrine system. *Problemy endokrinologii*. 2013; 59(1): 62–9. (in Russian)
5. Samotrueva M.A., Yaseniyavskaya A.L., Tsibizova A.A., Bashkina O.A., Galimzyanov Kh.M., Tyurenkov I.N. Neuroimmunendocrinology: modern concepts of molecular mechanisms. *Immunologiya*. 2017; 38(1): 49–59. <https://doi.org/10.18821/0206-4952-2017-38-1-49-59> (in Russian)
6. Lapko I.V., Kir'yakov V.A., Pavlovskaya N.A., Zheglava A.V. Changes in hormones of pituitary-thyroid and pituitary-genital systems in workers with vibration disease and neurosensory deafness. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; (10): 26–30. (in Russian)
7. Katamanova E.V., Bichev S.S., Rukavishnikov V.S., Lizarev A.V. Hormonal status and disorder of sexual function in males with vibration induced disease after exposure to local vibration. *Ekologiya cheloveka*. 2012; (4): 25–8. (in Russian)
8. Di Gimniani R., Fabiani L., Baldini G., Cardelli G., Giovannelli A., Tihanyi J. Hormonal and Neuromuscular responses to mechanical vibration applied to upper external muscles. *PLoS One*. 2014; 9(11): e111521. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111521>
9. Kryuchkova E.N., Antoshina L.I., Sukhova A.V., Preobrazhenskaya E.A. Influence of factors of electroplating production on the immunoreactivity of the body of workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 959–63. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-959-963> (in Russian)
10. Klimkina K.V., Lapko I.V. The impact of harmful occupational risk factors on the markers of bone metabolism in industrial workers. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 964–8. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-964-968> (in Russian)
11. Veyn A.M., Voznesenskaya T.A. Hypothalamic syndrome. *Vrach*. 2000; (4): 12–4. (in Russian)
12. Artyumuk N.V., Ushakova G.A. Modern ideas about hypothalamic syndrome. *Mat' i Ditya v Kuzbasse*. 2001; (1): 24–7. (in Russian)
13. Chernysheva M.P., Nozdrachev A.D. Neuroendocrine hypothalamus as a homeostat of endogenous time. *Zhurnal evolyutsionnoy biokhimii i fiziologii*. 2017; 53(1): 3–15. <https://doi.org/10.1134/S002209301701001X>
14. Chesnokova N.P., Ponuskalina E.V., Zhevak T.N., Bizenkova M.N. The role of adenohypophysis hormones in the regulation of metabolic homeostasis under normal and pathological conditions. *Nauchnoe obozrenie. Meditsinskie nauki*. 2016; (1): 58–60. (in Russian)