



Научная статья

ОЦЕНКА НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ У РАБОТАЮЩИХ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Е.В. Бахтерева, Е.Л. Лейдерман, Э.Г. Плотко, Т.А. Рябкова

Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, Россия, 620014, г. Екатеринбург, ул. Попова, 30

Комплексная оценка здоровья включает исследование функциональных нарушений центральной и периферической нервной системы. Информация, полученная при нейрофизиологическом обследовании, позволяет разработать эффективные персонифицированные лечебно-профилактические программы для основных профессий в производстве цветных металлов.

Изучены функциональные нарушения центральной и периферической нервной системы у плавильщиков при разработке риск-ориентированных программ реабилитации у работающих в производстве цветных металлов.

Обследованы две группы: контрольная группа – 50 человек, не контактирующих с производственными вредными факторами, и основная – 60 плавильщиков крупного металлургического производства Свердловской области. Группы были сопоставимы по стажу и возрасту. Средний возраст плавильщиков – $37,8 \pm 7,9$ г., средний стаж работы в профессии – $4,1 \pm 4,6$ г. Средний стаж работы во вредных условиях труда составил $7,1 \pm 6,0$ г. Среди обследованных были плавильщики участка РК – рафинировочных котлов ($n = 39$), средний возраст – $35,6 \pm 7,2$ г., средний стаж работы – $4,2 \pm 4,7$ г., и участка РТП – руднотермической печи ($n = 21$). Средний возраст плавильщиков участка РТП составил $41,9 \pm 7,6$ г., стаж работы в профессии составил $3,9 \pm 4,4$ г. Всем проведено нейрофизиологическое обследование (тестирование высших мозговых функций), электронейромиография, соматосенсорные вызванные потенциалы, электроэнцефалограмма.

Полученные результаты исследований высших мозговых функций позволили сформировать нейрокогнитивный профиль обследованных. Выявлены признаки легких когнитивных нарушений в 30 % случаев, снижение когнитивного резерва (35 %). Диагностированы функциональные нарушения периферических нервов в виде дистальной сенсорной полинейропатии верхних и нижних конечностей, туннельных невропатий верхних конечностей на уровне анатомических туннелей (карпального, кубитального канала), радикулопатий шейного и поясничного уровней.

Комплексное нейрофизиологическое обследование позволяет выявить изменения нервной системы на разных уровнях на ранних стадиях. Полученными данными следует руководствоваться при разработке персональных лечебно-профилактических программ реабилитации.

Ключевые слова: *нейрофизиологическое обследование, полинейропатия, компрессионные невропатии, нейрокогнитивный профиль, когнитивный резерв, соматосенсорные вызванные потенциалы, лечебно-профилактические программы, комбинированная токсичность.*

Сохранение качества здоровья и продление трудового долголетия является приоритетным направлением государственной политики Российской Федерации¹ [1]. Комплексная оценка состояния здоровья, включающая исследование функциональных

нарушений нервной системы на разных уровнях, позволяет разработать эффективные персонифицированные лечебно-профилактические программы, реализуемые в рамках Концепции предиктивной, превентивной и персонализированной медицины [1–4].

© Бахтерева Е.В., Лейдерман Е.Л., Плотко Э.Г., Рябкова Т.А., 2023

Бахтерева Елена Владимировна – доктор медицинских наук, научный руководитель, ведущий научный сотрудник нейрофизиологической лаборатории (e-mail: bahtereva@umrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6365-7171>).

Лейдерман Елена Леонидовна – кандидат медицинских наук, заведующий отделением функциональной диагностики, врач функциональной диагностики (e-mail: leyderman@umrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7026-4031>).

Плотко Эдуард Григорьевич – доктор медицинских наук, научный консультант, главный научный сотрудник организационно-методического отдела (e-mail: edvardp@umrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3031-2625>).

Рябкова Татьяна Андреевна – заведующий отделением дневного стационара и медицинской реабилитации, врач физической и реабилитационной медицины (e-mail: ryabkova@umrc.ru; тел.: 8 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7815-0322>).

¹ Заболеваемость населения по основным классам болезней [Электронный ресурс] // Росстат: Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13721> (дата обращения: 11.06.2023); Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека: официальный сайт [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.rosпотребнадзор.ru> (дата обращения: 11.06.2023).

Проблема комбинированного влияния токсических факторов на организм работающих сохраняет актуальность поиска ранних диагностических и эффективных лечебно-профилактических мероприятий для работающих в условиях производства [5–9]. Доказаны влияния отдельных токсикантов, в частности свинца, на нервную, кроветворную, пищеварительную системы, проявляющиеся нарушениями эпигенетического статуса, окислительным повреждением ДНК, изменением количества ретикулоцитов, окислительным стрессом, нейроповеденческими изменениями, генным полиморфизмом активности глутатионпероксидазы, параоксоназы и металлопротеиназы-4 и метаболизма кальция с минеральной плотностью костной ткани [10–21]. Выявлены опасные варианты комбинированной токсичности наночастиц оксида цинка и оксида меди. Установлено, что при воздействии наночастиц серебра, золота, оксидов меди, железа, алюминия, цинка, свинца, никеля, кремния происходит статистически значимое усиление фрагментации ядерной ДНК [7–9].

С 2019 г. на базе ФБУН «Екатеринбургский медицинский-научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий» Роспотребнадзора (ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП) реализуется проект по сохранению здоровья работающих в приоритетных профессиях металлургических предприятий [6]. Плавильщики отделения рафинирования металлургического (плавильного) цеха имеют очень высокий риск развития профессиональной и производственно обусловленной патологии от воздействия комплекса производственных факторов (тяжесть труда, токсиканты (свинец, медь, цинк, сурьма, мышьяк, кадмий)). Информация, полученная при нейрофизиологическом обследовании, позволяет разработать эффективные персонализированные лечебно-профилактические программы, ориентированные на основные мишени развития патологических процессов (центральный и / или периферический уровень нервной системы) [6–9, 11].

Цель исследования – изучить функциональные нарушения нервной системы на разных уровнях у плавильщиков при разработке риск-ориентированных программ реабилитации у работающих в производстве цветных металлов.

Материалы и методы. В клинике медицинского центра обследованы две сопоставимые группы (по полу, возрасту, стажу, уровню образования): контрольная (50 человек, работающие вне воздействия вредных производственных факторов) и основная (60 плавильщиков в возрастном диапазоне от 25 до 53 лет (средний возраст – $37,8 \pm 7,9$ г.) и стажевыми характеристиками в профессии от 0 до 18 лет (средний стаж работы – $4,1 \pm 4,6$ г.)). Длительность работы во вредных условиях труда составила $7,1 \pm 6,0$ г. Среди обследованных были плавильщики участка РК – рафинировочных котлов ($n = 39$) в возрасте от 25 до 49 лет (средний возраст – $35,6 \pm 7,2$ г.) и стажем работы в профессии от 0 до 18 лет (сред-

ний стаж работы – $4,2 \pm 4,7$ г.) и участка РТП – руднотермической печи ($n = 21$). Плавильщики участка РТП были в возрасте от 27 до 53 лет (средний возраст – $41,9 \pm 7,6$ г.), стаж работы в профессии составил $3,9 \pm 4,4$ г. (стаж работы – от 0 до 18 лет).

На основании данных специальной оценки условий труда на рабочих местах плавильщиков участка РК и участка РТП кратность превышения среднесменных концентраций свинца над ПДК достигала величины 1,94 раза, что характеризует условия труда как класс 3.1. Концентрации меди и оксида цинка на всех рабочих местах были ниже соответствующих ПДК, за исключением рабочего места плавильщика участка РТП, где зафиксировано превышение соответствующих ПДК в 1,02 раза среднесменных концентраций как меди, так и оксида цинка (до $0,51 \text{ мг/м}^3$ при $\text{ПДК}_{\text{ср}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$). Более высокие кратности превышения ПДК выявлены при «контрольных» измерениях содержания свинца и его неорганических соединений. В воздухе рабочей зоны на рабочих местах плавильщиков участка (плавильного) РК кратность превышения среднесменного ПДК составила 46,6, 30,4, 48,4 раза, что характеризует условия труда как класс 3.4 по содержанию соединений свинца и химическому фактору в целом. Все обследуемые – мужчины.

Контрольная группа включала 50 человек близкого возраста ($Me = 51$ (48; 55) год), никогда не работавших в условиях воздействия вредных производственных факторов. Критерии невключения в исследование: травматическое повреждение нервов, демиелинизирующие заболевания нервной системы, наследственные заболевания, сахарный диабет, патология щитовидной железы, электрокардиостимулятор.

Проведена стимуляционная электромиография конечностей (ЭНМГ) на аппарате Dantec Keypoint G4 с анализом показателей: латентность сенсорных и моторных ответов (мс), скорость проведения импульса по моторным волокнам (СПИм, м/с) и по сенсорным волокнам (СПИС, м/с), амплитуда моторного ответа (Ам, мВ) и сенсорного ответа (Ас, мкВ, F-волну).

При исследовании соматосенсорных вызванных потенциалов (ССВП), выполненном по стандартной методике на аппарате Нейро-МВП-4 «Нейрософт» (Россия), оценивали при разной частоте стимуляции 3–5 Гц пиковые потенциалы и межпиковые интервалы. Анализировали амплитуду компонентов, пиковую и межпиковые латентности.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) проведена с использованием «Нейро-МВП-4» по стандартной методике.

Проведено комплексное обследование невролога с оценкой клинических показателей, нейропсихологическое тестирование (Монреальская шкала – Мока-тест (норма – 26–30 баллов), тесты на семантические опосредованные ассоциации (норма – более 15 слов), фонетическую речевую активность (норма –

более 15 слов); с помощью данных тестов оценивали глобальную когнитивную функцию и отдельные компоненты (концентрация, внимание, память, ориентация, исполнительные функции, абстрактное мышление, зрительно-конструктивные навыки).

Исследование выполнено неинвазивными методами и соответствует этическим стандартам биоэтического комитета НИИ комплексных проблем гигиены и профессиональных заболеваний, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных исследований с участием человека» с поправками 2013 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными приказом Минздрава России № 266 от 19.06.2003.

Результаты и их обсуждение. Полученные результаты исследований высших мозговых функций позволили сформировать нейрокогнитивный профиль обследованных. У обследованных основной группы при проведении Мока-теста в 35 % случаев показатель составил менее 26 баллов (19–24 балла), у 35 % обследованных – 26 баллов (пограничное значение нормы), у 30 % – более 27 баллов. В контрольной группе 90 % обследованных набрали более 26 баллов, выраженных нарушений когнитивных функций не выявлено.

Тесты на семантическую и фонетическую речевую активность. Данные тестирования позволили сформулировать особенности нейрокогнитивного профиля обследованных основной группы: нарушения оптико-пространственной деятельности (20 %), нарушение создания альтернирующего пути (15 %), нарушение конструктивного праксиса лобного типа (тест часов) (15 %), нарушение семантической речевой активности (30 %), снижение фонетически опосредованных ассоциаций (40 %) (показатель подкорково-лобной дисфункции), нарушение процесса запоминания и процесса воспроизведения (40 %) (лобно-подкорковые нарушения), нарушение абстрактного мышления (обобщение) (20 %), исполнительные функции сохранены – 100 %, снижение внимания – 30 %. Анализ тестов на семантическую и фонетическую речевую активность выявил снижение фонетически опосредованных ассоциаций по сравнению с семантически опосредованными ассоциациями как признак подкорково-лобной дисфункции. Диагностированы признаки легких когнитивных нарушений в 35 % случаев, снижение когнитивного резерва (35 %). Стоит отметить, что активных жалоб обследованные и основной, и контрольной групп не предъявляли.

Результаты ЭНМГ-исследования показали достоверно более значительные изменения показателей в основной группе ($p < 0,05$). Выявлены признаки туннельных невропатий верхних конечностей у 20 % исследуемых (увеличение латентности по сенсорным и моторным волокнам по срединным нервам на уровне карпального канала и по локте-

вым нервам на уровне кубитального канала, уменьшение Ас срединного нерва на уровне карпального канала). В 35 % случаев были выявлены признаки снижения амплитуды М-ответа и диагностировано аксональное моторное нарушение проводимости, из них в 25 % случаев – по периферическим нервам нижних конечностей, в 10 % случаев – по периферическим нервам верхних конечностей. В 30 % случаев регистрировали сенсорные нарушения проводимости в виде удлинения латентности, снижения амплитуды и скорости проведения импульса, из них в 20 % случаев – по сенсорным волокнам верхних конечностей, в 10 % – по сенсорным волокнам нижних конечностей. У 15 % обследованных показатели электронной миографии (ЭНМГ) были в норме.

При анализе ССВП у обследованных контрольной группы все показатели были в норме. При проведении исследования параметры пиков показателей в основной группе также были в пределах нормативных значений (табл. 1).

Таблица 1

ССВП с верхних конечностей в основной группе

Уровень	Компонент	Латентность, мс
С3'-Fz (кора)	N20	22,1 ± 1,6
	P23	
	N30	
	P45	
С7-Fz (шея)	N11	
	N13	13,2 ± 0,9
	N14	
	P18	
(т. Эрба)	N9	10,7 ± 0,88
	P8	

В основной группе при анализе межпиковых интервалов выявлены признаки нарушения афферентации на подкорково-корковом уровне. При проведении ССВП с верхних конечностей оценивали N13 как потенциал, отражающий в основном постсинаптическую активацию ядер продолговатого мозга, и N20 – потенциал, отражающий активность генераторов в таламусе или таламокортикальной радиации. Время проведения от нижних отделов ствола до коры, определяемое интервалом времени между компонентами N13–N20, было увеличено. Межпиковый интервал N13–N20 С7-Fz–С3'-Fz составил $8,9 \pm 0,6$, межпиковый интервал латенции N30–P37 С7-Fz–Cz-Fz1 составил $2,2 \pm 1,6$. Удлинение времени проведения от нижних отделов ствола головного мозга до коры свидетельствует о дисфункции проведения на этом уровне (табл. 2).

При исследовании СВСП с нижних конечностей активности генераторов в подкорковых структурах (N30) и потенциал, отражающий первично корковую активацию соматосенсорной зоны соответствующей проекции ноги (P37), были в пределах нормы (табл. 3).

Таблица 2
Межпиковые интервалы ССВП с верхних конечностей в основной группе

Уровень	Межпиковый интервал	Латентность, мс
Erb-Fz – C7-Fz	N9–N13	4,6 ± 0,8
Erb-Fz – C3'-Fz	N9–N20	10,1 ± 0,77
C7-Fz – C3' Fz	N13–N20	8,9 ± 0,6

Таблица 3
ССВП с нижних конечностей в основной группе

Уровень	Компоненты	Латентность, мс
L3-R (поясничный)	N22	25,2 ± 2,5
C7-Fz (шейный)	N30	30,1 ± 3,0
Cz-Fz (кора)	P37	42,4 ± 3,3
	N45	50,3 ± 3,2

Таблица 4
Межпиковые интервалы ССВП с нижних конечностей в основной группе

Уровень	Межпиковый интервал	Латентность, мс
L3-R – Cz-Fz	N22–P37	19,1 ± 1,55
L3-R – C7-Fz	N22–N30	7,5 ± 1,07
C7-Fz – Cz-Fz	N30–P37	12,2 ± 1,6

При анализе межпиковой активности регистрировалось незначительное удлинение межпиковой латенции N30–P37, что свидетельствует о дисфункции проведения на подкорково-корковом уровне (табл. 4).

Таким образом, у пациентов основной группы при исследовании ССВП верхних и нижних конечностей зарегистрировано изменение (замедление)

афферентации на подкорково (стволовом)-корковом уровне.

При анализе данных ЭЭГ достоверных различий между группами выявлено не было.

Выводы. Анализ функционального состояния центральной и периферической нервной системы у обследованных рабочих, контактирующих с комплексом вредных токсических факторов, показал преобладание дистальных нарушений моторного и сенсорного проведения как компрессионные поражения нервов, а также признаки аксональной патологии преимущественно на поясничном уровне. Комплексный подход позволил определить особенности нейрочувствительного профиля с выявлением начальных лобно-подкорковых нарушений, снижения когнитивного резерва. В основной группе пациентов при исследовании ССВП верхних и нижних конечностей зарегистрировано изменение (замедление) афферентации на подкорково (стволовом)-корковом уровне. Полученные сведения корреспондируют с данными других исследований [4, 5, 10, 13, 14]. Выявленные изменения позволили разработать лечебно-профилактические персонализированные программы, направленные на основные патогенетические мишени, с включением нейропротективных методик.

Таким образом, комплексное нейрофизиологическое обследование должно входить в программу обследования работающих в условиях воздействия токсических факторов, в частности цветной металлургии, так как позволяет выявить изменения центральной и периферической нервной системы.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Хабриев Р.У., Линденбратен А.Н., Комаров Ю.Н. Стратегия охраны здоровья населения как основа социальной политики государства // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2014. – Т. 22. № 2. – С. 3–5.
2. Шастин А.С., Газимова В.Г. Корпоративная медицина: предикативная, превентивная и персонализированная. Социальное партнерство науки и бизнеса // Здоровье и окружающая среда: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Минск: Изд. центр БГУ, 2021. – С. 184–186.
3. Шевченко О.И., Русанова Д.В., Лахман О.Л. Нейрофизиологические и нейропсихологические особенности пациентов с профессиональной нейросенсорной тугоухостью // Гигиена и санитария. – 2019. – Т. 98, № 10. – С. 1068–1073. DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-10-1068-1073
4. Шпичко А. И., Шпичко Н. П., Босенко С. А. Маркеры реабилитационного прогноза: комплексная оценка поврежденного мозга на основе методик электроэнцефалографии и соматосенсорных вызванных потенциалов // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2020. – Т. 23, № 1. – С. 24–28. DOI: 10.17816/MSER34230
5. Универсальность феномена «нейротоксичность» (обзор литературы) / А.И. Головкин, Ю.Ю. Ивницкий, М.Б. Иванов, В.Л. Рейнюк // Токсикологический вестник. – 2021. – Т. 29, № 5. – С. 4–16. DOI: 10.36946/0869-7922-2021-29-5-4-16
6. О смысле понятия «гормезис» и его месте в общей теории зависимости ответа организма на потенциально вредное воздействие от его силы / В.Г. Панов, И.А. Минигалиева, Т.В. Бушуева, Л.И. Привалова, С.В. Клинова, В.Б. Гурвич, М.П. Сутункова, Б.А. Кацнельсон // Токсикологический вестник. – 2020. – № 5 (164). – С. 2–9. DOI: 10.36946/0869-7922-2020-5-2-9
7. Оценка комбинированной и сравнительной токсичности наночастиц оксида цинка и оксида меди в эксперименте in vivo / И.А. Минигалиева, М.П. Сутункова, Б.А. Кацнельсон, Л.И. Привалова, В.Г. Панов, В.Б. Гурвич, И.Н. Чернышов, С.Н. Соловьева [и др.] // Здоровье населения и среда обитания – 3НиСО. – 2021. – № 6 (339). – С. 34–40. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-339-6-34-40

8. Генотоксический эффект воздействия некоторых элементарных или элементнооксидных наночастиц и его ослабление комплексом биопротекторов / М.П. Сутункова, О.Г. Макеев, Л.И. Привалова, И.А. Минигалиева, В.Б. Гурвич, С.Н. Соловьева, С.В. Клинова, В.О. Рузаков [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2018. – № 11. – С. 10–15. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-11-10-16
9. Влияние генетического полиморфизма генов GSTM1, GSTT1, GSTP1 на содержание металлов в крови у плавильщиков производства сплавов цветных металлов / Д.Р. Шаихова, А.М. Амромина, И.А. Берёза, А.С. Шастин, В.Г. Газимова, М.П. Сутункова, В.Б. Гурвич // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 3. – С. 176–181. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.17
10. Особенности поражения нервной системы, выявляемые при регистрации соматосенсорных вызванных потенциалов у пациентов с вибрационной болезнью / Л.С. Васильева, Д.В. Русанова, Н.В. Сливницына, О.Л. Лахман // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 10. – С. 1073–1078. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1073-1078
11. Lehmann D., Skrandies W. Spatial analysis of evoked potentials in man – a review // Prog. Neurobiol. – 1984. – Vol. 23, № 3. – P. 227–250. DOI: 10.1016/0301-0082(84)90003-0
12. Update on environmental risk factors for attention-deficit/hyperactivity disorder / T.E. Froehlich, J.S. Anixt, I.M. Loe, V. Chirdkiatgumchai, L. Kuan, R.C. Gilman // Curr. Psychiatry Rep. – 2011. – Vol. 13, № 5. – P. 333–344. DOI: 10.1007/s11920-011-0221-3
13. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences / K. Rehman, F. Fatima, I. Waheed, M.S.H. Akash // J. Cell. Biochem. – 2018. – Vol. 119, № 1. – P. 157–184. DOI: 10.1002/jcb.26234
14. Ravibabu K., Bagepally B.S., Barman T. Association of musculoskeletal disorders and inflammation markers in workers exposed to lead (Pb) from Pb-battery manufacturing plant // Indian J. Occup. Environ. Med. – 2019. – Vol. 23, № 2. – P. 68–72. DOI: 10.4103/ijocem.IJOEM_192_18
15. Misra U.K., Kalita J. Toxic neuropathies // Neurol. India. – 2009. – Vol. 57, № 6. – P. 697–705. DOI: 10.4103/0028-3886.59463
16. Ravibabu K., Barman T., Rajmohan H.R. Serum neuron-specific enolase, biogenic amino-acids and neurobehavioral function in lead-exposed workers from lead-acid battery manufacturing process // Int. J. Occup. Environ. Med. – 2015. – Vol. 6, № 1. – P. 50–57. DOI: 10.15171/ijocem.2015.436
17. Lead (Pb) exposure induces disturbances in epigenetic status in workers exposed to this metal / P.P. Devóz, W.R. Gomes, M.L. De Araújo, D. Ribeiro, T. Pedron, L.M. Gregg Antunes, B.L. Batista, F. Barbosa Jr., G.R.M. Barcelos // J. Toxicol. Environ. Health A. – 2017. – Vol. 80, № 19–21. – P. 1098–1105. DOI: 10.1080/15287394.2017.1357364
18. Oxidative damage of DNA in subjects occupationally exposed to lead / N. Pawlas, E. Olewińska, I. Markiewicz-Górka, A. Kozłowska, L. Januszewska, T. Lundh, K. Pawlas // Adv. Clin. Exp. Med. – 2017. – Vol. 26, № 6. – P. 939–945. DOI: 10.17219/acem/64682
19. Toxicity and occupational health hazards of coal fly ash / R. Tumane, S. Pingle, A. Jawade, K. Randive // In book: Medical Geology in Mining / ed. by K. Randive, S. Pingle, A. Agnihotri. – Cham, Switzerland: Springer, 2022. – P. 349–359. DOI: 10.1007/978-3-030-99495-2_14
20. Hobson-Webb L.D., Juel V.C. Common entrapment neuropathies // Continuum: Lifelong Learning in Neurology. – 2017. – Vol. 23, № 2. – P. 487–511. DOI: 10.1212/CON.0000000000000452
21. Lead (Pb) exposure enhances expression of factors associated with inflammation / E. Metryka, K. Chibowska, I. Gutowska, A. Falkowska, P. Kupnicka, K. Barczak, D. Chlubek, I. Baranowska-Bosiacka // Int. J. Mol. Sci. – 2018. – Vol. 19, № 6. – P. 1813. DOI: 10.3390/ijms19061813

Оценка нейрофизиологических параметров состояния нервной системы у работающих в производстве цветных металлов / Е.В. Бахтерева, Е.Л. Лейдерман, Э.Г. Плотко, Т.А. Рябкова // Анализ риска здоровью. – 2023. – № 3. – С. 156–162. DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.15

ASSESSMENT OF NEUROPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF THE NERVOUS SYSTEM IN NON-FERROUS FOUNDRY WORKERS**E.V. Bakhtereva, E.L. Leiderman, E.G. Plotko, T.A. Riabkova**

Yekaterinburg Medical Research Center for Prophylaxis and Health Protection in Industrial Workers, 30 Popov St., Yekaterinburg, 620014, Russian Federation

A comprehensive assessment of the health status includes the functional exploration of the central and peripheral nervous systems. Results of the neurophysiological examination allow elaboration of effective personalized therapeutic and preventive programs for the core personnel of non-ferrous metal industry.

Our objective was to study functional disorders of the central and peripheral nervous systems in smelter operators for further development of risk-based rehabilitation programs for workers engaged in production of non-ferrous metals.

Two cohorts of male workers were examined. The case cohort included 60 smelter operators of a large metallurgical plant situated in the Sverdlovsk Region and the control cohort consisted of 50 unexposed employees. The cohorts were matched by age and years of work experience. The mean age of smelter operators was 37.8 ± 7.9 years and their mean length of current employment was 4.1 ± 4.6 years, while the total length of work under hazardous occupational conditions was 7.1 ± 6.0 years. The case cohort included 39 operators of refinery boilers (mean age: 35.6 ± 7.2 years, mean length of employment: 4.2 ± 4.7 years) and 21 operators of the ore thermal furnace (mean age: 41.9 ± 7.6 years, mean length of current employment: 3.9 ± 4.4 years). All subjects underwent a neurocognitive examination (higher brain function testing), electroneuromyography, the somatosensory evoked response test, and electroencephalography.

The results of examining the higher brain function enabled us to form the neurocognitive profile of the workers. We revealed signs of mild cognitive impairment in 30 % and a decrease in the cognitive reserve in 35 % of the cases. The diagnosed peripheral nervous system disorders included distal sensory polyneuropathy of the upper and lower extremities, carpal and cubital tunnel syndromes, cervical and lumbar radiculopathy.

The comprehensive neurophysiological examination helps detect early changes in the central and peripheral nervous systems. The findings should be taken into account when developing personal medical rehabilitation programs.

Keywords: neurophysiological examination, polyneuropathy, compression neuropathies, neurocognitive profile, cognitive reserve, somatosensory evoked potentials, prevention and treatment programs, combined toxicity.

References

1. Khabriev R.U., Lindendraten A.L., Komarov Yu.M. The strategy of health care of population as a background of public social policy. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, 2014, vol. 22, no. 2, pp. 3–5 (in Russian).
2. Shastin A.S., Gazimova V.G. Korporativnaya meditsina: predikativnaya, preventivnaya i personalizirovannaya [Corporate health care: Predictive, preventive and personalized]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Health and Environment: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Minsk, November 19–20, 2020]*. Minsk, Belorussian State University Publ., 2021, pp. 184–186 (in Russian).
3. Shevchenko O.I., Rusanova D.V., Lakhman O.L. Neurophysiological and neuropsychological features at patients from occupational noise-induced hearing loss. *Gigiena i sanitariya*, 2019, vol. 98, no. 10, pp. 1068–1073. DOI: 10.47470/0016-9900-2019-98-10-1068-1073 (in Russian).
4. Shpichko A.I., Shpichko N.P., Bosenko S.A. Rehabilitation forecast markers: complex assessment of damaged brain using electroencephalogram (EEG) and somatosensory evoked potentials (SSEP). *Mediko-sotsial'naya ekspertiza i reabilitatsiya*, 2020, vol. 23, no. 1, pp. 24–28. DOI: 10.17816/MSER34230 (in Russian).
5. Golovko A.I., Ivnitky Ju.Ju., Ivanov M.B., Rejnyuk V.L. Universality of the phenomenon of “neurotoxicity” (literature review). *Toksikologicheskii vestnik*, 2021, vol. 29, no. 5, pp. 4–16. DOI: 10.36946/0869-7922-2021-29-5-4-16 (in Russian).

© Bakhtereva E.V., Leiderman E.L., Plotko E.G., Riabkova T.A., 2023

Elena V. Bakhtereva – Doctor of Medical Sciences, Scientific Supervisor, Leading Researcher of Neurophysiological Laboratory (e-mail: bahtereva@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6365-7171>).

Elena L. Leiderman – Candidate of Medical Sciences, Head of the Functional Diagnostics Department, functional medicine doctor (e-mail: leyderman@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7026-4031>).

Eduard G. Plotko – Doctor of Medical Sciences, Academic Advisor, Chief Researcher of the Organizational and Methodological Department (e-mail: edvardp@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3031-2625>).

Tatiana A. Riabkova – Head of the Day Hospital and Medical Rehabilitation Department, doctor of physical and rehabilitation medicine (e-mail: ryabkova@ymrc.ru; tel.: +7 (343) 253-87-54; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7815-0322>).

6. Panov V.G., Minigaliyeva I.A., Bushueva T.V., Privalova L.I., Klinova S.V., Gurvich V.B., Sutunkova M.P., Katsnelson B.A. On the meaning of the term “hormesis” and its place in the general theory of the dependence of the body’s response to potentially harmful effects on its strength. *Toxicologicheskii vestnik*, 2020, no. 5 (164), pp. 2–9. DOI: 10.36946/0869-7922-2020-5-2-9 (in Russian).
7. Minigaliyeva I.A., Sutunkova M.P., Katsnelson B.A., Privalova L.I., Panov V.G., Gurvich V.B., Chernyshov I.N., Solovyeva S.N. [et al.]. Assessment of combined and comparative toxicity of zinc oxide and copper oxide nanoparticles in the in vivo experiment. *ZNiSO*, 2021, no. 6 (339), pp. 34–40. DOI: 10.35627/2219-5238/2021-339-6-34-40 (in Russian).
8. Sutunkova M.P., Makeyev O.G., Privalova L.I., Minigaliyeva I.A., Gurvich V.B., Solov’yova S.N., Klinova S.V., Ruzakov V.O. [et al.]. Genotoxic effect of some elemental or element oxide nanoparticles and its diminution by bioprotectors combination. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, 2018, no. 11, pp. 10–16. DOI: 10.31089/1026-9428-2018-11-10-16 (in Russian).
9. Shaikhova D.R., Amromina A.M., Bereza I.A., Shastin A.S., Gazimova V.G., Sutunkova M.P., Gurvich V.B. Effects of genetic polymorphisms of GSTM1, GSTT1 and GSTP genes on blood metal levels in non-ferrous metal alloy smelter operators. *Health Risk Analysis*, 2022, no. 3, pp. 176–181. DOI: 10.21668/health.risk/2022.3.17 (in Russian).
10. Vasileva L.S., Rusanova D.V., Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L. Features of the nervous system damage in the registration of somatosensory-evoked potentials in patients with vibration disease. *Gigiena i sanitariya*, 2020, vol. 99, no. 10, pp. 1073–1078. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-10-1073-1078 (in Russian).
11. Lehmann D., Skrandies W. Spatial analysis of evoked potentials in man – a review. *Prog. Neurobiol.*, 1984, vol. 23, no. 3, pp. 227–250. DOI: 10.1016/0301-0082(84)90003-0
12. Froehlich T.E., Anixt J.S., Loe I.M., Chirdkiatgumchai V., Kuan L., Gilman R.C. Update on environmental risk factors for attention-deficit/hyperactivity disorder. *Curr. Psychiatry Rep.*, 2011, vol. 13, no. 5, pp. 333–344. DOI: 10.1007/s11920-011-0221-3
13. Rehman K., Fatima F., Waheed I., Akash M.S.H. Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *J. Cell. Biochem.*, 2018, vol. 119, no. 1, pp. 157–184. DOI: 10.1002/jcb.26234
14. Ravibabu K., Bagepally B.S., Barman T. Association of musculoskeletal disorders and inflammation markers in workers exposed to lead (Pb) from Pb-battery manufacturing plant. *Indian J. Occup. Environ. Med.*, 2019, vol. 23, no. 2, pp. 68–72. DOI: 10.4103/ijoom.IJOEM_192_18
15. Misra U.K., Kalita J. Toxic neuropathies. *Neurol. India*, 2009, vol. 57, no. 6, pp. 697–705. DOI: 10.4103/0028-3886.59463
16. Ravibabu K., Barman T., Rajmohan H.R. Serum neuron-specific enolase, biogenic amino-acids and neurobehavioral function in lead-exposed workers from lead-acid battery manufacturing process. *Int. J. Occup. Environ. Med.*, 2015, vol. 6, no. 1, pp. 50–57. DOI: 10.15171/ijoom.2015.436
17. Devóz P.P., Gomes W.R., De Araújo M.L., Ribeiro D., Pedron T., Greggi Antunes L.M., Batista B.L., Barbosa F. Jr., Barcelos G.R.M. Lead (Pb) exposure induces disturbances in epigenetic status in workers exposed to this metal. *J. Toxicol. Environ. Health A*, 2017, vol. 80, no. 19–21, pp. 1098–1105. DOI: 10.1080/15287394.2017.1357364
18. Pawlas N., Olewińska E., Markiewicz-Górka I., Kozłowska A., Januszewska L., Lundh T., Pawlas K. Oxidative damage of DNA in subjects occupationally exposed to lead. *Adv. Clin. Exp. Med.*, 2017, vol. 26, no. 6, pp. 939–945. DOI: 10.17219/acem/64682
19. Tumane R., Pingle S., Jawade A., Randive K. Toxicity and occupational health hazards of coal fly ash. In book: *Medical Geology in Mining*. In: K. Randive, S. Pingle, A. Agnihotri eds. Cham, Springer, 2022, pp. 349–359. DOI: 10.1007/978-3-030-99495-2_14
20. Hobson-Webb L.D., Juel V.C. Common entrapment neuropathies. *Continuum: Lifelong Learning in Neurology*, 2017, vol. 23, no. 2, pp. 487–511. DOI: 10.1212/CON.0000000000000452
21. Metryka E., Chibowska K., Gutowska I., Falkowska A., Kupnicka P., Barczak K., Chlubek D., Baranowska-Bosiacka I. Lead (Pb) exposure enhances expression of factors associated with inflammation. *Int. J. Mol. Sci.*, 2018, vol. 19, no. 6, pp. 1813. DOI: 10.3390/ijms19061813

Bakhtereva E.V., Leiderman E.L., Plotko E.G., Riabkova T.A. Assessment of neurophysiological parameters of the nervous system in non-ferrous foundry workers. Health Risk Analysis, 2023, no. 3, pp. 156–162. DOI: 10.21668/health.risk/2023.3.15.eng

Получена: 13.06.2023

Одобрена: 08.09.2023

Принята к публикации: 21.09.2023