

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ OCCUPATIONAL DISEASES

DOI: 10.29413/ABS.2018-3.6.11

УДК 616-009.66-071

Васильева Л.С., Сливницына Н.В., Лахман О.Л., Шевченко О.И.

Возможности применения современных нейрофизиологических методов в диагностике вибрационной болезни

ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»
(665827, г. Ангарск, 12а микрорайон, 3, Россия)

Резюме

Вибрационная болезнь (ВБ) является одной из ведущих патологий в структуре профзаболеваний. На сегодняшний день необходимо более детальное изучение патогенеза и расширение возможностей диагностики ВБ. Цель исследования – определение диагностической ценности стабилотрии, количественного сенсорного тестирования и нейроэнергокартирования при ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации.

Методы исследования. Были обследованы две группы пациентов: первая – 50 человек с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (возраст $48,7 \pm 3,1$ года), вторая 30 человек, не контактирующие с вибрацией (возраст $49,1 \pm 2,8$ года). Проведены исследования функции равновесия, определение уровня постоянного потенциала мозга по 12 стандартным отведениям и определение температурной и болевой чувствительности. Статистическая обработка результатов проведена при помощи программного пакета Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

Результаты. При ВБ вертикальное положение пациентов более неустойчиво, чем у пациентов, не контактирующих с вибрацией. У пациентов с ВБ отмечается повышение порога холодовой чувствительности и снижение порога тепловой чувствительности и тепловой боли, по сравнению с группой контроля. По полученным данным повышенный уровень постоянного потенциала у пациентов с ВБ наблюдается в центральном ($22,7$ ($12,6$; $30,7$) мВ) и правом центральном ($20,4$ ($11,5$; $27,1$) мВ) отведениях, а также средний уровень постоянного потенциала в этой группе является повышенным – $17,1$ ($8,4$; $25,8$) мВ.

Заключение. Результаты свидетельствуют о вовлечении в патологический процесс нейросенсорного комплекса, объединённого едиными таламическими и корковыми центрами, и подтверждают диагностическую ценность использованных методик.

Ключевые слова: вибрационная болезнь, стабилотрия, количественное сенсорное тестирование, нейроэнергокартирование

Для цитирования: Васильева Л.С., Сливницына Н.В., Лахман О.Л., Шевченко О.И. Возможности применения современных нейрофизиологических методов в диагностике вибрационной болезни. Acta biomedica scientifica, 2018, 3 (6), 82-87, DOI 10.29413/ABS.2018-3.6.11.

Possibilities of Application of Modern Neurophysiological Methods in Diagnosis of Vibration Disease

Vasileva L.S., Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L., Shevchenko O.I.

East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research
(12a mikrorayon 3, Angarsk 665827, Russian Federation)

Abstract

Vibration disease is one of the leading in the structure of occupational diseases. A more detailed study of the pathogenesis, expanding the possibilities of diagnosis of vibration disease, is necessary. The aim of the study is to determine the diagnostic value of stabilometry, quantitative sensory testing and neuroenergocarting in vibration disease associated with the combined effects of local and general vibration. Materials and methods. Two groups of patients were examined: with the diagnosis of vibration disease associated with the combined effect of local and general vibration – 50 people (age 48.7 ± 3.1 years), not in contact with vibration – 30 people (age 49.1 ± 2.8 years). The study of the equilibrium function, the determination of the level of the constant potential of the brain by 12 standard leads and the determination of temperature and pain sensitivity. Statistical processing of the results was carried out using the software package "Statistica 6.0" (StatSoft Inc., USA). Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$. Results. In vibration disease, the vertical stance of patients is more unstable than in patients with no contact with vibration. In patients with vibration disease, there is a decrease in the threshold of cold sensitivity and an increase in the threshold of thermal sensitivity and thermal pain compared to the control group. According to our data, the increased level of permanent potential in patients with vibration disease is observed in the central (22.7 (12.6 ; 30.7) mV) and right central (20.4 (11.5 ; 27.1) mV), also the average level of permanent capacity in this group is increased – 17.1 (8.4 ; 25.8) mV.

Conclusion. The results obtained indicate the involvement of the neurosensory complex united by single thalamic and cortical centers in the pathological process and confirm the diagnostic value of the methods used.

Key words: vibration disease, stabilometry, quantitative sensory testing, neuroenergocarting

For citation: Vasileva L.S., Slivnitsyna N.V., Lakhman O.L., Shevchenko O.I. Possibilities of application of modern neurophysiological methods in diagnosis of vibration disease. Acta biomedica scientifica, 2018, 3 (6), 82-87, DOI 10.29413/ABS.2018-3.6.11.

ОБОСНОВАНИЕ

Вибрационная болезнь (ВБ) в настоящее время занимает второе место в структуре профзаболеваний (34,6 % – по Иркутской области, 41,85 % – по Российской Федерации), приводя к снижению трудоспособности мужского населения, ещё не достигшего пенсионного возраста. Более детальное изучение патогенеза, расширение возможностей диагностики ВБ на сегодняшний день является необходимым [1].

Как известно, все чувствительные проводящие пути проходят в составе медиальной и латеральной петель через ядра таламуса в свой корковый центр в постцентральной извилине. Затем по эфферентным путям в обратном направлении они достигают органов-мишеней (зон воздействия локальной и общей вибрации). Длительное патологическое воздействие вибрации на организм приводит к возникновению очагов застойного возбуждения в спинномозговом, таламическом и корковом центрах вибрационной чувствительности. При развитии заболевания патологическое возбуждение распространяется на рядом расположенные центры болевой и температурной чувствительности, проприорецепции. Следовательно, в патологический процесс вовлекается весь нейросенсорный комплекс [3].

По данным компьютерной электроэнцефалографии (КЭЭГ) при воздействии вибрации на организм также описаны патологические очаги в головном мозге. Выявляются эквивалентные дипольные источники патологической активности в лобно-центральных отделах и таламусе (клинически это проявляется нарушением чувствительности), наблюдаются изменения со стороны коры больших полушарий, мозжечка, ствольных структур и гипоталамуса [4].

Представляет интерес изучение энергетического обмена головного мозга при помощи метода нейроэнергокартирования, который, по сравнению с КЭЭГ, является более чувствительным и высокоинформативным [5, 10].

В поддержании равновесия задействованы вестибулярная, проприоцептивная и зрительная системы [8]. Вследствие нарушения проприоцепции у пациентов с ВБ логично предположить наличие нарушений равновесия.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение диагностической ценности стабилотметрии, количественного сенсорного тестирования и нейроэнергокартирования при вибрационной болезни, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели были отобраны две группы пациентов: основная группа (ОГ) – 50 пациентов с установленным диагнозом ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации (средний возраст $48,7 \pm 3,1$ года); группа контроля (ГК) – 30 относительно здоровых мужчин, не контактирующих с вибрацией (средний возраст $49,1 \pm 2,8$ года).

Клинически у пациентов основной группы выявлены следующие проявления ВБ: периферический ангиодистонический синдром рук; умеренно выраженная вегетативно-сенсорная полинейропатия верхних и нижних конечностей.

При формировании обследуемых групп исключались пациенты с тяжёлой соматической патологией, перенёсшие черепно-мозговые травмы, проводились дополнительные исследования для исключения синдрома позвоночной артерии, сосудистых аномалий, которые могут проявиться нарушениями равновесия и изменением церебрального кровотока.

Исследование функции равновесия проводилось на электронном стабилотренажёре ST-150 с биологической обратной связью; определение уровня постоянных потенциалов (УПП) – на аппаратно-программном комплексе для топографического картирования электрической активности «Нейро-КМ» по 12 стандартным отведениям; количественное сенсорное тестирование (КСТ) – на нейросенсорном анализаторе модели TSA-II.

Обследование пациентов соответствовало этическим стандартам в соответствии с Хельсинской декларацией Всемирной организации здравоохранения «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утверждёнными Приказом Минздрава РФ № 266 от 19.06.2003 г. Все обследованные подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Статистическая обработка результатов проведена при помощи программного пакета Statistica 6.0 (StatSoft Inc., США). Методы описательной статистики включали в себя оценку медианы, нижнего и верхнего квартилей. Определение статистической значимости различий проводили с помощью непараметрического метода Уилкоксона. Статистически значимыми считались различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведённого обследования групп пациентов при помощи стабилотметрии были получены следующие результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1
Основные стабилметрические показатели
пациентов

Table 1
The basic stabilometric indicators of the patients

Параметры	Основная группа	Группа контроля	p
L _о , мм	371,5 (290,2; 448,9)	223,7 (195,2; 292,3)	0,01
L _з , мм	485,3 (374,4; 679,3)	351,7 (288,5; 450,0)	0,02
V _о , мм/с	13,0 (9,9; 15,2)	7,5 (6,6; 10,3)	0,01
V _з , мм/с	16,2 (12,6; 23,0)	12,1 (9,9; 15,4)	0,02
S _з , мм ²	241,1 (132,9; 445,5)	174,6 (92,4; 262,9)	0,04
Max X _о , мм	7,4 (5,7; 10,2)	5,9 (3,9; 7,4)	0,03
Max X _з , мм	9,7 (7,1; 13,8)	7,3 (5,5; 9,6)	0,04
Max Y _о , мм	11,7 (9,8; 16,8)	8,4 (6,5; 9,9)	0,02
A _о , Дж	3,3 (2,0; 5,8)	1,3 (0,9; 2,02)	0,01
A _з , Дж	5,4 (3,2; 12,2)	2,6 (1,9; 4,6)	0,01

Примечание. L_о, L_з – длина статокинезиограммы с открытыми и закрытыми глазами соответственно; V_о, V_з – скорость перемещения центра давления с открытыми и закрытыми глазами соответственно; S_з – площадь отклонения центра давления с закрытыми глазами; Max X_о, Max X_з – максимальная амплитуда колебаний центра давления относительно фронтальной оси с открытыми и закрытыми глазами соответственно; Max Y_о – максимальная амплитуда колебаний центра давления относительно сагиттальной оси с открытыми глазами; A_о, A_з – работа с открытыми и закрытыми глазами соответственно.

Как видно из таблицы 1, при ВБ вертикальное положение пациентов более неустойчиво, чем у пациентов, не контактирующих с вибрацией. Длина статокинезиограммы у пациентов ГК равна 223,7 (195,2; 292,3) мм с открытыми глазами, 351,7 (288,5; 450,0) мм – с закрытыми глазами, что ниже чем у пациентов ОГ на 40 % и 27,5 % (371,5 (290,3; 448,9) и 485,3 (374,4; 679,3) мм соответственно). Средняя скорость перемещения центра давления (ЦД) в ОГ равна 13,0 (9,9; 15,2) мм/с с открытыми глазами, 16,2 (12,6; 23,0) мм/с – с закрытыми глазами; в ГК – 7,5 (6,6; 10,3) и 12,1 (9,9; 15,4) мм/с соответственно. Площадь отклонения ЦД с закрытыми глазами в ГК на 27,5 % ниже (174,6 (92,4; 262,9) мм²), чем в ОГ – 241,1 (132,9; 445,5) мм². Максимальная амплитуда колебаний ЦД статистически значимо ниже в ГК: относительно фронтальной оси с открытыми глазами в ГК – 5,9 (3,9; 7,4) мм, в ОГ – 7,4 (5,7; 10,2) мм; относительно фронтальной оси с закрытыми глазами в ГК – 7,3 (5,5; 9,6) мм, в ОГ – 9,7 (7,1; 13,8) мм; относительно сагиттальной оси с открытыми глазами в ГК – 8,4 (6,5; 9,9) мм, в ОГ – 11,7 (9,8; 16,8) мм. Также, как видно из таблицы, пациентам в ГК легче поддерживать вертикальную позу, так как ими проделана меньшая механическая работа как с открытыми (1,3 (0,9; 2,02) Дж), так и с закрытыми глазами (2,6 (1,9; 4,6) Дж), а в ОГ работа с открытыми глазами в среднем равна 3,3 (2,0; 5,8) Дж, с закрытыми – 5,4 (3,2; 12,2) Дж.

По результатам КСТ пороговые значения чувствительности в группе пациентов с ВБ статистически значимо (p < 0,05) отличались от таковых в ГК (табл. 2). Холодовая чувствительность на руках в основной группе ниже (23,5 (20,3; 25,8) °C), чем в

ГК (29,7 (28,6; 30,4) °C); на ногах данные показатели составили 20,9 (19,4; 22,7) и 26,3 (24,5; 27,6) °C соответственно. Тепловая чувствительность при ВБ находилась на более высоких температурных значениях (на руках – 40,2 (39,3; 42,2) °C, на ногах – 41,6 (40,6; 47,7) °C) по сравнению с ГК (на руках – 34,9 (34,1; 35,9) °C, на ногах – 40,7 (37,7; 42,4) °C). Порог тепловой боли в основной группе достигает на руках 49,5 (49,0; 50,0) °C, на ногах – 49,8 (49,6; 50,0) °C; в ГК – 46,8 (43,3; 50,0) и 48,9 (46,8; 50,0) °C соответственно.

Таблица 2
Изменение порогов температурной и болевой
чувствительности, °C

Table 2
Thresholds change of temperature and pain sensitivity
(degrees Celsius)

Параметры	Основная группа	Группа контроля	p
CS hand arm	23,5 (20,3; 25,8)	29,7 (28,6; 30,4)	0,01
WS hand arm	40,2 (39,3; 42,2)	34,9 (34,1; 35,9)	0,01
HP hand arm	49,5 (49,0; 50,0)	46,8 (43,3; 50,0)	0,02
CS foot	20,9 (19,4; 22,7)	26,3 (24,5; 27,6)	0,01
WS foot	41,6 (40,6; 47,7)	40,7 (37,7; 42,4)	0,01
HP foot	49,8 (49,6; 50,0)	48,9 (46,8; 50,0)	0,02

Примечание. CS – холоддовая чувствительность; WS – тепловая чувствительность; HP – тепловая боль; hand arm – руки; foot – ноги.

У пациентов с ВБ отмечалось повышение порога холодовой чувствительности и понижение порога тепловой чувствительности, по сравнению с пациентами ГК. Учитывая, что максимальная температура нагревания датчика составляла 50 °C, значение порога тепловой боли у пациентов с ВБ может быть выше полученных данных, так как у 69 % обследованных при достижении максимальной температуры болевые ощущения отсутствовали, а в ГК боль ощущалась в 100 % случаев.

Полученные данные свидетельствуют о нарушении работы тонких сенсорных волокон (миелинизированных А-δ и немиелинизированных волокон С-типа).

Метод нейроэнергокартирования (НЭК) оценивает состояние утилизации глюкозы головным мозгом, а следовательно, и состояние энергетической активности мозга. При любом стрессе вегетативная нервная система стремится к адаптации. Длительное воздействие вибрации на организм можно рассматривать как стрессорный фактор, который приводит к срыву адаптации и повышению нейрометаболизма. По полученным нами данным (табл. 3), повышенный уровня постоянного потенциала (УПП) у пациентов с ВБ отмечался в центральном (22,7 (12,6; 30,7) мВ) и правом центральном (20,4 (11,5; 27,1) мВ) отведении, также средний УПП в этой группе являлся повышенным – 17,1 (8,4; 25,8) мВ. Следовательно, в патологическом процессе задействованы центральные неспецифические структуры (в частности, ретикулярная формация, проходящая через ядра таламуса). Чем выше УПП, тем ниже рН мозга. При длительном повышении функциональной активности мозга происходит изменение кислотно-щелочного

равновесия в сторону ацидоза, то есть включается резервное звено нейрометаболизма – анаэробный гликолиз. Если же основной путь метаболизма находится в равновесии, то резервному пути нет необходимости включаться. Это видно в ГК, где средний УПП равен 8,04 (5,4; 12,8) мВ, в центральном отведении – 7,6 (3,3; 16,1) мВ, в правом центральном – 12,04 (2,9; 18,9) мВ, а в правом лобном отведении УПП даже снижен и составляет 1,24 (-1,8; 7,3) мВ.

Таблица 3
Изменение уровня постоянного потенциала
Table 3
Changing the level of permanent capacity

Параметры	Основная группа	Группа контроля	p
Fd, мВ	10,9 (5,5; 18,2) норма	1,24 (-1,8; 7,3) пониженный	0,02
Cd, мВ	20,4 (11,5; 27,1) повышенный	12,04 (2,9; 18,9) норма	0,01
Cz, мВ	22,7 (12,6; 30,7) повышенный	7,6 (3,3; 16,1) норма	0,005
Средний УПП, мВ	17,1 (8,4; 25,8) повышенный	8,04 (5,4; 12,8) норма	0,01

Примечание. Fd – УПП в правом лобном отведении; Cd – УПП в правом центральном отведении; Cz – УПП в центральном отведении.

ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время имеются единичные публикации, освещающие возможности применения стабилотрии в диагностике ВБ. В поддержании равновесия задействованы вестибулярная, проприоцептивная и зрительная системы [8]. По полученным нами данным, можно утверждать, что у пациентов с ВБ страдает проприоцептивная чувствительность. Об этом говорят более высокие стабилотрические показатели в позе Ромберга с закрытыми глазами. Подобные поструральные изменения были описаны у рабочих, подвергающихся воздействию производственной вибрации [7, 9].

Изменения порогов температурной и болевой чувствительности, полученные при проведении КСТ, согласуются с исследованиями других авторов. Ими описаны повышения порога холодовой чувствительности, снижение порога тепловой чувствительности и изменения болевых порогов при полинейропатии вибрационного генеза [2, 6].

Выявленные нами области повышения энергетического обмена в головном мозге соответствуют патологическим очагам, определяемым при КЭЭГ. Эти очаги соответствуют отделам головного мозга, отвечающим за чувствительность (лобно-центральный отдел, таламус) [4].

Результаты, полученные нами и другими исследователями, говорят о возможностях применения современных методов обследования в диагностике ВБ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, у пациентов с ВБ, связанной с сочетанным воздействием локальной и общей вибрации, по сравнению с пациентами группы контроля, отмечаются нарушения со стороны вертикальной

устойчивости, повышение порога холодовой чувствительности, снижение порога тепловой чувствительности, высокий порог тепловой боли, повышение нейрометаболизма. Это свидетельствует о вовлечении в патологический процесс нейросенсорного комплекса, объединённого единими таламическими и корковыми центрами, и подтверждает диагностическую ценность использованных методик.

Источник финансирования

Финансирование в рамках выполнения бюджетной темы.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азовскова Т.А., Вакурова Н.В., Лаврентьев Н.Е. О современных аспектах диагностики и классификации вибрационной болезни // Русский медицинский журнал. – 2014. – № 16. – С. 1206–1209
2. Бехтерева Е.В., Широков В.А., Кривцова И.П. Оценка распространенности и анализ болевого синдрома верхних конечностей у горнорабочих // Уральский медицинский журнал. – 2011. – № 9. – С. 74–77.
3. Картапольцева Н.В. Общие закономерности поражения центральной и периферической нервной системы при действии физических факторов (локальной вибрации и шума) на организм работающих // Acta biomedica scientifica. – 2012. – № 2. – С. 40–44.
4. Катаманова Е.В., Нурбаева Д.Ж. Анализ патологической активности ЭЭГ у лиц, подвергающихся воздействию общей и локальной вибрации // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 3-4. – С. 570–573.
5. Михеев Н.Н., Жарикова М.В., Елисева Л.В., Борисова Ю.В. Определение нейрометаболизма у пациентов с легкими и умеренными когнитивными нарушениями // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2015. – № 2. – С. 15–22.
6. Непершина О.П., Лагутина Г.Н., Кузьмина Л.П., Скрыпник О.В., Рябинина С.Н., Лагутина А.П. Современный подход к оценке сенсорных нарушений при полинейропатии вибрационного генеза // Медицина труда и промышленная экология. – 2016. – № 6. – С. 37–42.
7. Оконешникова Н.П. Стабилотрический метод исследования в диагностике вибрационной болезни от воздействия общей вибрации // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки: Матер. XXIX междунар. студенческой науч.-практ. конф. – 2017. – № 3. – С. 234–236.
8. Скворцов Д.В. Стабилотрическое исследование: краткое руководство. – М.: Маска, 2010. – 172 с.
9. Сушинская Т.М., Рыбина Т.М., Кардаш О.Ф., Марьенко И.П., Кругликова М.А. Возможности стабилотрического исследования для оценки устойчивости вертикальной позы у работников, занятых в условиях воздействия производственной вибрации // Доклады БГУИР. – 2016. – № 7. – С. 350–353.
10. Шмырев В.И., Витько Н.К., Миронов Н.П., Соколова Л.П., Борисова Ю.В., Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Нейроэнергокартирование – высокоинформативный

метод оценки функционального состояния мозга. Данные нейроэнергетического картирования при когнитивных нарушениях и снижении умственной работоспособности: методические рекомендации. – М., 2010. – 21 с.

11. Azhary H. (2010). Peripheral neuropathy: differential diagnosis and management. *Am Fam Physician*, 81, 887-882.

12. Baron F, Binder A, Wasner G. (2010) Neuro-pathic pain: diagnosis, pathophysiological mechanisms, and treatment. *Lancet Neurol*, 9, 807-819. doi: 10.1016/S1474-4422(10)70143-5.

13. Brammer AJ. (2010). Quantitative test for sensory hand symptoms based on mechanoreceptor-specific vibrotactile thresholds. *J Acoust Soc Am*, 127 (2), 1146-1155. doi: 10.1121/1.3270395.

14. Dyck PJ, Argyros B, Russell JW, Gahnstrom LE, Nalepa S, Albers JW, Vella A. (2014). Multicenter trial of the proficiency of smart quantitative sensation tests. *Muscle Nerve*, 49 (5), 645-653. doi: 10.1002/mus.23982.

15. Dyck PJ, Carter RE, Litchy WJ. (2011). Modeling nerve conduction criteria for diagnosis of diabetic polyneuropathy. *Muscle Nerve*, 44 (3), 340-345. doi: 10.1002/mus.22074.

16. Sauni R, Toivo P, Paakkonen R. (2015). Work disability after diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*, 88 (8), 1061-1068. doi: 10.1007/s00420-015-1034-1.

REFERENCES

1. Azovskova TA, Vakurova NV, Lavrentyev NE. (2014). On modern aspects of diagnosis and classification of vibration disease [O sovremennykh aspektakh diagnostiki i klassifikatsii vibratsionnoy bolezni]. *Russkiy meditsinskiy zhurnal*. (16), 1206-1209. (In Russ.)

2. Bakhtereva EV, Shirokov VA, Krivtsova IP. (2011). Evaluation and analysis of pain syndromes of upper extremities in miners [Otsenka rasprostranennosti i analiz bolevoogo sindroma verkhnikh konechnostey u gornorabochikh]. *Ural'skiy meditsinskiy zhurnal*, (9), 74-77. (In Russ.)

3. Kartapol'tseva NV. (2012). Common regularities in disorders of central and peripheral nervous system at the influence of physical factors (local vibration and noise) on employees' organisms [Obshchie zakonomernosti porazheniya tsentral'noy i perifericheskoy nervnoy sistemy pri deystvii fizicheskikh faktorov (lokal'noy vibratsii i shuma) na organizm rabotayushchikh]. *Acta biomedica scientifica*, (2), 40-44. (In Russ.)

4. Katamanova EV, Nurbaeva DZh. (2016). Analysis of pathological EEG activity in persons exposed to general and local vibration [Analiz patologicheskoy aktivnosti EEG u lits, podvergayushchikhsya vozdeystviyu obshchey i lokal'noy vibratsii]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, (3-4), 570-573. (In Russ.)

5. Mikheev NN, Zharikova MV, Eliseeva LV, Borisova YuV. (2015). Determination of neurometabolism in patients with mild and moderate cognitive impairments [Opredelenie neyrometabolizma u patsientov s legkimi i umerennymi kognitivnymi narusheniyami]. *Vestnik rentgenologii i radiologii*, (2), 15-22. (In Russ.)

6. Nepershina OP, Lagutina GN, Kuzmina LP, Skrypnik OV, Ryabinina SN, Lagutina AP. (2016). Contemporary approach to evaluation of sensory disorders in polyneuropathy due to vibration [Sovremennyy podkhod k otsenke sensorykh narusheniy pri polineyropatii vibratsionnogo geneza]. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*, (6), 37-42. (In Russ.)

7. Okoneshnikova NP. (2017). Stabilometric method of investigation in the diagnosis of vibration disease from the effects of general vibration [Stabilometricheskii metod issledovaniya v diagnostike vibratsionnoy bolezni ot vozdeystviya obshchey vibratsii]. *Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Estestvennye nauki: Materialy XXIX mezhdunarodnoy studencheskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*, (3), 234-236. (In Russ.)

8. Skvortsov DV. (2010). Stabilometric study: compendia [Stabilometricheskoe issledovanie: kratkoe rukovodstvo]. Moskva, 172 p. (In Russ.)

9. Sushinskaya TM, Rybina TM, Kardash OF, Maryenko IP, Kruglikova MA. (2016). Stabilographic study to assessment of the vertical posture stability in vibration-exposed workers. [Vozmozhnosti stabilograficheskogo issledovaniya dlya otsenki ustoychivosti vertikal'noy pozy u rabotnikov, zanyatykh v usloviyakh vozdeystviya proizvodstvennoy vibratsii]. *Doklady BGUIR*, (7), 350-353. (In Russ.)

10. Shmyrev VI, Vitko NK, Mironov NP, Sokolova LP, Borisov YuV, Fokin VF, Ponomareva NV. (2010). Neuroenergocarting – highly informative method of assessing the functional state of the brain. These neuroenergocarting with cognitive impairment and decrease of mental capacity [Neyroenergokartirovanie – vysokoinformativnyy metod otsenki funktsional'nogo sostoyaniya mozga. Dannye neyroenergokartirovaniya pri kognitivnykh narusheniyakh i snizhenii umstvennoy rabotosposobnosti: metodicheskie rekomendatsii]. Moskva, 21 p. (In Russ.)

11. Azhary H. (2010). Peripheral neuropathy: differential diagnosis and management. *Am Fam Physician*, 81, 887-882.

12. Baron F, Binder A, Wasner G. (2010) Neuro-pathic pain: diagnosis, pathophysiological mechanisms, and treatment. *Lancet Neurol*, 9, 807-819. doi: 10.1016/S1474-4422(10)70143-5.

13. Brammer AJ. (2010). Quantitative test for sensory hand symptoms based on mechanoreceptor-specific vibrotactile thresholds. *J Acoust Soc Am*, 127 (2), 1146-1155. doi: 10.1121/1.3270395.

14. Dyck PJ, Argyros B, Russell JW, Gahnstrom LE, Nalepa S, Albers JW, Vella A. (2014). Multicenter trial of the proficiency of smart quantitative sensation tests. *Muscle Nerve*, 49 (5), 645-653. doi: 10.1002/mus.23982.

15. Dyck PJ, Carter RE, Litchy WJ. (2011). Modeling nerve conduction criteria for diagnosis of diabetic polyneuropathy. *Muscle Nerve*, 44 (3), 340-345. doi: 10.1002/mus.22074.

16. Sauni R, Toivo P, Paakkonen R. (2015). Work disability after diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*, 88 (8), 1061-1068. doi: 10.1007/s00420-015-1034-1.

Сведения об авторах

Васильева Лариса Сергеевна – аспирант, врач-невролог, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (665827, г. Ангарск, 12-а микрорайон, 3; e-mail: lorik.shalamova@yandex.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-5643-441X>

Сливницына Наталья Валерьевна – кандидат медицинских наук, заведующая неврологическим отделением клиники, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (665827, г. Ангарск, 12-а микрорайон, 3; e-mail: knvspi@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-8984-2452>

Лакман Олег Леонидович – доктор медицинских наук, профессор, профессор РАН, директор, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (665827, г. Ангарск, 12-а микрорайон, 3; e-mail: lakhman_o_l@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

Шевченко Оксана Ивановна – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований» (665827, г. Ангарск, 12-а микрорайон, 3; e-mail: oich68@list.ru)  <http://orcid.org/0000-0003-4842-6791>

Information about the authors

Larisa S. Vasileva – Postgraduate, Neurologist, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (665827, Angarsk, 12a mikrorayon, 3; e-mail: lorik.shalamova@yandex.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-5643-441X>

Natalya V. Slivnitsyna – Cand. Sc. (Med.), Head of the Neurological Unit of the Clinic, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (665827, Angarsk, 12a mikrorayon, 3; e-mail: knvspi@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-8984-2452>

Oleg L. Lakhman – Dr. Sc. (Med.), Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (665827, Angarsk, 12a mikrorayon, 3; e-mail: lakhman_o_l@mail.ru)  <http://orcid.org/0000-0002-0013-8013>

Oksana I. Shevchenko – Cand. Sc. (Biol.), Senior Research Officer, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research (665827, Angarsk, 12a mikrorayon, 3; e-mail: oich68@list.ru)  <http://orcid.org/0000-0003-4842-6791>