

<https://doi.org/10.34883/PI.2023.13.1.022>



Дайхес Н.А., Сааркоппель Л.М., Зайцева О.В. ✉, Бомштейн Н.Г.
Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии
Федерального медико-биологического агентства, Москва, Россия

Состояние вестибулярной системы при шумовибрационном воздействии

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования – Дайхес Н.А.; обзор литературы, подбор и анализ данных, написание статьи – Сааркоппель Л.М.; концепция, сбор материала, обработка, написание статьи – Зайцева О.В.; сбор материала, обработка – Бомштейн Н.Г.

Подана: 01.02.2023

Принята: 20.03.2023

Контакты: o.v.zaytseva@yandex.ru

Резюме

Введение. Шум и вибрация – одни из ведущих факторов в формировании профессиональных заболеваний. Клинические проявления вибрационного воздействия полисиндромны и зависят как от характера и длительности действия вибрации, от влияния дополнительных неблагоприятных факторов производственной и окружающей среды, так и от индивидуальной резистентности организма.

Цель. Оценка состояния вестибулярной системы у лиц, работающих в условиях шумовибрационного воздействия.

Материалы и методы. Проведено вестибулологическое, в том числе стабилотографическое, обследование 500 рабочих предприятия экспериментального машиностроения, контактирующих в процессе трудовой деятельности с шумо- и виброгенерирующим оборудованием.

Результаты. Полученные результаты позволили сделать выводы о том, что комплексное воздействие вредных факторов рабочей среды при доминирующем влиянии шумовибрационного фактора формирует постуральные нарушения по мере увеличения стажа, а выраженность постуральных расстройств существенно выше у лиц шумовибрационных профессий. Ввиду сопоставимости значения зрительного контроля у лиц обследованных групп в развитии постуральных нарушений у лиц шумо- и виброопасных профессий можно предположить заинтересованность в патологическом процессе центральных механизмов регуляции поддержания позы, включая дисбаланс центрального отдела вестибулярного анализатора и нарушение проприоцептивной чувствительности.

Ключевые слова: вестибулярная система, стабилотография, вибрационное воздействие, шумовое воздействие, профессиональные заболевания

Nikolay A. Daikhes, Ludmila M. Saarkoppel, Olga V. Zaytseva ✉, Natalia G. Bomstein
National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal
Medico-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

Vestibular System Condition under Noise and Vibration Exposure

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design – Nikolay A. Daikhes; literature review, selection of analytical data and analysis, text writing – Ludmila M. Saarkoppel; concept, material collection, processing, text writing – Olga V. Zaytseva; material collection, processing – Natalia G. Bomstein.

Submitted: 01.02.2023

Accepted: 20.03.2023

Contacts: o.v.zaytseva@yandex.ru

Abstract

Introduction. Noise and vibration are one of the leading factors in the formation of occupational diseases. Clinical manifestations of vibration effects are polysyndromic and depend either on the nature and duration of vibration exposure, on the influence of additional adverse factors of industrial and environmental conditions, nor on the individual resistance of the organism.

Purpose. Assessment of vestibular system state in persons working under conditions of noise and vibration exposure.

Materials and methods. A vestibulological examination, including stabilographic one, of 500 workers of an experimental mechanical engineering enterprise, contacting with noise- and vibration-generating equipment in course of their labor activity, was carried out.

Results. The results obtained allowed us to conclude that the integrated impact of harmful factors of the working environment with the dominant influence of the noise and vibration factors forms postural disorders with increasing seniority, and the severity of postural disorders is significantly higher in persons of noise and vibration occupations. In view of the comparability of visual control significance in the development of postural disorders in subjects of noise- and vibration-hazardous occupations within the examined groups, is possible to assume the involvement of central mechanisms of postural maintenance regulation in the pathological process, including an imbalance of the central vestibular analyzer section and proprioceptive sensitivity impairment.

Keywords: vestibular system, stabilography, vibration exposure, noise exposure, occupational diseases

■ ВВЕДЕНИЕ

Вибрация и шум являются факторами большой гигиенической, медицинской и социальной значимости, поскольку их длительное воздействие ведет к формированию профессиональных, производственно обусловленных заболеваний и потере трудоспособности. Вибрация значительно усиливает неблагоприятное влияние шума, что ведет к формированию изменения физиологических показателей ряда систем человеческого организма.

Клинические проявления вибрационного воздействия полисиндромны и зависят как от характера и длительности действия вибрации, от влияния дополнительных неблагоприятных факторов производственной и окружающей среды, так и от индивидуальной резистентности организма [1–4].

Развитие промышленности ведет к увеличению контингента лиц, подвергающихся воздействию интенсивного производственного шума, что приводит к нарушению многих функций организма. Шум становится одним из ведущих факторов в формировании профессиональной патологии. Вопросам влияния шума на организм работающих посвящены многочисленные исследования, свидетельствующие о значительных экономических потерях, высоких показателях заболеваемости и сложности механизма биологического действия шума на организм [5–9].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка состояния вестибулярной системы у лиц, работающих в условиях шумо-вибрационного воздействия.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Краткая санитарно-гигиеническая характеристика обследуемых групп

Оценка условий труда проводилась по данным санитарно-гигиенических характеристик (СГХ) условий труда работника и карт специальной оценки условий труда с протоколами замеров уровней вибрации (виброскорости и виброускорения) и шума на рабочих местах. Анализ профессионального маршрута осуществлялся по данным заверенных копий трудовых книжек и трудовых договоров.

Ведущие профессии обследуемых горнорабочих: проходчики подземные, горнорабочие очистного забоя (ГРОЗ), горнорабочие подземные, крепильщики. К шумо- и виброопасным профессиям из числа обследованных рабочих машиностроительных предприятий относились обрубщики и слесари-сборщики.

При осуществлении своих трудовых функций все обследуемые использовали инструменты, генерирующие локальную вибрацию выше ПДУ (ручные перфораторы, отбойные молотки и др.). В зависимости от профессиональной принадлежности выявлены особенности по уровням воздействующей на работника вибрации и наличию других вредных производственных факторов, усугубляющих течение вибрационной патологии: шума выше ПДУ, физического напряжения мышц верхних конечностей и плечевого пояса статического и динамического характера, неблагоприятного охлаждающего микроклимата.

Классы условий труда по вибрации составляли 3.2–3.4 и 3.1–3.3 соответственно. Уровень шума в этих профессиях варьировался от 3.1 до 3.3. Физические нагрузки определялись как соответствующие 3.1–3.2 классам. Параметры микроклимата варьировали от 2 до 3.1 класса вредности. Работа обрубщика также связана с интенсивным воздействием пылевого фактора – класс 3.1–3.4.

Критерии отбора испытуемых

1. Критерии включения пациентов в исследование:

- наличие письменного информированного согласия пациента на участие в исследовании;

- пациенты мужского пола в возрасте старше 18 лет;
 - пациенты, работающие в контакте с локальной вибрацией выше ПДУ;
 - возможность следовать протоколу исследования.
2. Критерии не включения пациентов в исследование:
- отсутствие письменного информированного согласия пациента на участие в исследовании;
 - пациенты с сопутствующими заболеваниями внутренних органов в стадии обострения или в стадии декомпенсации, затрудняющими следование протоколу исследования;
 - пациенты с иными состояниями здоровья, которые будут препятствовать участию в исследовании;
 - пациенты с онкологическими заболеваниями;
 - пациенты с алкогольной, наркотической или лекарственной зависимостью;
 - невыполнение требований протокола.
3. Критерии исключения пациентов из исследования:
- отказ пациента от дальнейшего участия в исследовании;
 - выявление сопутствующих заболеваний внутренних органов в стадии обострения или в стадии декомпенсации, затрудняющих участие в протоколе исследования, возникших в период проведения исследования;
 - алкогольная, наркотическая или лекарственная зависимость;
 - невыполнение требований протокола.

Методы исследования

1. Анализ медицинской документации (данные медицинской карты стационарного больного, выписки из медицинских учреждений, анализ профессионального маршрута и санитарно-гигиенической характеристики условий труда).
2. Объективный осмотр и опрос.
3. Исследование постуральных нарушений на стабилметрическом комплексе «Траст-М».
4. Статистическая обработка результатов с помощью программы Microsoft Excel (версия 2010).

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты оценки ВСР у лиц шумо- и виброопасных профессий

Обследование проведено у 500 рабочих предприятия экспериментального машиностроения, контактирующих в процессе трудовой деятельности с шумо- и виброгенерирующим оборудованием. Средний возраст составил $52,5 \pm 6,3$ года, стаж работы – $24,2 \pm 6,7$ года.

Нозологические формы профессиональной патологии у обследованных были представлены преимущественно вибрационной болезнью различных стадий в 51% случаев и нейросенсорной тугоухостью в 9,2%. Из общесоматических заболеваний чаще встречались мягкая артериальная гипертензия (в 12,3% случаев) и остеохондроз с преимущественным поражением пояснично-крестцового отдела позвоночника (8,9%).

Результаты стабилотрии у лиц шумо- и виброопасных профессий

Данное исследование проведено в двух сопоставимых по возрасту группах пациентов мужского пола.

Основная группа обследованных состояла из 104 человек с установленным диагнозом ВБ, связанной с воздействием локальной вибрации. У 54 человек (52%) была диагностирована ВБ I степени, у 50 пациентов (48%) – ВБ II степени, связанная с воздействием локальной вибрации. У 18 пациентов (17,3%) основной группы ВБ сочеталась с нейросенсорной тугоухостью профессионального генеза различной степени выраженности. Профессиональный состав был представлен рабочими предприятий из контингента ФМБА, имевшими в процессе трудовой деятельности контакт с локальной вибрацией и шумом выше ПДУ. Средний возраст составил $48,1 \pm 4,4$ года, стаж работы во вредных условиях труда – $19,8 \pm 3,2$ года.

Группу контроля составили 30 мужчин, не контактирующих в процессе трудовой деятельности с вредными производственными факторами (средний возраст $46,9 \pm 3,7$ года). Критериями включения в исследование являлось отсутствие в анамнезе черепно-мозговых травм, сердечно-сосудистых заболеваний, в том числе синдрома вертебробазилярной системы.

Анализ результатов предварительного неврологического обследования пациентов обеих групп показал, что в основной группе помимо характерных для ВБ жалоб на боли, зябкость, парестезии и чувство онемения в руках около половины пациентов (51 человек) периодически отмечали головокружение несистемного характера. Покачивание в позе Ромберга с закрытыми глазами отмечено у 96 человек (92,3%), при ходьбе с закрытыми глазами – у половины обследованных (52 пациента).

В группе контроля жалобы на головокружение предъявлялись примерно в четверти случаев (7 человек), что было меньше, чем в основной группе. У 11 человек (36,7%) выявлена неустойчивость в позе Ромберга. У 4 пациентов контрольной группы (13,3%) отмечена шаткость при ходьбе с закрытыми глазами, что также имело значимую разницу с основной группой (см. таблицу).

При проведении стабилотрии нарушения функции равновесия выявлены у большего числа обследуемых как в основной (98 пациентов – 94,2%), так и в контрольной группе (17 пациентов – 57%) (хи-квадрат 3,86; $p=0,050$). При этом постуральные нарушения отмечались как во фронтальной, так и в сагиттальной плоскости и во всех случаях расценивались как умеренные.

Длина статокенизограммы с открытыми глазами варьировалась у пациентов с вибрационной болезнью от 208,1 до 359,2 мм, составляя в среднем 295,2 мм.

Частота субъективных и клинических проявлений постуральных расстройств
Frequency of subjective and clinical manifestations of postural disorders

Жалобы, симптомы	Основная группа, n=104	Контрольная группа, n=30	Достоверность различий, хи-квадрат
Головокружение	51	7	3,96
Неустойчивость в позе Ромберга	96	11	2,02
Шаткость при ходьбе с закрытыми глазами	52	4	4,58
Нарушение равновесия при стабилотрии	98	17	3,86

При закрытых глазах длина статокинезиограммы увеличивалась почти в полтора раза (на 49%) и составляла 439,5 мм (от 231,8 до 579,7 мм). В группе контроля аналогичный показатель в среднем составлял 237,4 мм (от 187,1 до 281,2 мм), что было достоверно меньше, чем в основной группе ($p < 0,05$). Тем не менее, прирост данного показателя при закрытии глаз был сопоставим с аналогичным в основной группе и составил 40% (рис. 1).

Скорость перемещения ЦД с открытыми глазами (V_o , норма $< 10,6$ мм/с) у пациентов с вибрационной патологией в среднем составляла 12,3 мм/с (от 7,9 до 14,9 мм/с) и 16,3 мм/с (от 12,6 до 18,2 мм/с) при закрытии глаз (V_z , норма $< 11,5$ мм/с), прирост показателя составлял 35%. У лиц контрольной группы данный показатель был несколько ниже – 9,3 мм/с с открытыми глазами (от 6,7 до 11,4 мм/с) и 11,3 мм/с (от 8,6 до 14,2 мм/с) – прирост 22%. Достоверных различий между показателями не выявлено ($p > 0,05$) (рис. 2).

Площадь отклонения центра давления в первой фазе пробы (S_o , норма < 99 мм²) варьировалась в основной группе от 89 до 195,6 мм² со средним значением 130,3 мм², во второй фазе пробы (S_z , норма < 258 мм²) – от 145,7 до 397,1 мм², составляя в среднем 272,5 мм², что было достоверно больше, чем у лиц группы контроля, где данный показатель при открытых глазах колебался от 72,5 до 128,7 мм², составляя в среднем 98,2 мм², а при закрывании глаз – от 115,1 до 312 мм² и в среднем был равен 202,9 мм²

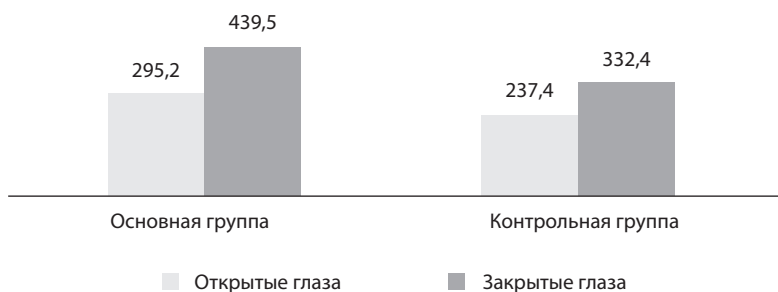


Рис. 1. Динамика длины статокинезиограммы (мм) в результате стабилотрии
Fig. 1. Dynamics of statokinesiogram length (mm) as a result of stabilometry

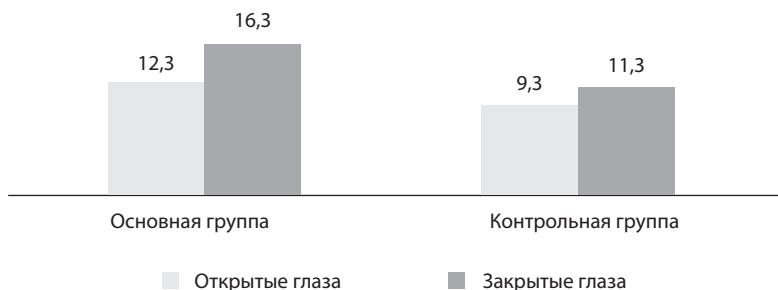


Рис. 2. Динамика скорости перемещения центра давления (мм/с) в результате стабилотрии
Fig. 2. Dynamics of pressure center displacement rate (mm/s) as a result of stabilometry

($p < 0,05$). Приросты показателя при закрывании глаз в основной и контрольной группах были почти равнозначные (109 и 107%) (рис. 3).

Максимальная амплитуда колебаний относительно фронтальной плоскости с открытыми глазами составляла 8,5 мм в среднем (от 4,0 до 14,5 мм) в основной группе и 6,6 мм в контроле (от 3,3 до 13 мм), что не имело статистически значимых различий ($p > 0,05$).

Максимальная амплитуда колебаний относительно сагиттальной плоскости при вибрационной патологии составляла в среднем 12,9 мм (от 5,1 до 24,4 мм) и 9,6 мм в контроле (от 4,6 до 20,9 мм), что также достоверно не различалось ($p > 0,05$) (рис. 4).

Уровень энерготрат (работа) для поддержания равновесия как при открытых, так и при закрытых глазах был достоверно выше в основной группе и составлял соответственно 2,8 Дж (от 1,9 до 6,9 Дж) и 5,6 Дж (от 4,4 до 10,9 Дж). Прирост энерготрат составлял 124%. В контроле данный показатель в первую фазу пробы в среднем был 1,6 Дж (от 1,1 до 3,7 Дж), во вторую фазу – 3,1 Дж (от 2,0 до 4,8 Дж). Прирост энерготрат в контроле был сопоставим с основной группой и составил 94% (рис. 5).

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют об увеличении частоты постуральных нарушений при длительном воздействии шумовибрационного фактора.

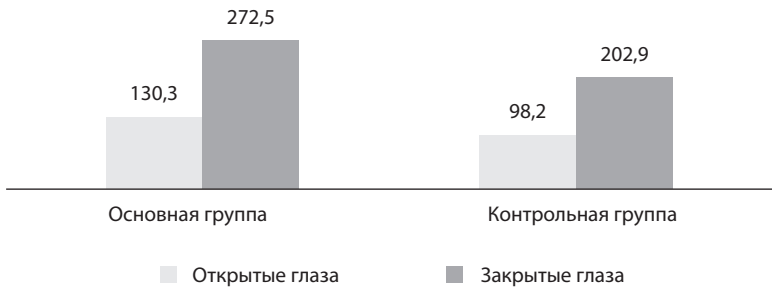


Рис. 3. Динамика площади отклонения центра давления (мм²) в результате стабилотрии
Fig. 3. Dynamics of pressure center deviation area (mm²) as a result of stabilometry

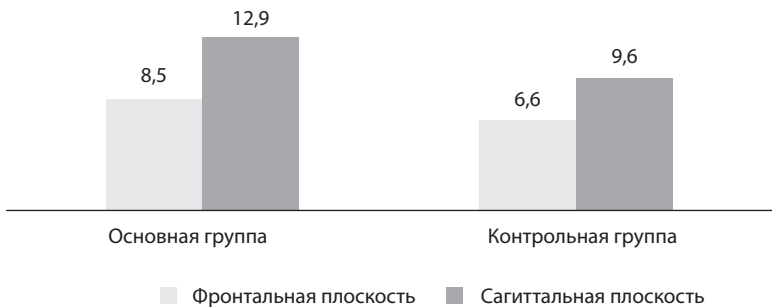


Рис. 4. Динамика максимальной амплитуды колебаний (мм) в результате стабилотрии
Fig. 4. Dynamics of the maximum oscillation amplitude (mm) as a result of stabilometry

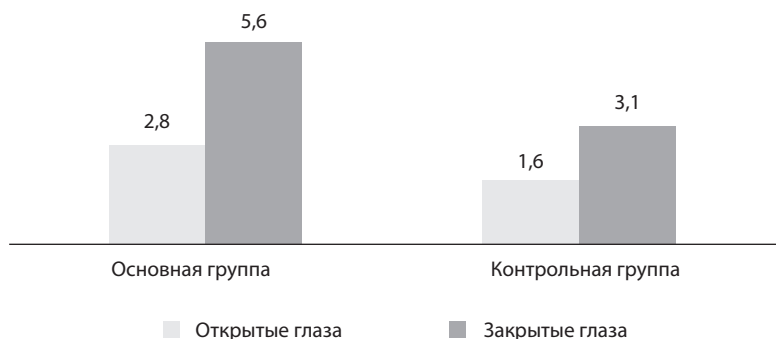


Рис. 5. Динамика работы для поддержания равновесия (Дж) в результате стабилометрии
Fig. 5. Dynamics of work for maintaining balance (J) as a result of stabilometry

По результатам стабилометрической пробы в поддержании равновесия большое значение имел зрительный контроль, однако значимость его существенно не различалась у лиц основной и контрольной группы.

■ ВЫВОДЫ

1. Комплексное воздействие вредных факторов рабочей среды при доминирующем влиянии шумовибрационного фактора формирует постуральные нарушения по мере увеличения стажа.
2. Выраженность постуральных расстройств существенно выше у лиц шумовибрационных профессий. Ввиду сопоставимости значения зрительного контроля у лиц обследованных групп в развитии постуральных нарушений у лиц шумо- и виброопасных профессий можно предположить заинтересованность в патологическом процессе центральных механизмов регуляции поддержания позы, включая дисбаланс центрального отдела вестибулярного анализатора и нарушение проприоцептивной чувствительности.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Liubchenko P. Value of new diagnostic technologies in assessing prognosis for occupational diseases. *Med Tr Prom Ekol.* 2001;12:7–12. (in Russian)
2. Tarasova L., Sorkina N. Contemporary variants of occupational diseases. *Med Tr Prom Ekol.* 2003;5:29–33. PMID: 12874882. (in Russian)
3. Babanov S., Azovskova T., Baraeva R. Modern approaches to the classification of vibration disease in the light of domestic and international experience. *Occupational health and safety at industrial enterprises.* 2016;9:36–43. (in Russian)
4. Babanov S., Azovskova T., Baraeva R. Modification of vibration disease classificatory conception. *Therapist.* 2016;6:8–15. (in Russian)
5. Alekseev S., Khaimovich M., Kadyskina E., Suvorov G. *Production noise: Monograph.* L.: Medicine, 1991. 136 p. (in Russian)
6. Izmerov N., Denisov E. *Occupational health risk of employees. (Manual).* M., 2003. 448 p. (in Russian)
7. Denisov E. Noise in the workplace: remote control, risk assessment and prediction of hearing loss. *Health risk analysis.* 2018;3:13–23. (in Russian)
8. Zinkin V. Biomechanical foundations of the damaging effect of low-frequency acoustic vibrations. In the collection: *Protection from increased noise and vibration. Collection of reports of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation.* 2019:504–516. (in Russian)
9. Yamada S., Sakakibara H., Harada N., Matsumoto T. Prevention, clinical, and pathophysiologic research on vibration syndrome. *Nagoya J. Med. Sci.* 1993;56(1–4):27–41.