



Бекмурадов М.А., Насретдинова М.Т. ✉, Хатамов Ж.А., Рустамова Э.И.
Самаркандский государственный медицинский университет, Самарканд, Узбекистан

Показатели ЭЭГ и РЭГ у рабочих с различной степенью профессиональной тугоухости

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: концепция и дизайн исследования, редактирование – Бекмурадов М.А.; концепция и дизайн исследования – Насретдинова М.Т.; сбор материала, обработка – Хатамов Ж.А.; написание текста – Рустамова Э.И.

Подана: 12.03.2024
Принята: 11.07.2024
Контакты: luna1088@mail.ru

Резюме

Введение. Слуховая зона коры головного мозга первой реагирует на шумовое воздействие, давая толчок к последующим изменениям в других звеньях звукового анализатора. Клинические и экспериментальные наблюдения указывают также на тесную взаимосвязь нарушений церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга при различных заболеваниях.

Цель. Изучить показатели биоэлектрической активности головного мозга и церебральной гемодинамики по данным ЭЭГ и РЭГ у лиц, подвергавшихся длительному воздействию производственного шума.

Материалы и методы. Обследовано 102 человека в возрасте от 23 до 55 лет, работающих в условиях производственного шума. Для исследования состояния церебральной гемодинамики использовали биполярную реоэнцефалографию. Проведена статистическая обработка результатов исследований. Электроэнцефалограмму записывали в звукопоглощающей камере в положении испытуемого сидя с помощью 14-канального электроэнцефалографа.

Результаты. Структура гемодинамики у рабочих «шумовых» профессий была неоднородной. По мере ухудшения слуховой функции изменялись и показатели гемодинамики. О повышении сосудистого тонуса свидетельствовали и показатели диокротического индекса. У работающих в условиях шума даже с нормальным слухом в корковых структурах головного мозга возникают стойкие очаги возбуждения.

Заключение. Снижение амплитуды α -ритма в височных и затылочных областях головного мозга по мере ухудшения слуха у рабочих подтверждает наличие изменений в корковых структурах мозга.

Ключевые слова: шумовое воздействие, электроэнцефалография, церебральная гемодинамика, ФУНГ, фотостимуляция

Bekmuradov M., Nasretidinova M. ✉, Khatamov J., Rustamova E.
Samarkand State Medical University, Samarkand, Uzbekistan

EEG and REG Indicators in Workers with Varying Degrees of Professional Hearing Loss

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: study concept and design, editing – Bekmuradov M.; study concept and design – Nasretidinova M.; material collection, processing – Khatamov J.; text writing – Rustamova E.

Submitted: 12.03.2024

Accepted: 11.07.2024

Contacts: luna1088@mail.ru

Abstract

Introduction. The auditory zone of the cerebral cortex is the first to respond to noise exposure, triggering subsequent changes in other parts of the sound analyzer. Clinical and experimental observations also indicate a close correlation between cerebral hemodynamic disorders and bioelectrical activity of the brain in various diseases.

Purpose. To study brain bioelectrical activity and cerebral hemodynamic parameters according to EEG and REG data in individuals exposed to prolonged industrial noise.

Materials and methods. A total of 102 people aged 23 to 55 years working in industrial noise conditions were examined. Bipolar rheoencephalography was used to analyze cerebral hemodynamics. Statistical processing of the research results was carried out. Electroencephalograms were recorded in a sound-absorbing chamber in the sitting position using a 14-channel electroencephalograph.

Results. Hemodynamic structure in workers of "noisy" occupations was heterogeneous. As the auditory function deteriorated, hemodynamic parameters changed. Increasing vascular tone was also evidenced by the dirotic index. In noise workers, even in those with normal hearing, persistent foci of arousal appear in the cortical structures of the brain.

Conclusion. Decreasing in α -rhythm amplitude in the temporal and occipital regions of the brain along with hearing deterioration in workers confirms alterations in the cortical structures of the brain.

Keywords: noise exposure, electroencephalography, cerebral hemodynamics, FUNG, photostimulation

■ ВВЕДЕНИЕ

В ряде экспериментальных работ отмечено, что слуховая зона коры головного мозга первой реагирует на шумовое воздействие, давая толчок к последующим изменениям в других звеньях звукового анализатора [1–5]. Б.М. Сагалович и соавторы при изучении электроэнцефалографических показателей у рабочих «шумовых» профессий с нормальным слухом и начальными проявлениями слуховых расстройств впервые установили, что при воздействии производственного шума сначала происходят функциональные нарушения в центральной нервной системе, в частности в центральных отделах звукового анализатора. По данным Л.Н. Шкаринова,

И.Б. Евдокимовой, Dieroff, по результатам наших собственных исследований в церебральной гемодинамике у рабочих «шумовых» профессий отмечаются значительные сдвиги, что не может не сказаться на биоэлектрической активности головного мозга. Клинические и экспериментальные наблюдения указывают также на тесную взаимосвязь нарушений церебральной гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга при различных заболеваниях [1, 2].

■ ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучить показатели биоэлектрической активности головного мозга и церебральной гемодинамики по данным ЭЭГ и РЭГ у лиц, подвергавшихся длительному воздействию производственного шума. Подобные исследования ранее не проводились.

■ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами обследовано 102 человека в возрасте от 23 до 55 лет, работающих в условиях производственного шума. В анамнезе ни у кого из них не было соматических, эндокринных, психических и нервных заболеваний. Контрольную группу составили 20 лиц, не подвергавшихся воздействию шума. По данным пороговой, надпороговой и речевой аудиометрии в зависимости от степени нарушения слуховой функции рабочие подразделены на 4 группы. В 1-ю группу вошли 22 человека с нормальным слухом, во 2-ю включены 30 обследованных с начальными признаками профессиональной тугоухости в виде локального снижения остроты слуха до 30 дБ на частоте 4000 Гц, реже – 2000–3000 Гц, в 3-ю – до 30 дБ на частоте 4000 Гц, реже – 2000–3000 Гц. Пороги восприятия воздушно- и костнопроводенных звуков на частотах 3000–8000 Гц находились у них в пределах 45–60 дБ. К 4-й группе отнесены 29 лиц с выраженной степенью слуховых расстройств, при которой отмечено повышение порогов восприятия воздушно- и костнопроводенных звуков по всей тонкой шкале, преимущественно в области 3000–8000 Гц (более 60 дБ), а также наличия явлений ФУНГа.

Для исследования состояния церебральной гемодинамики использовали биполлярную реоэнцефалографию (РЭГ) во фронтально-мастоидальном (F–M) и окципитально-мастоидальном (O–M) отведениях. РЭГ записывали на электроэнцефалографе с помощью реографической приставки 4РГ-1М.

Количественному анализу подвергли общепринятые показатели РЭГ: время восходящей части волны (α) в секундах, отношение анакроты к длительности всей волны ($\sim$) в процентах, дикротический (ДКИ) и диастолический (ДСИ) индексы в процентах, реографический индекс (РИ) и амплитуду РЭГ-волны (А) в омах. Проведена статистическая обработка результатов исследований. Электроэнцефалограмму записывали в звукопоглощающей камере в положении испытуемого сидя с помощью 14-канального электроэнцефалографа ЭЭГ-4214 (фирма «Никсон»). Перед записью проводили 10-минутную адаптацию пациента к условиям исследования. Биопотенциалы отводили монополярным способом по рекомендованной Международной федерацией общества ЭЭГ схеме «10–20». Записывали при височном (11–15 и 12–16) и (11–9 и 12–10) затылочном отведениях. Производили фоновую запись ЭЭГ, а также ЭЭГ с функциональными нагрузками (реакция на сплошной свет, фотостимуляция с частотой 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 и 10 Гц через равные промежутки времени – 10 с, а также 3-минутная гипервентиляция). Кроме визуальной оценки, проведен количественный анализ отдельных показателей ЭЭГ, в частности

средней амплитуды в микровольтах α -волн, величины латентного периода депрессии α -ритма на сплошной свет в секундах и степени усвоения навязанных ритмов при фотостимуляции. По выраженности усвоения последних различали 4 степени: высокую (6–20 Гц), среднюю (6–14 Гц), низкую (8–12 Гц), ареактивную [4, 5]. Одновременно результаты ЭЭГ записывали на бумаге и сохраняли на основе спектрального анализа ЭЭГ. Анализ показателей производили в диапазоне частот 0,5–32,0 Гц. Получали гистограмму спектра, вычисленную путем сложения мощности каждого спектра, помещенного при помощи гармонического анализа в ряд Фурье. Определяли распределение мощности каждого спектра по 6 полосам (по 3 поддиапазона для каждого канала – 0,5–7,5, 8,0–13,5, 14,0–32,0 Гц). Количественную характеристику спектральной мощности в указанных диапазонах частот представляли в цифровой форме в процентах. Проведенные исследования показали, что в контроле преобладает процентное содержание α -ритма для височных и затылочных отведений (см. таблицу).

Однако уже у нормально слышащих лиц (1-я группа), работающих в условиях воздействия шума, наблюдалось некоторое уменьшение процентного содержания α -ритма и увеличение θ -ритма по сравнению с таковыми у обследованных контрольной группы. При этом такое снижение для височного отведения оказалось недостоверным ($I=0,96$), а для затылочного – достоверным ($I=2,24$). Что же касается θ -волн, то и при височном ($I=2,18$), и при затылочном ($I=3,10$) отведении отмечено достоверное их увеличение (для контрольной группы $18,3 \pm 1,8\%$ в височном и $14,4 \pm 2,3\%$ в затылочном отведениях, а для рабочих 1-й группы соответственно $28,1 \pm 4,1$ и $26,4 \pm 3,1\%$). Ухудшение слуха у рабочих «шумовых» профессий

Среднестатистические значения показателей РЭГ в каротидной и вертебрально-базилярной системах у лиц, не работающих в условиях шума (контрольная группа), и рабочих «шумовых» профессий с нормальным слухом и различными его нарушениями

Average values of REG indicators in the carotid and vertebral-basilar systems in subjects not working in noise conditions (control group), and noise workers with normal hearing and various hearing disorders

Показатели РЭГ в различных отведениях	Значения показателей у рабочих различных групп				
	контрольная	1-я	2-я	3-я	4-я
F–M	$0,12 \pm 0,006$	$0,11 \pm 0,003$	$0,12 \pm 0,002$	$0,12 \pm 0,003$	$0,15 \pm 0,004$
O–M	$0,11 \pm 0,002$	$0,11 \pm 0,004$	$0,13 \pm 0,002$	$0,12 \pm 0,003$	$0,15 \pm 0,005$
F–M	$0,71 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,01$	$0,71 \pm 0,008$	$0,73 \pm 0,013$	$0,72 \pm 0,021$
O–M	$0,71 \pm 0,01$	$0,71 \pm 0,01$	$0,72 \pm 0,008$	$0,73 \pm 0,011$	$0,72 \pm 0,023$
F–M	$13,2 \pm 0,36$	$13,2 \pm 0,36$	$13,8 \pm 0,23$	$13,3 \pm 0,24$	$15,1 \pm 0,51$
O–M	$14,1 \pm 0,47$	$13,7 \pm 0,47$	$13,7 \pm 0,57$	$13,9 \pm 0,38$	$14,8 \pm 0,42$
F–M	$81,7 \pm 2,05$	$81,7 \pm 2,00$	$83,2 \pm 0,76$	$82,8 \pm 0,78$	$85,6 \pm 0,62$
O–M	$83,5 \pm 0,73$	$81,5 \pm 1,00$	$82,5 \pm 0,45$	$82,6 \pm 0,74$	$86,4 \pm 0,52$
F–M	$52,8 \pm 4,43$	$56,9 \pm 1,47$	$70,1 \pm 1,21$	$72,8 \pm 1,37$	$78,1 \pm 1,34$
O–M	$59,4 \pm 1,31$	$58,3 \pm 1,43$	$68,5 \pm 1,13$	$71,6 \pm 1,63$	$80,1 \pm 1,75$
F–M	$53,3 \pm 1,43$	$68,3 \pm 1,41$	$72,1 \pm 1,37$	$74,3 \pm 1,23$	$78,7 \pm 1,42$
O–M	$52,8 \pm 2,15$	$67,2 \pm 1,21$	$69,2 \pm 1,43$	$72,8 \pm 1,24$	$79,3 \pm 1,38$
F–M	$1,2 \pm 0,03$	$1,4 \pm 0,03$	$1,4 \pm 0,03$	$1,3 \pm 0,03$	$1,1 \pm 0,04$
O–M	$1,0 \pm 0,04$	$1,2 \pm 0,04$	$1,1 \pm 0,03$	$1,2 \pm 0,03$	$0,72 \pm 0,03$

сопровождается еще более выраженным перераспределением содержания ритмов в волнах ЭЭГ. При этом происходит достоверное снижение процентного содержания α -ритма и увеличение θ -ритма как при височном, так и при затылочном отведении у обследованных всех 4 групп по сравнению с таковым у лиц контрольной группы. Все это свидетельствует об активизации процессов возбуждения в корковых структурах головного мозга у рабочих «шумовых» профессий. Такие явления уже определяются у лиц 1-й группы, т. е. с нормальным слухом. Среднестатистические показатели амплитуды α -ритма в затылочном и височном отведениях также уменьшаются по мере снижения слуховой функции у рабочих «шумовых» профессий. Если у лиц 1-й группы амплитуда α -ритма составила в височном отведении $36,5 \pm 4,0$ мкВ, а в затылочном $43,5 \pm 7,5$ мкВ, то у обследованных 2-й и 3-й групп (с начальными и умеренными нарушениями слуха без явлений ФУНГа) она равнялась соответственно $30 \pm 3,5$ и $37,5 \pm 6,5$ мкВ, а также $26 \pm 4,5$ и $28 \pm 4,5$ мкВ, а у пациентов 4-й группы (с выраженным снижением слуховой функции и явлениями ФУНГа) – $20 \pm 3,0$ и $24,0 \pm 4,5$ мкВ. Различия в показателях амплитуды α -ритма для всех групп по сравнению с контрольной достоверны (за исключением таковых в затылочном отведении у лиц 1-й и 2-й групп).

Следовательно, по мере снижения слуха у рабочих «шумовых» профессий наблюдается угнетение электрической активности мозга, удлинение латентного периода депрессии α -ритма на открывание глаз при височном и затылочном отведениях. Так, если этот латентный период у лиц контрольной группы составил $0,10 \pm 0,01$ с, то у рабочих «шумовых» профессий 4-й группы (с выраженным нарушением слуха и наличием ФУНГа) он достоверно удлинялся до $0,16 \pm 0,02$ с ($I=2,68$).

Степень усвоения навязанных ритмов при фотостимуляции у рабочих контрольной группы в обоих отведениях была хорошей, в 1-й и 2-й группе – средней, 3-й – низкой, 4-й – отсутствовала. При фотостимуляции и гипервентиляции зарегистрированы также острые волны и пики, особенно в височной и затылочной областях. Следовательно, выявлены объективные признаки нарушений в корковых структурах головного мозга у лиц «шумовых» профессий.

Отмечено также увеличение процентного состава медленных волн в затылочном и особенно в височных отведениях у обследованных всех групп по сравнению с таковым у лиц контрольной группы. Так, медленные волны при височном отведении у нормально слышащих лиц (контрольная группа) составили $10,1 \pm 3,4\%$, а у рабочих 4-й группы (с выраженным нарушением слуха и явлениями ФУНГа) они возросли вдвое ($21,6 \pm 4,2\%$, $I=2,15$). Увеличение процентного содержания медленных волн у рабочих «шумовых» профессий свидетельствует о наличии у них изменений и в функциональном состоянии подкорковых структур мозга [6–10].

■ РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным реоэнцефалографии получены следующие результаты. У лиц контрольной группы реоэнцефалограммы, записанные с фронтально-мастоидального и окципитально-мастоидального отведений, характеризовались постоянством формы кривой и закономерным чередованием соответствующих фаз сердечного цикла. РЭГ-волна имела довольно быстрый, крутой подъем и медленный спуск, достаточно высокую амплитуду, острую вершину, хорошо выраженный дикротический зубец, расположенный на середине нисходящей части кривой. Реоэнцефалографические

волны были весьма устойчивы по отношению к изолинии, а дыхательные выражены незначительно. Количественные показатели РЭГ-кривой также находились в пределах нормы (см. таблицу).

Из данных таблицы видно, что структура гемодинамики у рабочих «шумовых» профессий была неоднородной. По мере ухудшения слуховой функции изменялись и показатели гемодинамики. Тонус церебральных сосудов повышался, о чем свидетельствовало увеличение длительности анакроты РЭГ-волны (α) как в полушарных, так и в затылочных отведениях. У рабочих 2-й группы этот показатель составил $0,13 \pm 0,002$ с, а 3-й группы – уменьшился до $0,12 \pm 0,003$ с, возможно, за счет мобилизации адаптационных свойств звукового анализатора. Однако в дальнейшем по мере снижения слуха длительность анакроты постепенно нарастала, и у лиц 4-й группы (с выраженными нарушениями слуха и явлениями ФУНГа) она достигала $0,15 \pm 0,004$ с.

О повышении сосудистого тонуса свидетельствовали и показатели дикротического индекса (ДКИ). Так, у обследованных 1-й группы с нормальным слухом он оказался равен $56,9 \pm 1,47\%$ во фронтально-мастоидальном и $58,3 \pm 1,43\%$ в окципитально-мастоидальном отведении, т. е. практически был в пределах физиологической нормы, однако по мере ухудшения слуховой функции увеличивался и у рабочих 4-й группы достиг $78,1 \pm 1,34\%$ в каротидной и $80,1 \pm 1,75\%$ в вертебрально-базилярной системе.

Нарушения венозного кровообращения в наибольшей степени были отмечены у лиц 4-й группы, о чем свидетельствует повышенный диастолический индекс (ДСИ), равный $78,1 \pm 1,42\%$ в полушарных и $79,3 \pm 1,38\%$ в затылочных отведениях. Изменения наблюдались и в мозговом кровотоке в системе позвоночных артерий. При этом у обследованных 1, 2 и 3-й групп реографический индекс был в пределах нормы, а у лиц 4-й группы – сниженным ($0,72 \pm 0,03$) (11–15).

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У работающих даже с нормальным слухом в условиях шума в корковых структурах головного мозга возникают стойкие очаги возбуждения, которые, возможно, являются одними из первых признаков патологического воздействия шума на центральные отделы нервной системы. Снижение амплитуды α -ритма в височных и затылочных областях головного мозга по мере ухудшения слуха у рабочих подтверждает наличие изменений в корковых структурах мозга. Наиболее существенные сдвиги в показателях ЭЭГ и РЭГ выявлены у обследованных с выраженным снижением слуха и признаками ФУНГа. Исследование состояния сосудов головного мозга и его биоэлектрической активности будет способствовать раскрытию патогенеза профессиональной тугоухости и выработке оптимальных мероприятий по лечению и профилактике этих нарушений.

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Nasretdinova M.T., Nabiev O.R. Features of manifestation of optokinetic nystagmus in Meniere's disease. *Indian Journal of Forensic Medicine and Toxicology*. 2020;14(4):7319–7321.
2. Nasretdinova M., Khayitov A. Improved Approach in the Treatment of Maxillary Sinus Cysts. *Surgery Eastern Europe*. 2022;11(2):200–206.
3. Nasretdinova M., Karabaev H. Diagnostic and prognostic value of the spectrum of subjective tinnitus in chronic mesotympanitis. *Journal of dentistry and craniofacial research*. 2020;1(1):65–67.
4. Nasretdinova M.T., Abdiev E.M., Bakronov B.Sh. Optimization of conservative treatment in patients with tinnitus. *Journal of Dentistry and Craniofacial Research*. 2022;3(1):249–254.

5. Cecchetto D. *Listening in the Afterlife of Data: Aesthetics, Pragmatics, and Incommunication*. Duke University Press; 2021.
6. Fredriksson S., et al. () The impact of occupational noise exposure on hyperacusis: A longitudinal population study of female workers in Sweden. *Ear and Hearing*. 2022;43(4):1366.
7. Lie A., et al. Occupational noise exposure and hearing: a systematic review. *International archives of occupational and environmental health*. 2016;89:351–372.
8. Yuntao Li, Yuting Zhang, Guoxing You, Danwen Zheng, Zhipeng He, Wenjie Guo, Kim Antonina, Ziyadullaev Shukhrat, Banghan Ding, Jie Zan, Zhongde Zhang. Tangeretin attenuates acute lung injury in septic mice by inhibiting ROS-mediated NLRP3 inflammasome activation via regulating PLK1/AMPK/DRP1 signaling axis. *Inflammation Research*. 2023;73:47–63.
9. Themann C.L., Masterson E.A. Occupational noise exposure: A review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden. *The Journal of the acoustical society of America*. 2019;146(5):3879–3905.
10. Xatamov J.A., et al. Comprehensive diagnosis and treatment of chronic purulent otitis media with complications. *World Bulletin of Public Health*. 2023;28:73–75.