

Ф.С. Торубаров, З.Ф. Зверева, С.Н. Лукьянова

БИОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА У ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС РОССИИ С НИЗКИМ УРОВНЕМ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ

Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва.

Контактное лицо: Зоя Фёдоровна Зверева: zvereva01@yandex.ru

РЕФЕРАТ

Цель: Изучение биоэлектрической активности головного мозга у оперативных работников Нововоронежской и Белоярской АЭС с низким уровнем психофизиологической адаптации (ПФА).

Материал и методы: Проведено электроэнцефалографическое обследование 101 работника двух АЭС. Применялся визуальный и спектральный анализы биопотенциалов ЭЭГ. Биоэлектрическая активность головного мозга у лиц с низким уровнем ПФА и низкой активностью структурно-функциональных образований ЦНС, в совокупности формирующих уровень адаптации, сопоставлялась с аналогичными показателями лиц с высоким уровнем ПФА и высокой активностью структурно-функциональных образований ЦНС.

Результаты: При визуальном анализе ЭЭГ обнаружилось изменения, свидетельствующие о функциональных нарушениях ЦНС, частота которых была достоверно выше у лиц с низким уровнем ПФА. Наибольшие изменения биоэлектрической активности выявились в структурно-функциональных образованиях, ответственных за центральную регуляцию сердечно-сосудистой системы (ЦРСС). Сравнительная оценка спектральной мощности ЭЭГ при разных уровнях ПФА выявила состояние напряжённой адаптации, которое в рассматриваемой группе персонала АЭС наблюдалось как при низком, так и высоком уровнях адаптации. Оценка межполушарных взаимодействий в разных структурно-функциональных образованиях при низкой и высокой их активности с аналогичными взаимодействиями при низком и высоком уровнях ПФА позволила предположить, что в формировании высокого уровня ПФА как интегральной характеристике адаптации основную роль играют образования коры (К) и ЦРСС. В формировании низкого уровня ПФА как интегральной характеристике адаптации основную роль играют образования «К» и «К/П» (корко-подкорковое взаимодействие).

Заключение: Нарушение биоэлектрической активности головного мозга может быть одним из патогенетических механизмов снижения ПФА. Наличие у лиц с низким и высоким уровнем психофизиологической адаптации статистически значимых различий электроэнцефалографических показателей, выявленных при визуальном и спектральном анализе, позволяет рассматривать их как информативные не только в плане выявления отклонений при диагностике функциональных нарушений, но и при анализе механизмов формирования низкого уровня ПФА, а также оценке эффективности реабилитационно-оздоровительных мероприятий.

Ключевые слова: психофизиологическая адаптация, уровень адаптации, биоэлектрическая активность головного мозга, структурно-функциональные образования ЦНС, функциональная активность, персонал, АЭС

Для цитирования: Торубаров Ф.С., Зверева З.Ф., Лукьянова С.Н. Биоэлектрическая активность головного мозга у оперативного персонала АЭС России с низким уровнем психофизиологической адаптации // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2021. Т.66. №2. С. 29–35

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-2-29-35

Введение.

Профессиональная деятельность операторов АЭС отличается высокой напряженностью и ответственностью. Содержанием деятельности оператора является восприятие информации, её анализ, принятие решений. Всё это – результат деятельности центральной нервной системы (ЦНС). От функционального состояния (ФС) ЦНС работающего человека, её резервов зависит психофизиологическая адаптация (ПФА), высокий уровень которой представляет один из важнейших элементов профессиональной надежности работников. [1 – 5].

При оценке ФС ЦНС в соответствии с существующими представлениями нами условно рассматриваются три её структурно-функциональных образования: кора («К»), корково-подкорковое взаимодействие («К/П»), центральная регуляция сердечно-сосудистой системы – ССС («ЦРСС»). Для выделения этих образований используются психологические, психофизиологические и физиологические показатели. Совокупность перечисленных показателей позволяет оценить уровень ПФА [1, 2, 6 – 8].

Психофизиологическое обследование оперативного персонала Нововоронежской и Белоярской АЭС выявило у 30 % обследованных лиц низкий уровень ПФА. Представляло интерес оценить биоэлектрическую активность

головного мозга у лиц с низким уровнем ПФА и низкой активностью структурно-функциональных образований, в совокупности формирующих уровень адаптации.

Целью работы явилось изучение биоэлектрической активности головного мозга у оперативного персонала Нововоронежской и Белоярской АЭС с низким уровнем ПФА.

Материалы и методы

Объектом исследования были электроэнцефалограммы (ЭЭГ) 101 работника Нововоронежской и Белоярской АЭС (возраст 46,6±8,7 лет). Все эти лица по результатам медицинского обследования не имели заболеваний, препятствующих работе с источниками ионизирующих излучений. По результатам психофизиологического обследования они были разделены на две группы:

- с низким уровнем ПФА – 81 человек (основная группа);
- с высоким уровнем ПФА – 20 человек (группа сравнения).

Для установления уровня ПФА использовали психологические, психофизиологические и физиологические методики. По совокупности показателей всех методик определяли либо низкий, либо высокий уровень ПФА. По показателям психологических методик определяли

Таблица 1

Частота аномальных показателей ЭЭГ у обследованных лиц, %
Frequency of abnormal EEG parameters in the examined individuals, %

Группа обследования	Уровни ПФА	Частота аномальных показателей ЭЭГ			
		IV тип ЭЭГ	Неустойчивая динамика	Высокий индекс β_1	Вспышки БСВ
1-я (n=81)	низкий	58*	83,9*	61,7*	65,4*
2-я (n=20)	высокий	10	40	30	20

Примечание: * – достоверные различия с группой сопоставления, χ^2 , $p < 0,05$

низкую или высокую активность структурно-функционального образования «К», по показателям психофизиологических методик – низкую или высокую активность структурно-функционального образования «К/П», физиологических – разную активность структурно-функционального образования «ЦРссс» [1, 6 – 8].

ЭЭГ-исследования проводили с помощью анализатора ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» («Медиком МТД», Таганрог). Отведение биопотенциалов (БП) осуществляли по системе 10-20. При обработке данных ЭЭГ применяли визуальный и спектральный анализы БП.

При визуальном анализе обращали внимание на показатели, отражающие нарушения ФС ЦНС и расцениваемые как аномальные [9,10] (далее – аномальные показатели ЭЭГ). К ним относили: «IV-й тип ЭЭГ» – свидетельствует о дисфункции корковых структур, снижении коркового контроля над подкорковыми образованиями; «Неустойчивая динамика ЭЭГ» – свидетельствует о снижении устойчивости нервных процессов в коре головного мозга [11]; «Высокий индекс β_1 -активности» – отражает дисфункцию преимущественно неспецифических ядер таламуса [9,10]; «Наличие вспышек билатерально-синхронных волн (БСВ)» – отражает дисфункцию стволовых структур [6,7].

При оценке спектральной мощности БП ЭЭГ сравнивали мощность δ , θ , α , β_1 , β_2 -диапазонов одноименных областей коры, выявляя распределение в гемисферах зон со сниженной мощностью БП одного полушария относительно другого (или активированных относительно другого полушария) [6, 7]. Это позволяло оценить процессы взаимодействия гемисфер, играющие важную роль в формировании уровня ПФА [11].

Сравнение показателей визуального анализа ЭЭГ и спектральной мощности БП при низком и высоком уровнях ПФА проводили с учетом активности структурно-функциональных образований, формирующих уровень адаптации: «К», «К/П», «ЦРссс». Это позволяет оценить вклад каждого из образований в формирование низкого уровня ПФА.

Таблица 2

Частота аномальных показателей ЭЭГ (в %) у обследованных в структурно-функциональных образованиях ЦНС при низкой и высокой активности
The frequency of abnormal EEG parameters (in %) in the examined patients in the structural and functional formations of the central nervous system at low and high activity

Структурно-функциональные образования	Активность структурно-функциональных образований	Процент наличия аномальных показателей			
		IV тип ЭЭГ	Неустойчивая динамика	Высокий индекс β_1	Вспышки БСВ
«К»	низкая (n=18)	27,8	94,4*	38,9	33,3
	высокая (n=12)	8,3	33,3	25	16,7
«К/П»	низкая (n=37)	54*	75,7*	72,9*	37,8
	высокая (n=18)	11,1	33,3	33,0	22,2
«ЦРссс»	низкая (n=50)	86,7*	88,9*	78,8*	71,1*
	высокая (n=15)	13,30	30,0	20,0	26,7

Примечание: * – достоверные различия с группой сопоставления, χ^2 , $p < 0,05$

Статистическая обработка осуществлялась с использованием программ Statistika, BIOSTAT по критериям χ^2 и t при уровне значимости $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение.

Визуальный анализ (табл. 1) показал, что аномальные характеристики ЭЭГ выявлялись у обследованных в обеих группах, однако у лиц с низким уровнем ПФА они встречались достоверно чаще.

Установленное с помощью визуального анализа преобладание аномальных показателей ЭЭГ в группе лиц с низким уровнем ПФА в литературе трактуется как развитие дисфункциональных проявлений в ЦНС [4,5, 9 – 11]. Подобная картина описана при невротических расстройствах [12 – 15]. Выявленные нарушения биоэлектрической активности головного мозга, как можно предположить, следует рассматривать как один из патогенетических механизмов снижения уровня ПФА.

Наличие статистически значимых различий по частоте аномальных показателей ЭЭГ при низком и высоком уровнях ПФА позволяет рассматривать эти различия как информативные признаки в плане выявления отклонений при диагностике функциональных нарушений, а также при оценке эффективности реабилитационно-оздоровительных мероприятий.

Частота аномальных показателей ЭЭГ в структурно-функциональных образованиях ЦНС при их разной активности представлена в табл. 2.

При высокой активности структурно-функциональных образований ЦНС существенных различий между ними по частоте аномальных показателей ЭЭГ не отмечалось. При низкой активности образований такие различия были. Больше всего различались образования «К» и «ЦРссс». При низкой активности структурно-функционального образования «К» выявлялся 1 аномальный показатель, при низкой активности структурно-функционального образования «ЦРссс» – 4 аномальных показателя. Структурно-функциональное образование

«К/П» заняло промежуточное положение – при низкой активности выявлялось 3 аномальных показателя ЭЭГ.

Аномальный показатель, выявлявшийся при низкой активности структурно-функционального образования «К» – «Неустойчивая динамика ЭЭГ», свидетельствовал о дисфункции преимущественно корковых структур, это проявлялось неустойчивостью нервных процессов [15]. Аномальные показатели, выявлявшиеся при низкой активности образования «ЦРсс», свидетельствовали о нарушении функций как корковых («IV-й тип ЭЭГ», «Неустойчивая динамика ЭЭГ»), так и стволовых образований диэнцефального уровня, включая неспецифические ядра таламуса («IV-й тип ЭЭГ», «Высокий индекс β_1 -активности», «Наличие всплесков БСВ») [9 – 11].

Сходство между структурно-функциональным образованием «ЦРсс» (при низкой активности) и низким уровнем ПФА по числу аномальных показателей ЭЭГ (4), как можно предположить, следует рассматривать как свидетельство наибольшего вклада этого образования, ответственного за центральную регуляцию сердечно-сосудистой системы [1, 4 – 7], в формирование низкого уровня ПФА.

Распределение зон сниженной мощности (одного полушария относительно другого, или активированных относительно другого полушария), характеризующее процессы межполушарного взаимодействия, показано в табл. 3. В двух группах обследованных оно различалось по количеству и локализации. У лиц с низким уровнем ПФА отмечалось 9 активированных (относительно другого полушария) зон, у лиц с высоким уровнем ПФА – 4 таких зоны.

При низком уровне ПФА активированные зоны (относительно другого полушария) выявлялись в обеих гемисферах в передних и задних отделах коры. В левой – в височных зонах (T_5 , T_3 ; α -диапазон) и затылочной зоне (O_1 ; δ -диапазон). В правой – в височных и лобных зонах (T_6 , T_4 , F_8 , F_4 , F_2 ; β_1 , β_2 , θ , δ -диапазоны), и затылочной зоне (O_2 ; β_2). При высоком уровне ПФА активированные зоны (относительно другого полушария) выявлялись только в правом полушарии в передних отделах коры (височные, лобные зоны T_6 , F_8 , F_4 , F_2 ; β_1 , β_2 , θ).

Можно предположить, что при низком уровне ПФА межполушарные взаимодействия характеризовались большей интенсивностью по сравнению с взаимодействиями при высоком уровне. При низком уровне ПФА во взаимодействия вовлекалось больше зон (9) и больше диапазонов (α , β_1 , β_2 , θ , δ), при высоком уровне – меньше зон (4) и меньше диапазонов (β_1 , β_2 , θ).

Правая гемисфера вовлекалась в межполушарные взаимодействия с большей интенсивностью, чем левая. Это отмечалось при высоком уровне ПФА – активированные относительно другого полушария зоны выявлялись только в правой гемисфере. При низком уровне ПФА активированные зоны отмечались в обеих гемисферах, однако преобладание правой по количеству активированных зон сохранялось (табл. 3).

Преобладание активированных зон (относительно другого полушария) в правой гемисфере может быть признаком её большей активации по сравнению с левой [9, 10]. Это может быть признаком состояния напряженной адаптации, которое в рассматриваемой группе персонала АЭС наблюдалось как при низком, так и высоком уровнях ПФА.

Распределение активированных зон (одного полушария относительно другого) при разной активности структурно-функциональных образований ЦНС – низкой (А) и высокой (Б) – показано на рис. 1.

При низкой активности структурно-функционального образования «К» зоны, активированные относительно другого полушария, выявлялись в обеих гемисферах. В левой – в задних отделах коры в 2 отведениях (O_1 , P_3 ; в δ , θ). В правой – в задних и передних отделах коры в 6 отведениях (P_4 , C_4 , T_6 , T_4 , F_6 , F_{P2} ; в δ , α , β_1 , β_2). При высокой активности структурно-функционального образования

«К» активированные зоны (относительно другого полушария) выявлялись только в правом полушарии, в передних и задних отделах коры во всех 8 отведениях (O_2 , P_4 , C_4 , T_6 , T_4 , F_8 , F_4 , F_{P2} ; в θ , α , β_1 , β_2).

При низкой активности структурно-функционального образования «К/П» зоны, активированные относительно другого полушария, выявлялись в обеих гемисферах. В левой – в задних отделах коры в 2 отведениях (O_1 , P_3 ; в δ , θ). В правой – в задних и передних отделах коры в 6 отведениях (O_2 , C_4 , T_6 , T_4 , F_{P2} ; в δ , θ , α , β_1 , β_2). При высокой активности структурно-функционального образования «К/П» активированные зоны (относительно другого полушария), также выявлялись в обеих гемисферах. В левой – в задних и передних отделах коры в 2 отведениях (O_1 , F_7 ; в β_2). В правой – в задних и передних отделах коры в 6 отведениях (P_4 , C_4 , T_6 , F_8 , F_4 , F_{P2} ; в δ , θ , α , β_1 , β_2).

В структурно-функциональном образовании «ЦРсс» активированные зоны (относительно другого полушария) выявлялись при низкой активности образования в 2 отведениях в левой гемисфере (O_1 , P_3 ; в δ , θ), и в 3 отведениях в правой гемисфере (F_8 , F_4 , F_{P2} ; в δ , θ , α , β_1 , β_2). При высокой активности образования – в одном отведении левой гемисферы (O_1 ; в α , β_1), и в 2 отведениях правой гемисферы (F_4 , F_{P2} ; в δ , θ , α , β_1 , β_2).

Приведенные данные свидетельствуют, что каждое из структурно-функциональных образований ЦНС («К», «К/П», «ЦРсс») при разной – низкой, высокой – активности сходным образом участвует в межполушарных взаимодействиях, оцениваемых по распределению между гемисферами зон, активированных относительно другого полушария.

Между структурно-функциональными образованиями по характеру их участия в межполушарных взаимодействиях (при низкой и высокой активности) можно отметить как сходство, так и различие. Сходство отмечалось между образованиями «К» и «К/П». В том и другом при низкой и высокой активности во взаимодействия вовлекалась половина (50 %) анализируемых корковых зон.

В том и другом при разной активности в процессах взаимодействия преобладала правая гемисфера.

Различие отмечалось между «ЦРсс» с одной стороны, и «К», «К/П» – с другой. В «ЦРсс», в отличие от «К» и «К/П», при низкой и высокой активности во взаимодействия вовлекалось меньше корковых зон (20–25 %), обе гемисферы во взаимодействиях участвовали в равной мере.

Сравнивая межполушарные взаимодействия в разных структурно-функциональных образованиях и межполушарные взаимодействия при низком и высоком уровнях ПФА, можно отметить сходство между высоким уровнем ПФА и активностью образований «К» и «ЦРсс», а также сходство между низким уровнем ПФА и образованиями «К» и «К/П».

Сходство по характеру межполушарных взаимодействий между высоким уровнем ПФА и образованиями «ЦРсс» проявлялось в следующем. При высоком уровне ПФА во взаимодействия вовлекалось мало корковых зон – 4 (по сравнению с низким уровнем – 9). При высокой активности «ЦРсс» во взаимодействия вовлекалось мало корковых зон (5) по сравнению с остальными структурно-функциональными образованиями (по 8 зон).

Сходство по характеру межполушарных взаимодействий между высоким уровнем ПФА и образованием «К» проявлялось таким образом. При высоком уровне ПФА во взаимодействиях преобладала правая гемисфера – только в ней выявлялись активированные (относительно другого полушария) зоны. В образовании «К» при высокой активности во взаимодействиях преобладала правая гемисфера – только в ней выявлялись активированные (относительно другого полушария) зоны.

Сходство между низким уровнем ПФА и образованиями «К», «К/П» по характеру межполушарных взаимодействий

Таблица 3

Межполушарное распределение зон сниженной мощности диапазонов ЭЭГ (мкВ²/Гц) у лиц с низким и высоким уровнями ПФА
 Interhemispheric distribution of zones of reduced power of EEG ranges (mkV²/Hz) in individuals with low and high levels of PFA

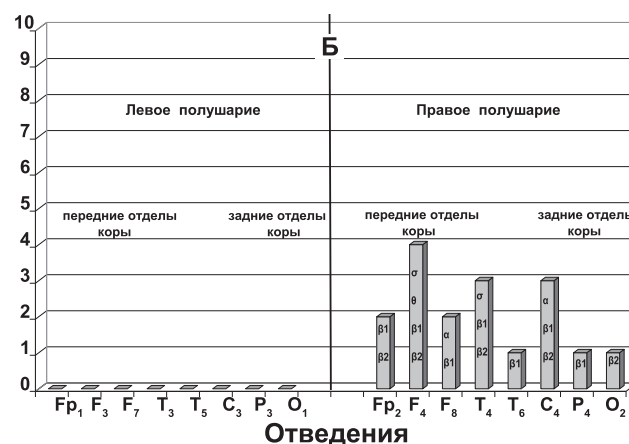
Группы	Диапа- зоны	Мощность биопотенциалов мкВ ² /Гц															
		Левое полушарие								Правое полушарие							
		Отведения															
		O ₁	P ₃	C ₃	T ₅	T ₃	F ₇	F ₃	Fp ₁	O ₂	P ₄	C ₄	T ₆	T ₄	F ₈	F ₄	Fp ₂
Группа 1 (n=81)	α	70,5± 2,8	43,6± 1,7	33,7± 1,3	25,7± 1,0	20,1± 0,7	18,3± 0,7	30,2± 1,1	27,7± 1,0	74,0± 3,3	46,7± 1,8	34,7± 1,3	28,9± 1,1	22,2± 0,9	19,0± 0,8	30,2± 1,1	27,3± 1,0
	β ₁	18,4± 0,5	18,3± 0,5	16,3± 0,4	12,3± 0,3	11,2± 0,3	10,1± 0,3	14,5± 0,2	13,2± 0,1	18,7± 0,5	18,6± 0,4	16,5± 0,4	13,1± 0,3	11,4± 0,3	10,0± 0,3	12,7± 0,3	11,4± 0,3
	β ₂	5,3± 0,2	4,7± 0,1	5,9± 0,1	4,3± 0,2	4,8± 0,1	4,7± 0,2	6,1± 0,3	6,3± 0,2	4,5± 0,1	4,6± 0,1	4,8± 0,2	5,6± 0,4	3,9± 0,1	5,3± 0,4	5,4± 0,5	6,4± 0,3
	σ	8,6± 0,2	9,4± 0,2	10,5± 0,2	16,7± 0,3	20,9± 0,3	6,1± 0,1	7,6± 0,2	10,3± 0,4	11,0± 0,2	9,8± 0,3	10,4± 0,6	14,2± 0,1	17,3± 0,2	8,3± 0,1	8,2± 0,6	9,9± 0,4
	θ	8,4± 0,3	9,5± 0,3	10,8± 0,3	6,9± 0,3	7,2± 0,3	7,0± 0,3	11,9± 0,1	11,1± 0,1	11,8± 0,2	12,0± 0,2	12,7± 0,1	7,9± 0,1	7,6± 0,2	7,2± 0,2	11,1± 0,3	11,6± 0,2
Группа 2 (n=20)	α	60,3± 3,3	43,0± 2,7	31,1± 1,5	33,1± 2,4	23,1± 1,7	15,5± 0,7	23,9± 1,0	21,7± 0,9	68,3± 3,9	40,9± 2,3	31,1± 1,5	28,0± 1,8	20,6± 1,1	16,4± 0,9	23,6± 1,2	22,3± 1,1
	β ₁	13,3± 0,4	13,7± 0,5	13,0± 0,4	10,2± 0,4	10,4± 0,4	10,5± 0,3	11,4± 0,3	10,3± 0,1	13,2± 0,4	12,9± 0,4	31,1± 1,5	9,5± 0,3	9,8± 0,3	8,7± 0,1	10,3± 0,1	9,5± 0,1
	β ₂	4,9± 0,2	4,5± 0,2	5,1± 0,3	4,9± 0,2	4,5± 0,2	6,4± 0,1	4,9± 0,3	4,7± 0,6	4,3± 0,2	4,0± 0,1	5,1± 0,2	4,3± 0,3	3,8± 0,2	4,9± 0,1	4,3± 0,2	3,9± 0,4
	σ	7,8± 0,2	9,2± 0,3	9,2± 0,3	7,5± 0,3	6,7± 0,2	7,1± 0,3	12,3± 0,6	12,4± 0,6	8,4± 0,3	8,2± 0,3	9,9± 0,4	6,5± 0,2	7,8± 0,4	8,4± 0,5	10,7± 0,5	11,7± 0,7
	θ	8,4± 0,3	9,5± 0,3	10,8± 0,3	6,9± 0,3	7,2± 0,3	7,0± 0,3	11,9± 0,1	11,1± 0,1	8,6± 0,3	8,6± 0,2	10,3± 0,3	5,9± 0,2	6,5± 0,2	6,2± 0,3	10,0± 0,2	9,6± 0,2

Примечание: * – полужирный шрифт, подчеркивание – зоны сниженной мощности и достоверные различия между одноимёнными зонами коры, t - критерий, $p < 0,05$

Структурно-функциональные образования ЦНС

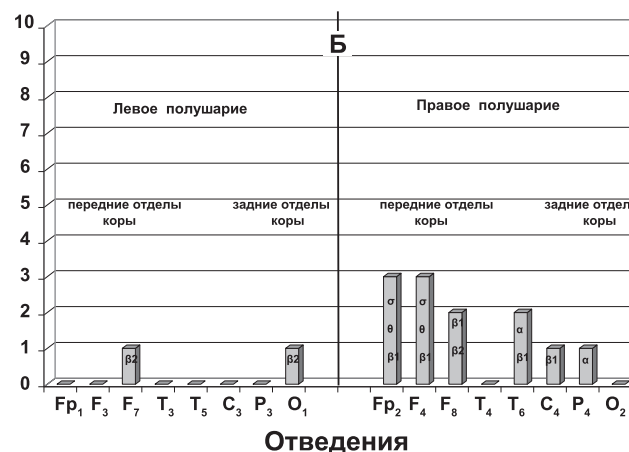
1. Кора

Количество диапазонов



2. Кортиково-подкорковое взаимодействие

Количество диапазонов



3. Центральная регуляция ссс

Количество диапазонов



■ – Диапазоны

Рис. 1. Распределение зон сниженной мощности биопотенциалов ЭЭГ (одного полушария относительно другого) при различной активности структурно-функциональных образований ЦНС. А – низкая активность; Б – высокая активность; приведены только достоверно различающиеся по мощности зоны в разных диапазонах ЭЭГ

Fig. 1. IDistribution of zones of reduced power of EEG biopotentials (one hemisphere relative to the other) with different activity of structural and functional formations of the central nervous system. Note: A – low activity; B – high activity; only significantly different power zones in different EEG ranges are given

модействий проявлялось следующим образом. При низком уровне ПФА во взаимодействиях вовлекалось большее количество корковых зон (9) по сравнению с высоким уровнем (4). При низкой активности образований в «К» и «К/П» в межполушарные взаимодействия вовлекалось большее количество корковых зон (по 8) по сравнению с «ЦРссс» (3).

При низком уровне ПФА во взаимодействиях преобладала правая гемисфера – активированные зоны выявлялись в ней в большем количестве (6), чем в левой (3). При низкой активности в образованиях «К» и «К/П» во взаимодействиях также преобладала правая гемисфера (активированные зоны выявлялись в ней в большем количестве – 6, чем в левой – 2), в отличие от «ЦРссс», где различий между гемисферами не отмечалось (2 активированные зоны выявлялись в левой, 3 – в правой).

Можно предположить, что в формировании высокого уровня ПФА как интегральной характеристики, основную роль по показателям межполушарного взаимодействия играют структурно-функциональные образования «К» и «ЦРссс». В формировании низкого уровня ПФА как интегральной характеристики основную роль играют структурно-функциональные образования «К» и «К/П».

Заключение

Представлены данные визуального анализа ЭЭГ и оценки спектральной мощности биоэлектрических потенциалов у оперативного персонала АЭС России с низким уровнем ПФА.

Визуальный анализ выявил аномальные показатели ЭЭГ при всех уровнях адаптации, частота которых была достоверно выше у лиц с низким уровнем ПФА. Наличие статистически значимых различий частоты аномальных показателей ЭЭГ при разных уровнях адаптации позволяет рассматривать их как информативные в плане вы-

явления отклонений при диагностике функциональных нарушений и оценке эффективности реабилитационно-оздоровительных мероприятий.

Наибольшие изменения биоэлектрической активности выявились в структурно-функциональном образовании, ответственном за центральную регуляцию сердечно-сосудистой системы. Сходство между низким уровнем ПФА и низкой активностью образования «К» по частоте аномальных показателей позволило предположить основной вклад последнего в формирование низкого уровня ПФА.

Сравнительная оценка спектральной мощности ЭЭГ при разных уровнях ПФА дала возможность получить дополнительную информацию. Полученные результаты свидетельствовали о большей степени активации правого полушария по сравнению с левым [9,10]. Это отражало состояние напряжённой адаптации [11], которое в рассматриваемой группе персонала АЭС наблюдалось как при низком, так и высоком уровнях адаптации.

Оценка спектральной мощности биоэлектрических потенциалов ЭЭГ при разной активности структурно-функциональных образований ЦНС показала, что каждое из них («К», «К/П», «ЦРссс») при низкой и высокой активности сходным образом участвовало в межполушарных взаимодействиях. По характеру участия во взаимодействиях образования имели между собой как сходство, так и различие. Образования «К» и «К/П» были сходны между собой, образование «ЦРссс» отличалось от обоих.

Сопоставление межполушарных взаимодействий в разных структурно-функциональных образованиях со взаимодействиями при низком и высоком уровнях ПФА позволило предположить, что в формировании высокого уровня ПФА как интегральной характеристики основную роль играют образования «К» и «ЦРссс». В формировании низкого уровня ПФА как интегральной характеристики основную роль играют образования «К» и «К/П».

Bioelectric Activity of the Brain in the Operational Personnel of the Russian Nuclear Power Plant with a Low Level of Psychophysiological Adaptation

F.S. Torubarov, Z.F. Zvereva, S.N. Lukyanova

AI Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russia

Contact person: Zoia Fedorovna Zvereva: zvereva01@yandex.ru

ABSTRACT

Purpose: The aim is to study the bioelectric activity of the brain in the operational workers of the Novovoronezh and Beloyarsk nuclear power plants with a low level of psychophysiological adaptation.

Material and methods: An EEG study of 101 operational employees of the NPP was conducted, visual and spectral analyses were used. EEG indicators of individuals with a low level of psychophysiological adaptation and low functional activity of structural and functional formations of the central nervous system were compared with those of individuals with a high level of adaptation, high functional activity of structural and functional formations of the central nervous system.

Results: Visual analysis of individuals with a low level of psychophysiological adaptation revealed abnormal EEG indicators, indicating functional disorders of the central nervous system. The greatest violations were revealed in the structural and functional formation responsible for the central regulation of the cardiovascular system. A comparative assessment of the spectral power of the EEG at different levels of psychophysiological adaptation revealed a state of tension (tense adaptation) observed in individuals with both low and high levels of adaptation. The similarity between the structural and functional formation "central regulation of the cardiovascular system" with low functional activity and a low level of psychophysiological adaptation in terms of the number of abnormal EEG indicators can be considered as evidence of its greatest contribution to the formation of a low level of adaptation. The evaluation of interhemispheric interactions in structural and functional formations at their low and high activity, as well as at low and high levels of adaptation, suggested that the formation of a high level of psychophysiological adaptation as an integral characteristic of the main role played by the formation of the "Cortex" and "central regulation of the cardiovascular system".

In the formation of a low level of psychophysiological adaptation as an integral characteristic, the main role is played by the formations "cortex" and "cortical-subcortical interaction".

Conclusion: A violation of the bioelectric activity of the brain may be one of the pathogenetic mechanisms of reduced adaptation. The presence of statistically significant differences in EEG indicators in individuals with low and high levels of adaptation, revealed by visual

and spectral analysis, allows us to consider these indicators as informative not only in terms of identifying deviations in the diagnosis of functional disorders, but also in assessing the effectiveness of rehabilitation and health measures.

Key words: *psychophysiological adaptation, level of adaptation, bioelectric activity of the brain, functional activity, structural and functional formations of the central nervous system, personal, NPP*

For citation: Torubarov F.S., Zvereva Z.F., Lukyanova S.N. Bioelectric Activity of the Brain in the Operational Personnel of the Russian Nuclear Power Plant with a Low Level of Psychophysiological Adaptation. Medical Radiology and Radiation Safety 2021;66(2):29-35.

DOI: 10.12737/1024-6177-2021-66-1-29-35

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. М.: Медицина, 1997. 265 с.
2. Воскресенская Н.В. Функциональная надёжность и устойчивость профессиональной деятельности оперативного персонала (на примере Ленинградской АЭС) // Организационная психология и психология труда. 2017. Т.2. С. 205–219.
3. Исаева Н.А., Торубаров Ф.С., Зверева З.Ф., Лукьянова С.Н., Денисова Е.А. Биоэлектрическая активность мозга у работников Нововоронежской и Белоярской АЭС при разных уровнях психофизиологической адаптации к условиям их трудовой деятельности // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2016. Т.61. №5. С. 5–12.
4. Торубаров Ф.С., Зверева З.Ф. Показатели биоэлектрической активности головного мозга как маркёры антропогенного риска у работников радиационно и ядерноопасных предприятий и производств // Сборник докладов Междунар. научно-практ. конференции по теме: «Технологии, проблемы, опыт создания и внедрения систем психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности персонала электроэнергетической отрасли государств-участников СНГ. Менеджмент антропогенных рисков в электроэнергетике». Москва. 2019. С.170–176.
5. Торубаров Ф.С., Зверева З.Ф., Денисова Е.А. Применение психофизиологического обследования для оценки функционального состояния центральной нервной системы и уровня психофизиологической адаптации у работников радиационно и ядерно опасных предприятий и производств Госкорпорации «Росатом» // М., Сборник докладов Междунар. научно-практ. конф. по теме: «Технологии, проблемы, опыт создания и внедрения систем психофизиологического обеспечения профессиональной деятельности персонала электроэнергетической отрасли государств-участников СНГ». 2018. С.206–215.
6. Березин Ф.Б. Психическая и психофизиологическая адаптация человека. Л., 1988. 270 с.
7. Бобров А.Ф., Бушманов А.Ю., Седин В.И., Щебланов В.Ю. Системная оценка результатов психофизиологических обследований // Медицина экстремальных ситуаций. 2015. № 3. С.13–19.
8. Ильин Е. П. Психофизиология состояний человека. СПб.: Питер, 2005. 412 с.
9. Жирмунская Е.А., Лосев В.С. Системы описания и классификации электроэнцефалограмм человека. М.: Наука, 1984. 81 с.
10. Зенков Л.Р. Клиническая электроэнцефалография. Таганрог: Таганрогский университет, 1996. 358 с.
11. Леутин В.П. Николаева Е.И. Функциональная асимметрия мозга СПб.: Речь, 2005. 366 с.
12. Гордеев С.А. Особенности биоэлектрической активности мозга при высоком уровне тревожности человека // Физиология человека. 2007. Т.33. №4. С.11–17.
13. Карачун Г.П., Щерба Ю.И. К проблеме организации психофизиологических механизмов деятельности эволюционно новых интегральных информационно-сетевых систем мозга: функциональная система префронтальной ассоциативной коры и её роль в процессах социальной адаптации человека // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 514–528.
14. Ключарев В.А., Бехтерева Н.П., Данько С.Г. Электрофизиологические корреляты пусковых механизмов эмоциональных реакций в височной доле человека // Физиология человека. 1998. Т. 24 № 2. С. 5–15.
15. Лукьянова С.Н. Биоэлектрическая активность коры и некоторых подкорковых образований при экспериментальном неврозе // ЖВНД, 1976. Т.26. № 3. С.539–547.

REFERENCES

1. Baevsky PM, Berseneva AP. Evaluation of the Adaptive Capabilities of the Body and the Risk of Developing Diseases. Moscow, Meditsina Publ., 1997, 265 p. (In Russian).
2. Voskresenskaya NV. Functional Reliability and Stability of the Professional Activity of Operational Personnel on the Example of the Leningrad Npp. Organizational Psychology and Labor Psychology. 2017;2:205-19 (In Russian).
3. Isaeva NA, Torubarov FS, Zvereva ZF, Lukyanova SN, Denisova EA. Bioelectric Brain Activity in Novovoronezh and Beloyarsk Npp Workers at Different Levels of Psychophysiological Adaptation to Their Working Conditions. Medical radiology and radiation safety. 2016;61(5): 5-12 (In Russian).
4. Torubarov FS., Zvereva ZF. Indicators of Bioelectric Activity of the Brain as Markers of Anthropogenic Risk in Workers of Radiation and Nuclear Hazardous Enterprises and Industries. Collection of Reports of the International Scientific and Practical Conference on the Topic: Technologies, Problems, Experience in Creating and Implementing Systems of Psychophysiological Support for the Professional Activities of Personnel in the Electric Power Industry of the CIS Member States. Management of Anthropogenic Risks in the Electric Power Industry. Moscow Publ., 2019. 170-6 (In Russian).
5. Torubarov FS., Zvereva ZF., Denisova EA. Application of Psychophysiological Examination for Assessing the Functional State of the Central Nervous System and the Level of Psychophysiological Adaptation in Workers of Radiation and Nuclear Hazardous Enterprises and Productions of the State Corporation Rosatom. Collection of Reports of the International Scientific and Practical Conference on the Topic: Technologies, Problems, Experience in Creating and Implementing Systems for Psychophysiological Support of Professional Activities of Personnel in the Electric Power Industry of the CIS Member States. Moscow Publ., 2018: 206-15 (In Russian).
6. Berezin FB. Mental and psychophysiological adaptation of a person. Leningrad Publ, 1988. 270 p. (In Russian).
7. Bobrov AF, Bushmanov AYU, Sedin VI., Shcheblanov VYu. Systematic assessment of the results of psychophysiological examinations. Psychological and Psychophysiological Adaptation of a Person. 2015(3):13-9 (In Russian).
8. Ilyin EP. Psychophysiology of Human States. St. Petersburg, Piter Publ., 2005. 412 p. (In Russian).
9. Zhirmunskaya EA., Losev VS. Systems of Description and Classification of Human Electroencephalograms. Moscow, Nauka Publ., 1984. 81 p. (In Russian).
10. Zenkov LR. Clinical Electroencephalography. Taganrog University Publishing House, 1996. 358 p. (In Russian).
11. Leutin VP. Nikolaeva EI. Functional Asymmetry of the Brain. St. Petersburg, Rech Publ., 2005. 366 p. (In Russian).
12. Gordeev SA. Features of Bioelectric Activity of the Brain at a High Level of Human Anxiety. Human Physiology. 2007;33(4):11-7 (In Russian).
13. Karachun GP, Shcherba YuI. On the Problem of Organization of Psychophysiological Mechanisms of Activity of Evolutionarily New Integral Information and Network Systems of the Brain: The Functional System of the Prefrontal Associative Cortex and Its Role in the Processes of Social Adaptation of a Person. Modern Problems of Science and Education. 2014;5:514-28 (In Russian).
14. Klyucharev VA., Bekhtereva NP., Danko SG. Electrophysiological Correlates of Triggering Mechanisms of Emotional Reactions in the Human Temporal Lobe. Human Physiology. 1998;24(2): 5-15 (In Russian).
15. Lukyanova SN. Bioelectric Activity of the Cortex and Some Subcortical Formations in Experimental Neurosis. ZHVND. 1976; 26(3):539-547 (In Russian).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов. Статья подготовлена с равным участием авторов.

Поступила: 23.12.2020. Принята к публикации: 20.01.2021.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The study had no sponsorship.

Contribution. Article was prepared with equal participation of the authors.

Article received: 23.12.2020. Accepted for publication: 20.01.2021.