

Ф.С. Торубаров, М.В. Кулешова, С.Н. Лукьянова, З.В. Зверева, А.С. Самойлов**СПЕКТРАЛЬНО-КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭЭГ У ЛИКВИДАТОРОВ АВАРИИ НА ЧАЭС С НЕВРОЛОГИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ**

Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна ФМБА России, Москва. E-mail: lukyanovasn@yandex.ru

Ф.С. Торубаров – зав. лаб., д.м.н., проф.; М.В. Кулешова – врач-невролог, к.м.н.; С.Н. Лукьянова – гл.н.с., д.б.н., проф.; З.Ф. Зверева – с.н.с., д.м.н.; А.С. Самойлов – генеральный директор, д.м.н., профессор РАН

Реферат

Цель: Сравнительный анализ спектрально-корреляционных характеристик ЭЭГ у ликвидаторов аварии на ЧАЭС и лиц группы сопоставления, имеющих неврологические нарушения.

Материал и методы: Исследование выполнено для 141 ликвидатора аварии на ЧАЭС и 84 человек группы сопоставления. Ионизирующему воздействию могли подвергаться только ликвидаторы. Средняя доза облучения в группе ликвидаторов составила 110 ± 14 мЗв. Группы были сопоставимы по возрасту и трудовой занятости. Все лица прошли клинико-неврологическое и электрофизиологическое обследование в условиях клиники ФМБЦ им. А.И. Бурназяна. Основное внимание было уделено спектрально-корреляционному анализу ЭЭГ.

Результаты: Клиническое обследование позволило диагностировать в обеих группах неврологические нарушения в виде: вегетососудистой дистонии, нейроциркуляторной дистонии, дисциркуляторной энцефалопатии различной этиологии – со статистически значимым преобладанием их количества и качества у ликвидаторов. Спектрально-корреляционный анализ ЭЭГ дополняет эти данные, демонстрируя наличие коррелят рассматриваемых нозологий и достоверные различия между группами ликвидаторов и сопоставления. Наблюдаемые у ликвидаторов изменения являются функциональными и носят неспецифический характер.

Выводы: В группе ликвидаторов выявлено достоверное увеличение количества и степени выраженности рассматриваемых неврологических нарушений. При этом в спектре ЭЭГ ликвидаторов статистически значимо усиливается индекс дельта-активности и снижается выраженность альфа-диапазона по сравнению с группой сопоставления. Важно, что эти изменения сопровождаются ослаблением корреляционных связей между структурами мозга и нарушением нормальной семиотики ЭЭГ покоя.

Ключевые слова: ликвидаторы аварии на ЧАЭС, группа сопоставления, клинико-неврологическое обследование, спектрально-корреляционный анализ ЭЭГ, достоверные различия

Поступила: 24.04.2018. Принята к публикации: 18.04.2019

Введение

В настоящее время отдаленные медико-биологические последствия экологических катастроф представляются актуальной проблемой. Ведущая роль в соответствующих адаптивных процессах принадлежит нервной системе, что делает актуальным исследование состояния головного мозга у лиц, переживающих последствия экологических катастроф. Не составляет исключение и авария на Чернобыльской АЭС.

В многочисленных публикациях, посвященных вопросам изучения влияния малых доз (МД) ионизирующего излучения (ИИ) на организм человека, отмечается возможность развития негативных эффектов, проявляющихся, прежде всего, со стороны нервной системы [1–5]. Сохраняются актуальными вопросы: феноменология таких эффектов, механизм их реализации, роль длительного психоэмоционального стресса, наличие различий в диагностике известных однотипных неврологических расстройств у лиц, контактирующих и не контактировавших ранее с МД ИИ. При этом работы с детальным анализом ЭЭГ практически отсутствуют. Описанные в статье данные о биоэлектрической активности головного мозга дополняют клинические представления, показывая сходство и различие в ЭЭГ-картинах рассматриваемых неврологических нарушений у ликвидаторов по сравнению с группой сопоставления.

Материал и методы

Работа выполнена по результатам обследования в клинике ФМБЦ им. А.И. Бурназяна 141 ликвидатора последствий на ЧАЭС мужского пола в возрасте от 30

до 50 лет ($41,24 \pm 0,41$ лет). Все они подверглись воздействию ионизирующей радиации в дозах, не превышающих 250 мЗв. Средняя доза облучения по группе в целом составила 110 ± 14 мЗв. До аварии никто из них не контактировал с ИИ и не являлся сотрудником АЭС. Среди них были: инженеры, водители, разнорабочие. Группу сопоставления составили 84 представителя тех же профессий, той же возрастной категории ($40,95 \pm 0,54$ лет), которые никогда не имели контакта с ИИ.

Основное внимание в работе обращено к анализу суммарной биоэлектрической активности головного мозга у обследованных лиц. ЭЭГ регистрировали на 17-канальном электроэнцефалографе Nihon Kohden (Япония). Electroды располагали по международной схеме 10'20 в лобных, центральных, теменных, затылочных и височных отведениях правого и левого полушарий. Для регистрации биопотенциалов мозга использовали стандартные монополярные способы отведения с расположением индифферентных электродов на ушных раковинах. Оценивали записи по десяти 6-секундным интервалам в фоне при открытых и закрытых глазах во время проведения гипервентиляции. Вычисление спектральной плотности частотных диапазонов ЭЭГ и коэффициентов кросс-корреляций между ЭЭГ различных отделов коры проводили с помощью компьютеризированного анализатора Alpha-MF08 (Италия). По полученным данным вычисляли средние значения и неопределенности для мощности спектра ЭЭГ в целом, отдельных диапазонов (дельта 1–3 Гц; тета 4–8 Гц; альфа 9–13 Гц; бета1 14–21 Гц; бета2 22–30 Гц) и коэффициентов кросс-корреляций. Был применен метод картирования (brain mapping) для

спектральной и корреляционной оценки ЭЭГ различных областей коры головного мозга.

Для статистической оценки использовали параметрический (критерий Стьюдента или χ^2) и непараметрический (точный метода Фишера для альтернативных выборов) критерии.

Результаты и обсуждение

Подробные результаты клинико-инструментального обследования указанных выше лиц приведены в публикациях [5–7]. Показано, что лица обеих групп предъявляли достаточно большое количество жалоб. Ведущими жалобами были: повышенная утомляемость, снижение работоспособности, раздражительность, потливость, онемение, похолодание конечностей, головная боль, колебания артериального давления, неприятные ощущения в области сердца, плохая переносимость перепадов внешней температуры, головокружение, шум в ушах, голове, снижение памяти, нарушения сна. В группе ликвидаторов на ЧАЭС частота, выраженность и разнообразие жалоб были наибольшими. Некоторые клинико-физиологические показатели, неврологические диагнозы и частоты их проявления приведены в табл. 1 и 2. Показано, что у 141 ликвидатора в 99,6 % случаев выявлены функциональные нарушения деятельности нервной системы. Феноменология этих нарушений представлена: вегетососудистой дистонией (ВСД – 17,7 %); нейродистонией (НЦД – 65,8 %); дисциркуляторной энцефалопатией различной этиологии (ДЭП – 16,1 %). Частота их проявления у ликвидаторов достоверно выше, чем в группе сопоставления (ВСД – 8,3 %; НЦД – 24,9 %; ДЭП – 6,9 %). Важно отметить, что увеличение частоты их проявления у ликвидаторов в зависимости от полученной дозы облучения не выявлено. Однако расстройства психоэмоциональной сферы выявлялись значительно чаще у ликвидаторов, чем в группе сопоставления (61,7 % и 29,7 % соответственно).

Проведенный анализ ЭЭГ свидетельствует о наличии достоверных отличий в спектрах у пациентов с диагнозами ВСД, НЦД, ДЭП по сравнению с известной (широко описанной) характеристикой нормы. В коррелятах ЭЭГ указанных диагнозов есть общие моменты и различия. Основные изменения при всех указанных нозологиях в группе сопоставления (относительно ЭЭГ в норме) сводятся к наиболее выраженному усилению дельта-диапазона в сочетании с неоднозначными и более слабыми изменениями в других диапазонах ЭЭГ. У ликвидаторов усиление дельта-диапазона наблюдается в достоверно большей степени (по сравнению с группой сопоставления) и сочетается со значимым снижением индекса альфа-частот. На рис. 1–2 эти результаты представлены для лобных и затылочных областей коры головного мозга. Показано, что дополнительная нагрузка в виде гипервентиляции или закрывания глаз усиливает соответствующие изменения. Повышение дельта-диапазона в группе ликвидаторов особенно заметно в условиях функциональной нагрузки в виде гипервентиляции (рис. 1). Альфа-диапазон, характеризующий состояние покоя, охранительного

Таблица 1

Клинико-физиологические показатели в группах ликвидаторов и сопоставления

Показатели	Ликвидаторы (141 чел.)	Группа сопоставления (84 чел.)
<i>Вегетативная реактивность</i>		
В норме	20,5*	67,2
Снижена	71,7*	30
Парадоксальные реакции	7,8	2,8
<i>Электрокардиограмма</i>		
Нарушение ритма	41,8**	5,6
Незначительные изменения миокарда	19,8*	3,5
Гипертрофия левого желудочка	4,3	2,4
<i>Реоэнцефалограмма</i>		
Дистония гипертонического типа	36,8***	8,3
Дистония смешанного типа	31,2***	9,5
Дистония нормотонического типа	17***	70
Затрудненный венозный отток	18,4**	3,6
Снижение кровотока	57,4***	3,6
Асимметрия кровотока	37,5***	2,4
<i>Реовазограмма</i>		
Кровенаполнение в норме	45,3	75
Повышение тонуса	31,2**	9,5
Понижение тонуса	23,4	15,4
Кровоснабжение в норме	69,5	92,8
Кровоснабжение снижено	30,4***	7,1

Примечание: *, **, *** – достоверно, относительно группы сопоставления при $p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$ по критерию χ^2 соответственно

Таблица 2

Клинические диагнозы и частота их проявления у лиц обследованных групп

Клинический диагноз	Обследованная группа			
	Ликвидаторы (141 чел.)		Группа сопоставления (84 чел.)	
	Абс.	%	Абс.	%
ВСД	25*	17,7	7	8,3
НЦД	93***	65,8	21	24,9
ДЭП	23*	16,1	6	6,9

Примечание: *, **, *** – достоверно относительно группы сопоставления по критерию χ^2 при $p < 0,01$; $p < 0,001$ соответственно

торможения, достоверно снижается у больных с неврологическими диагнозами в группе ликвидаторов (рис. 2).

Важно отметить, что фоновые спектры ЭЭГ у ликвидаторов и группы сопоставления достоверно различаются. Картины параметрической визуализации характеристик ЭЭГ по регистрируемым отведениям можно рассматривать как корреляты анализируемых нозологий и групп. На рис. 3 в виде схемы представлены эти данные для групп сопоставления и ликвидаторов, включая только достоверные отличия от характеристик нормы. Важно отметить, что в группе сопоставления три рассматриваемые нозологии различаются между собой, что не наблюдается у ликвидаторов. Однако между ликвидаторами и группой сопоставления имеют место вышеописанные достоверные отличия. На рисунке каждый столбец означает среднюю величину изменения диапазона (относительно нормы), умноженную на количество отделов с наличием данных изменений. Такой характер анализа представляет интегральную оценку реакции по всем отве-

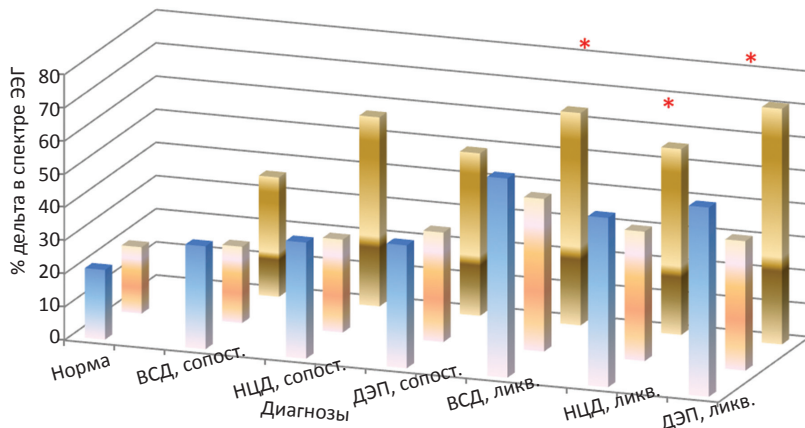


Рис. 1. Сравнительная характеристика процентного содержания дельта-диапазона в спектрах ЭЭГ в норме и у больных с неврологическими расстройствами в группах ликвидаторов и сопоставления. Первый ряд – лобная область, второй ряд – затылочная область, третий ряд – лобная область в условиях гипервентиляции. Приведены средние значения. Неопределенности составляют 1–8 %. Почти все изменения достоверно превосходят значения в норме по критерию Стьюдента, особенно при гипервентиляции. * – $p < 0,05$ относительно группы сопоставления по критерию Стьюдента

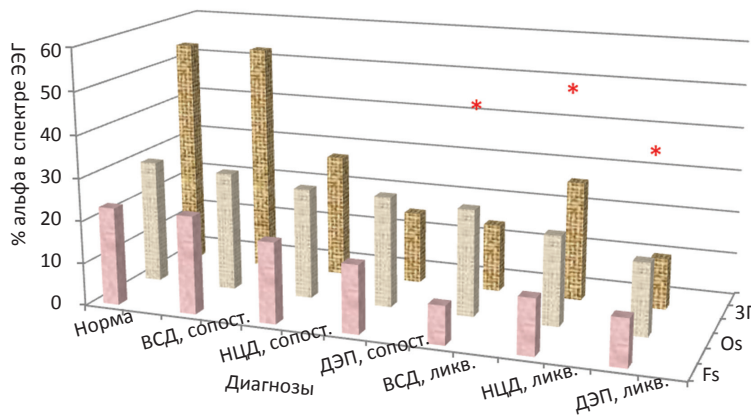


Рис. 2. Сравнительная характеристика процентного содержания альфа-диапазона в спектрах ЭЭГ лобной и затылочной областей головного мозга (относительно нормы) у больных с неврологическими расстройствами в группах ликвидаторов и сопоставления. Первые два ряда – при открытых глазах отведения Fs и Os; третий ряд – отведение Os при закрытых глазах. Приведены средние значения. Неопределенности к ним составляют 1–8 %. На этом основании у ликвидаторов снижение альфа-диапазона достоверно больше, чем в группе сопоставления по критерию Стьюдента (* – $p < 0,05–0,01$)

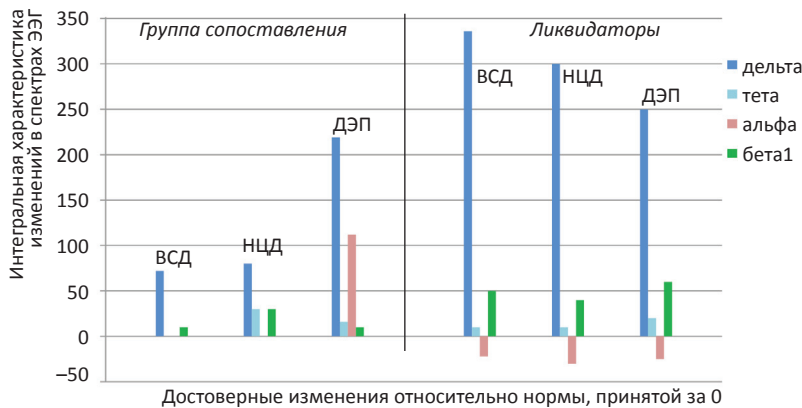


Рис. 3. Сравнительная характеристика диапазонов спектра ЭЭГ, достоверно изменяющихся при неврологических расстройствах относительно нормы в группах ликвидаторов и сопоставления. Приведены только достоверные ($p < 0,05$ по критерию Стьюдента) изменения относительно нормы, соответствующей нулевой отметке

дениям. Резко усиленный дельта-диапазон отражает не только интенсивность изменения, но и широту охвата образований мозга с достоверными отклонениями от значений в норме. Приведем некоторые конкретные характеристики представленных различий.

При ВСД в группе сопоставления получено достоверное усиление только дельта- и бета1-диапазонов ЭЭГ. Достоверное усиление первого отмечено в лобных, центральных и височной (справа) областях на 7–11 % ($p < 0,05$ относительно нормы). Достоверное усиление бета1-диапазона наблюдается в центральной (слева); теменной и височной (справа) областях на 5 % ($p < 0,1$). У ликвидаторов при ВСД выраженность дельта-полосы увеличивается достоверно сильнее, чем в случае группы сопоставления, на 11–31 % ($p < 0,05$), и в гораздо большем количестве отведений. Максимальное усиление дельта-диапазона отмечается в лобных областях, достигая в спектре 60,3 %, что в 2 раза превышает соответствующую величину в группе

сопоставления. Бета1-диапазон достоверно увеличивается на 5 % ($p < 0,1$) в областях: лобных, центральных и теменных (справа и слева); височных и затылочных (справа). При этом наблюдается снижение энергии альфа-диапазона на 10–14 % ($p < 0,01$) в лобных областях. Это снижение достоверно относительно не только нормы, но и группы сопоставления.

При НЦД (по сравнению с нормой) в группе сопоставления получено достоверное усиление не только дельта- и бета1-, но и тета-диапазонов. Возрастание дельта- отмечено в большем количестве областей мозга (по сравнению с ВСД) на 6–14 % ($p < 0,05$). Бета1-диапазон усиливается на 5 % ($p < 0,1$) в лобной, центральной, теменной и височной областях (слева); в теменной и височной (справа). При этом в лобных, теменных и височных областях наблюдается усиление тета-диапазона на 5–10 % ($p < 0,05$). В отличие от группы сопоставления, у ликвидаторов при НЦД в большей степени усиливается дельта- и бета1-диапазоны, на-

ряду со снижением тета- и альфа-активности. Уровень дельта-полосы увеличивается в большей степени ($p < 0,05$ относительно нормы и группы сопоставления) во многих отведениях. Достоверное усиление дельта-диапазона отмечается на 6–30 % ($p < 0,05$). Бета1-активность достоверно усилилась на 5 %. Достоверное снижение индекса тета-диапазона отмечено в лобных и височных областях ($p < 0,05$ относительно нормы и группы сопоставления). Основная особенность НЦД у ликвидаторов – снижение уровня альфа-диапазона наблюдается в большей степени, чем при ВСД ($p < 0,005$), что отличает эти данные от соответствующих значений в норме и группе сопоставления.

При ДЭП в группе сопоставления (по сравнению с ВСД и НЦД) получено большее разнообразие достоверных (относительно нормы) изменений в спектрах ЭЭГ. Наблюдали усиление всех основных диапазонов. Возрастание величины дельта-диапазона отмечено почти во всех образованиях на 11,5–27 % ($p < 0,05$). Достоверное усиление тета-диапазона на 5–10 % ($p < 0,05$) наблюдается в лобной, центральной и височной областях (справа). Наряду с этим, в теменных и височных отведениях наблюдается достоверное усиление альфа-диапазона на 16–28 % ($p < 0,1$), тогда как в лобных – снижение на 7–8 % ($p < 0,05$). Достоверное усиление бета1-диапазона отмечено в лобных, центральных и височных областях на 3–6 % ($p < 0,05$). В отличие от группы сопоставления, у ликвидаторов при ДЭП выраженность дельта- и бета1-полос увеличивается более существенно. Достоверное усиление дельта-диапазона отмечено на 16–35 % ($p < 0,05$) относительно нормы и группы сопоставления. Достоверное ($p < 0,05$) усиление бета1-диапазона на 4–10 % наблюдается почти во всех отведениях. Следует отметить достоверное ($p < 0,05$) и неоднозначное изменение альфа-диапазона: увеличение в височных и затылочной областях на 5–15 %; на уменьшение в лобных отведениях на 7–13 %.

Наряду с этим имело место снижение тета-активности в височной области на 3,9 % ($p < 0,05$).

Вышеописанное картирование изменений ЭЭГ находит отражение в табл. 3, представляющей направленность и величину изменения альфа-диапазона при анализируемых нозологиях в группах ликвидаторов и сопоставления. Приведены данные, полученные в условиях гипервентиляции, где изменения более выражены и подчеркивается основной вывод о снижении уровня данного диапазона у ликвидаторов по сравнению с нормой и группой сопоставления. В группе сопоставления достоверные различия относительно нормы наблюдали только при ДЭП. Характерно, что и направленность изменений носила противоположный характер, как и в группе ликвидаторов. Это обстоятельство еще раз подчеркивает большую значимость изменений в ЭЭГ ликвидаторов по сравнению с группой сопоставления.

Спектральный анализ ЭЭГ дополняют данные о сходстве и различии биоэлектрических процессов в различных областях коры головного мозга, оцениваемые по значениям коэффициентов кросс-корреляций между регистрируемыми ЭЭГ. Эти результаты (табл. 4), показывают отсутствие изменений в группе сопоставления по сравнению с данными нормы. В то же время у ликвидаторов наблюдается достоверное снижение этого показателя, что свидетельствует о значимом ослаблении связей между биоэлектрическими процессами как в одном полушарии, так и между ними в одноименных областях коры головного мозга.

Таким образом, у ликвидаторов в отдаленные сроки после воздействия МД ИИ можно наблюдать более выраженное проявление неврологической симптоматики в виде ВСД, НЦД и ДЭП. При этом в ЭЭГ можно видеть отражение (корреляты) каждой из этих форм в виде перестройки спектрально-корреляционных характеристик. Можно предположить, что наиболее глубокие изменения у ликвидаторов возникают по

Таблица 3

Направление и величина изменения альфа-диапазона ЭЭГ после гипервентиляции в группах ликвидаторов и сопоставления

Области коры головного мозга	Норма	ВСД		НЦД		ДЭП	
		Гр. сопоставления	Ликвидаторы	Гр. сопоставления	Ликвидаторы	Гр. сопоставления	Ликвидаторы
F _{aS}	+0,8	-1,6	+6,1* ^{oo}	+3,5	-6,3** ^{ooo}	-4,0**	-5,0**
F _{aD}	+1,6	-1,2	-2,9* ^o	+2,6	-2,6** ^{ooo}	+0,2**	-5,9**
F _{PS}	+1,6	-1,3	+1,6* ^o	+2,2	-4,7** ^{ooo}	-9,1***	-6,8**
F _{PD}	+1,5	-1,1	+0,3*	+2,2	-7,4** ^{ooo}	-14,3***■	-3,4**
C _S	+2,5	+0,5	+1,3	+1,0	-8,7** ^{ooo}	-3,7	-8,1**
C _D	+0,9	-0,3	+1,0	+2,6	-	-4,1	-6,7**
P _S	+3,0	-0,5	-3,0	+1,7	-	-15,1	-11,4**
P _D	+5,3	-0,4	-14,4* ^o	+1,7	-	-27,2■	-12,9**■
O _S	+1,7	-3,5	-13,4* ^o	+2,1	-6,8** ^{ooo}	-8,9	+2,4**
O _D	+2,2	-1,3	-7,1*	+2,7	-17,0** ^{ooo}	-14,4	-16,1**■
T _{aS}	+2,2	-1,6	-3,7	+0,3	-18,7*	-2,4■	-15,9**
T _{aD}	+1,6	-0,2	-3,5	+1,0	-20,6**	-13,4	-12,9**
T _{mS}	+0,9	-0,8	-18,1	+0,5	-14,2*	-20,7	-22,9**■
T _{mD}	+2,1	-0,4	-11,8	+1,7	-15,3	-31,6■	-11,8**
T _{PS}	+1,5	-0,4	-9,9	+0,7	-14,5	-28,7■	-20,8
T _{PD}	+2,2	-1,5	-9,0	+2,0	-22,2	-13,6	-7,2

Примечание: F, C, P, O, T – лобная, центральная, теменная, затылочная, височная области, левого (s) и правого (d) полушарий, a, m, p – соответственно переднее, среднее, заднее расположение; *, **, *** – достоверно относительно нормы при $p < 0,1$, $p < 0,05$, $p < 0,001$ соответственно; °, °°, °°° – достоверно относительно ВСД в группе сопоставления при $p < 0,1$, $p < 0,05$, $p < 0,001$, соответственно; ■ – $p < 0,05$ относительно НЦД в группе сопоставления. Приведена оценка достоверности по критерию Стьюдента

Таблица 4

Сравнительная характеристика значений коэффициентов кросс-корреляции между ЭЭГ различных областей коры головного мозга в норме и при неврологической патологии в группах сопоставления и ликвидаторов

Диагноз	Коэффициент кросс-корреляции между ЭЭГ :							
	$F_d \rightleftharpoons F_s$ (норма $0,83 \pm 0,4$)		$F_d \rightleftharpoons T_d$ (норма $0,52 \pm 0,05$)		$F_d \rightleftharpoons O_d$ (норма $0,35 \pm 0,08$)		$O_d \rightleftharpoons O_s$ (норма $0,6 \pm 0,02$)	
	Группа сопоставления	Ликвидаторы	Группа сопоставления	Ликвидаторы	Группа сопоставления	Ликвидаторы	Группа сопоставления	Ликвидаторы
ВСД	0,70 $\pm 0,05$	0,41 $\pm 0,05^{\circ\blacklozenge}$	0,60 $\pm 0,06$	0,22 $\pm 0,07^{\circ\blacklozenge}$	0,42 $\pm 0,08^{\ast\#}$	0,52 $\pm 0,08^{\circ}$	0,54 $\pm 0,04$	0,63 $\pm 0,08$
НЦД	0,78 $\pm 0,08$	0,42 $\pm 0,14^{\circ\blacklozenge}$	0,61 $\pm 0,05$	0,20 $\pm 0,10^{\circ\blacklozenge}$	0,50 $\pm 0,02^{\ast}$	0,46 $\pm 0,23^{\circ}$	0,52 $\pm 0,04$	0,35 $\pm 0,12^{\circ\blacklozenge}$
ДЭП	0,50 $\pm 0,05^{\circ}$	0,25 $\pm 0,17^{\circ\blacklozenge}$	0,58 $\pm 0,04$	0,36 $\pm 0,25^{\circ\blacklozenge}$	0,44 $\pm 0,01^{\ast}$	0,49 $\pm 0,09^{\ast\circ}$	0,42 $\pm 0,03^{\circ}$	0,29 $\pm 0,04^{\circ\blacklozenge}$

Примечания: \ast , \blacklozenge , $\#$, $^{\circ}$ – достоверно по критерию Стьюдента при $p < 0,05$ относительно $F_d \rightleftharpoons F_s$; относительно группы сопоставления; относительно $F_d \rightleftharpoons T_d$; относительно нормы соответственно

причине одновременного угнетения активности ретикулярной формации ствола (РФ) и неспецифических ядер таламуса [8, 9]. С этим связано и рассогласование (ослабление) связей между структурами коры и подкорки и нарушение пространственной организации биоэнергетических потенциалов мозга, свойственное состоянию покоя в норме.

Картина совокупности наблюдаемых изменений не является специфической. Она рассматривается как один из неспецифических патогенетических механизмов развития астенических симптомов различной этиологии [10–14]. По мнению авторов [15], в самых каудальных отделах РФ (продолговатый мозг) расположен синхронизирующий механизм (аппарат Морuzzi), а в передней части РФ (варолиев мост) – основная часть восходящей активирующей системы. Можно предположить, что в группе сопоставления при ВСД угнетается в небольшой степени только роstralная часть (слабое усиление дельта- и бета1-активности). У ликвидаторов это больший объем отведений и более значимые изменения в дельта-диапазонах ЭЭГ.

В реципрокных отношениях с активирующими структурами РФ находится лимбическая система [16]. В большой лимбический круг входят и неспецифические ядра таламуса, что объясняет некоторое усиление их синхронизирующей активности в виде повышения индекса бета1 (отражение пассивного бодрствования). По сравнению с ВСД при НЦД и ДЭП, в группе сопоставления, наряду с усилением дельта-, наблюдали повышение и тета-активности. Это – основная активность гиппокампа (центра лимбической системы), отражающая уровень напряжения, главным образом, в эмоциональной сфере, что может быть одной из причин неустойчивости и снижения процессов памяти. У ликвидаторов более выраженное снижение дельта-активности сопровождалось не усилением, а снижением индекса тета-частот. Эти данные позволяют предполагать нарушение нормальных реципрокных отношений между РФ ствола и лимбической системой.

По данным ЭЭГ, у ликвидаторов при нозологиях ВСД, НЦД, ДЭП отмечается больше сходства, чем в группе сопоставления, что может предполагать наличие какого-то доминирующего звена (причины) в механизме их возникновения. Одной из таких причин для ликвидаторов на ЧАЭС может быть психотравми-

рующий фактор, а именно нереализованные рентные установки [1, 5–7].

Существенное различие отмечено и в пространственной организации биоэнергетических потенциалов в двух сравниваемых группах. По данным анализа коэффициентов кросс-корреляции, в группе сопоставления при ВСД, НЦД и ДЭП не получено достоверных отличий от нормы, тогда как у ликвидаторов наблюдали значимое снижение этих показателей. Можно предположить, что нарушение нормальной функциональной связи между структурами мозга является определяющим в реализации реакций у ликвидаторов. Это может объяснить отсутствие достоверных различий в ЭЭГ-характеристиках диагнозов у ликвидаторов по сравнению с группой сопоставления.

Выводы

1. У ликвидаторов на ЧАЭС неспецифическая неврологическая симптоматика в виде ВСД, НЦД и ДЭП выявлялась достоверно чаще, чем в группе сопоставления.
2. По данным спектрального анализа ЭЭГ, у ликвидаторов отмечен достоверно больший уровень изменений частотных диапазонов по сравнению с группой сопоставления. Отличительной особенностью является достоверная совокупность двух признаков – усиление дельта-индекса и снижение индекса альфа-частот.
3. Спектральные различия ЭЭГ между ВСД, НЦД и ДЭП были достоверны только в группе сопоставления, тогда как у ликвидаторов они отсутствовали.
4. Кросс-корреляционный анализ ЭЭГ свидетельствует о достоверном снижении связей между структурами мозга у ликвидаторов по сравнению с группой сопоставления.
5. Спектрально-корреляционные изменения в ЭЭГ ликвидаторов на ЧАЭС не являются специфическими и могут быть вызваны воздействиями различной этиологии.

Для цитирования: Торубаров Ф.С., Кулешова М.В., Лукьянова С.Н., Зверева З.В., Самойлов А.С. Спектрально-корреляционный анализ ЭЭГ у ликвидаторов аварии на ЧАЭС с неврологическими нарушениями // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2019. Т. 64. № 3. С. 40–45.

DOI: 10.12737/article_5cf232752e83d4.66034976

Spectral Correlation Analysis of EEG of Liquidators of the Chernobyl Accident with Neurological Disorders**F.S. Torubarov, M.V. Kuleshova, S.N. Lukyanova, Z.F. Zvereva, A.S. Samoylov**

A.I. Burnasyan Federal Medical Biophysical Center, Moscow, Russia. E-mail: lukyanovasn@yandex.ru

F.S. Torubarov – Head of Lab., Dr. Sci. Med., Prof.; M.V. Kuleshova – Doctor-Neurologist, PhD. Med.; S.N. Lukyanova – Chef Researcher, Dr. Sci. Biol., Prof.; Z.F. Zvereva – Senior Researcher, Dr. Sci. Med.; A.S. Samoylov – Director General, Dr. Sci. Med., Prof. RAS;

Abstract

Purpose: Comparative analysis of spectral correlation characteristics of EEG from liquidators of the Chernobyl accident and persons group, with neurological disorders.

Material and methods: A study carried out with the participation of 141 of the liquidator of the Chernobyl accident and 84 people group. Ionizing effects could be subject only to the liquidators. The average radiation dose in a group of liquidators was 110 ± 14 mSv. Groups were matched on age and employment. All persons have passed clinical neurological and electrophysiological examination. The focus of the article given that spectral and correlation analysis of EEG.

Results: Clinical examination made it possible to diagnose neurological disorders in both groups as: vegetovascular dystonia, neurocirculatory dystonia, dyscirculatory encephalopathy of different etiology. Their number and extent dominated statistically in a group of liquidators of the Chernobyl accident. It is important to note that increasing the frequency of their manifestations depending on the liquidators received radiation doses have not been identified. However, the disorder is diagnosed more often in the psychoemotional sphere among liquidators, than in the group mapping (61.7 % and 29.7 %, respectively). The analysis reveals statistically significant differences in EEG spectra in the presence of specified diagnoses compared with known characteristic of norms. Spectral and correlation analysis of EEG complements these data, demonstrating the existence of correlative considered diagnoses and significant differences between groups of liquidators and mappings. Liquidators increased delta-range observed in the authentically greater degree (as compared to a matched group) and combined with a significant reduction in the alpha-frequency index. The observed changes among liquidators are functional and non-specific in nature. Picture of the totality of the observed changes is not specific. It is regarded as one of the non-pathogenic mechanisms of development of the asthenic symptoms of different etiology.

Conclusions: In the group of liquidators revealed a significant increase in the quantity and the degree of neurological disorders. In the spectrum of EEG liquidators reliably amplifies the index delta-activity and decreases the severity of alpha range compared to a mappings group. It is important that these changes are accompanied by a weakening of the correlations between brain structures and disruption EEG rest.

Key words: liquidators of the Chernobyl NPP accident, group comparison, clinical neurological examination, spectral and correlation analysis of EEG, significant differences

Article received: 24.04.2018. Accepted for publication: 18.04.2019

REFERENCES

1. Torubarov FS, Blagovechenskaya VV, Cheselin PV, Nikolaev MP. J. Neuropathology and Psychiatry. 1989;89(2):48-52. (Russian).
2. Kryzhanivskaya LA. The Chernobyl catastrophe and biomedical rehabilitation. Sat. Conference Materials. Minsk, 1992:50-2. (Russian).
3. Neagu AI, Noshenko AG, Loganovsky KN. J. Neuropathology and Psychiatry. 1992;92(4):72-7. (Russian).
4. Neagu AI. Distant neuropsychiatric effects of the Chernobyl accident. Abstracts of Int. Conf. Actual Problems of Forecasting and Mental Health Violations after a Nuclear Holocaust. 1995;95-101. (Russian).
5. Kuleshova MV. Clinical EEG-study of the consequences of the accident Chernobyl exposed to low doses of ionizing radiation. Moscow: Autoref. PhD. Med. 1998. 18 p. (Russian).
6. Kuleshova MV, Torubarov FS. Frequency of neurological disorders in persons who took part in liquidation of consequences of the Chernobyl accident, depending on the dose and time of work load. Abstracts. Moscow, III All-Russian Congress of Radiobiologists. 1997. (Russian).
7. Kuleshova MV, Torubarov FS. neurological disorders, structure, particularly the development of pathology in persons who took part in liquidation of consequences of the Chernobyl accident. Abstracts. Moscow, III All-Russian Congress of Radiobiologists. 1997. (Russian).
8. Zhermunskaia EA. Functional interdependence of large hemispheres of the human brain. Leningrad: Science, 1989. 52 p. (Russian).
9. Zhermunskaia EA. Clinical electroencephalography (digits, bar graph, illustration). Moscow: Veta-print. 1993.47 p. (Russian).
10. Kalyuzhny LV, Zacharova IN. EEG data about the interaction of visual cortex, hippocampus and hypothalamus, midbrain reticular formation in the processes of education temporary connection. In: Physiology and Pathology of Limbico-Reticular System. Ed. P.K. Anokhin, A.M. Wein. Moscow. Nauka, 1971. P. 32-5. (Russian).
11. Wayn AM, Solovyeva AD, Kolosova OA. Vegetovascular Dystonia. Moscow. Medicine, 1981. 318 p. (Russian).
12. Swiderskaya NE. Synchronous Electrical Brain Activity and Mental Processes. Moscow. Science, 1987. 155 p. (Russian).
13. Iljuchenok Ru, Shurgaia AM, Lukyanenko FYa, et al. Mapping of the cortex-subcortex- interaction in the syndrome of asthenic neurosis. J Top Nerv Activity. 1992;(42):911-8. (Russian).
14. Nerobkova L, Tkachenko SB. Clinical Electroencephalography. Moscow. 2016. 200 p. (Russian).
15. Reticular Formation of the Brain. Eds. Jasper GG, Proctor LD, Knighton RS. Moscow. Medicine, 1962. 663 p. (Russian).
16. Vinogradova OS. Hippocampus and Memory. Moscow. Science, 1975. 332 p. (Russian).

For citation: Torubarov FS, Kuleshova MV, Lukyanova SN, Zvereva ZF, Samoylov AS. Spectral Correlation Analysis of EEG-Liquidators of the Chernobyl accident with Neurological Disorders. Medical Radiology and Radiation Safety. 2019;64(3):40-5. (Russian).

DOI: 10.12737/article_5cf232752e83d4.66034976