

ЭЭГ-АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СТРАТЕГИЯХ САМОРЕГУЛЯЦИИ ЭМОЦИЙ: ПОДАВЛЕНИЕ И ПЕРЕОЦЕНКА

© 2013 г. А. М. Кустубаева*, А. Толегенова**, Дж. Мэттьюс***

*Кандидат биологических наук, доцент Казахского национального университета,
Алматы, Казахстан,
e-mail: almkust@gmail.com

**Ph. D., ст. преподаватель, там же,
e-mail: aliyatts@mail.ru

***Ph. D., профессор Университета Цинциннати, Цинциннати, США,
e-mail: matthejl@ucmail.uc.edu

Анализируются психофизиологические основы саморегуляции эмоций при эмоционально индуцированных состояниях. Излагаются результаты эмпирического изучения динамики изменения ЭЭГ-ритмов в процессе эмоциональной индукции и саморегуляции с использованием двух стратегий: “переоценка” и “подавление” эмоционального состояния. Выявлено, что индукция эмоций характеризуется десинхронизацией альфа-ритма. Определено, что эффективность саморегуляции на основе “подавления” эмоций связана с более низкой альфа-2-активностью, а на основе “переоценки” эмоций – с увеличением активации гамма-ритма.

Ключевые слова: эмоции, регуляция, стратегия подавления эмоций, стратегия переосмысления эмоций, электроэнцефалограмма, ритмы ЭЭГ.

Регуляция эмоций является важной психологической задачей, требующей всестороннего изучения. Сохранение положительного эффекта эмоций, включая преимущества эмоционального предreshения, и устранение негативного эффекта являются необходимыми условиями для результативной деятельности и важными составляющими социальных взаимоотношений, влияющими, в конечном итоге, на успешность жизнедеятельности. Регуляция эмоций может происходить как на эксплицитном, так и на имплицитном уровне. В первом случае намеренно меняется оценка той или иной эмоции, во втором – неосознанно избегаются отрицательные стимулы.

Согласно теории Дж. Гросса, существуют два типа нисходящей (*down*) эксплицитной саморегуляции эмоций – переоценка и подавление эмоций [28–30]. Регуляция может происходить на различных этапах динамики развития эмоций: предшествующем и последующем собственно эмоциональное переживание. Предшествующие (*antecedent-focused*) виды саморегуляции включают: 1) выбор и модификацию ситуации (ситуационные); 2) перераспределение внимания (объект эмоций), 3) изменение собственного от-

ношения к эмоциям (их значению). Последующая (*response-focused*) саморегуляция выражается в изменении поведенческого или физиологического ответа [30].

Предшествующая саморегуляция предупреждает появление нежелательных эмоций. Саморегуляция в ответ на полученное субъективное эмоциональное переживание включает в себя выбор из ограниченного тезауруса стратегий, приводящих к изменению поведения: переосмысление полученного опыта или подавление физиологических проявлений эмоций.

Исследования Дж. Гросса с соавторами двух стратегий саморегуляции в эксперименте с индуцированной негативной эмоцией выявили различия между ними, выразившиеся в изменении физиологических показателей кардиоваскулярной системы и электрокожного сопротивления [28, 30, 44]. Использование индивидуальной стратегии “подавление эмоций” сопровождалось увеличением симпатической активации, в отличие от использования стратегии “переоценка эмоций”. Подавление эмоций требовало дополнительных усилий на торможение текущих внешних эмоциональных реакций, приводило к увеличению

рассогласования между внешним поведением и внутренним мотивационно-потребностным состоянием, в то время как переоценка эмоций устраняла рассогласование и способствовала переходу к более спокойному функциональному состоянию.

Соответственно, применение стратегии “подавление эмоций”, как было показано в этих экспериментах, отрицательно отражалось на эффективности деятельности. В исследованиях Дж. Гросса при предъявлении испытуемым тестов на память после использования ими стратегии подавления эмоций было обнаружено ухудшение показателей вербальной памяти, причем “физиологическая цена” от использования этой стратегии не зависела от степени эмоциональной индукции, то есть подавление эмоций разной интенсивности вызывало одни и те же психофизиологические изменения [30]. Не до конца выясненными в этих исследованиях остались несколько вопросов: что происходит с активностью головного мозга при применении двух типов саморегуляции, как “физиологическая цена” подавления эмоций отражается в электрической активности мозга.

В современной литературе существует множество исследований электрической активности коры головного мозга при эмоциональных состояниях, индуцированных в экспериментальных условиях [5, 7–9, 15–17, 22–25, 31, 32, 34, 43]. Разнообразие полученных в этих экспериментах изменений ритмов ЭЭГ ассоциировалось исследователями с различием эмоционального полюса, вида эмоций, уровня эмоциогенности, стеничности эмоций, внутренней или внешней индукцией и т.д. Например, эмоция страха чаще всего физиологически характеризовалась синхронизацией тета-ритма [9, 16, 17, 33]. Стеничность эмоций связывалась с десинхронизацией альфа-ритма [7, 8]. Внутренняя индукция эмоций сопровождалась повышением более высокочастотного диапазона ритмов ЭЭГ [5]. Эмоциогенность выражалась в увеличении быстрых ритмов. Ряд ЭЭГ-исследований эмоций посвящен активности фронтальных областей, в частности, изменению асимметрии активности как характеристики эмоциональной пластичности и регуляторных способностей [22–24]. В то же время более высокая активация фронтальных зон без асимметричных различий спектральной мощности альфа-ритма при индукции эмоций ассоциировалась с более эффективной их саморегуляцией [25]. При этом вопрос динамики спонтанной активности ритмов ЭЭГ при двух различных стратегиях саморегуляции эмоционального состояния остается малоизученным. Исследования Гросса с соавторами с использова-

нием функционального сканирования показали, что стратегия “переоценка эмоций” положительно коррелировала с активностью префронтальной коры и отрицательно – с активностью миндалины [28–30, 44]. Взаимосвязь активности миндалины с эмоциональной индукцией, более выраженная при негативных эмоциях, и регуляторная функция префронтальной коры описаны во многих *fMRI*-исследованиях [37, 38, 41, 45]. Следовательно, применение двух стратегий саморегуляции эмоций должно различаться и в электрической активности коры головного мозга.

Целью настоящей работы было выявление динамики ритмов ЭЭГ при саморегуляции эмоциональных состояний с применением стратегий “переосмысление” и “подавление” эмоций относительно контрольной группы.

Гипотеза 1. Экспериментальная индукция эмоции страха сопровождается снижением альфа-ритма и увеличением тета-ритма.

Гипотеза 2. Динамика изменения спектральных характеристик ритмов коры головного мозга у двух групп испытуемых при двух стратегиях саморегуляции эмоций “переоценка” и “подавление” отличаются от показателей у обследуемых контрольной группы. Применение стратегии “подавление эмоций” сопровождается увеличением симпатической активации, в отличие от применения стратегии “переоценка эмоций”.

Гипотеза 3. Степень эффективности саморегуляции на основе снижения эмоциогенности имеет различный эффект на электрическую активность мозга обследуемых при саморегуляции стратегиями “переоценка” и “подавление”.

В задачи исследования входило: 1. Изучение динамики ритмов ЭЭГ в последовательных ситуациях – фон с открытыми глазами, просмотр нейтрального фильма, просмотр фильма с эмоциональной нагрузкой “страх”. 2. Выявление различий в динамике спектральной мощности ритмов ЭЭГ в трех обследуемых группах: с инструкцией для применения стратегии “переоценка эмоций”, с инструкцией для применения стратегии “подавление эмоций” и с инструкцией для просмотра фильма без регуляции. 3. Исследование влияния эффективности регуляции на активность головного мозга обследуемых при двух стратегиях саморегуляции эмоций.

МЕТОДИКА

1. Участники исследования. В эксперименте участвовали 150 студентов Казахского национального университета (75 женщин, 75 мужчин)

в возрасте от 18 до 27 лет. К эксперименту были допущены участники, не состоящие на учете в психоневрологических и психиатрических клиниках, а также не имеющие на момент исследования хронических заболеваний в стадии обострения или физических недомоганий. Испытуемые случайным образом были поделены на три группы, различающиеся по полученным инструкциям для регуляции эмоций перед просмотром видеофрагмента: испытуемые, входящие в I группу (50 человек), получили инструкцию переоценить/пересмыслить страх (R – “*reappraise*”); испытуемые, входящие во II группу (50 человек), – подавить эмоцию страха (S – “*suppression*”); инструкция для III группы не требовала саморегуляции эмоций (C – *control*). После ознакомления с целью и процедурой эксперимента участники подписывали согласие на участие в эксперименте согласно требованиям комитета этики при Национальном медицинском университете имени С.Д. Асфендиярова, предварительно давшего разрешение на проведение эксперимента.

2. *Индукция и регуляция эмоции страха.* Индукция эмоционального состояния страха проводилась с помощью валидизированных методов с использованием видеофрагментов, рекомендованных в работе Гросса и Левенсона (*Gross & Levenson*) [29]. До начала эксперимента мы дополнительно апробировали русскоязычные видеофрагменты из рекомендованного авторами фильма (“Молчание ягнят”) с максимальной оценкой индуцированной эмоции в 6 баллах с 4-мя эмоциями (злость, радость, удивление, страх) на 40 студентах. Оценка первого видеофрагмента составляла 2.88 ± 0.30 баллов, второго видеофрагмента – 3.26 ± 0.33 баллов. Вследствие отсутствия достоверных различий два видеофрагмента считались равнозначными по эмоциональной окрашенности. Разработанная нами оценочная анкета также использовалась в основном эксперименте до и после ЭЭГ-процедуры. Регуляция эмоций осуществлялась испытуемыми после получения инструкций согласно методике Гросса и Левенсона “переоценить эмоцию” или “подавить эмоцию” [29]. Инструкции отличались только перед просмотром последнего видеофрагмента в соответствии с группой: 1) для группы R – “Сейчас Вам будет показан видеофрагмент № 3. Пожалуйста, измените свое отношение к своим эмоциям и переоцените ситуацию положительно”; 2) для группы S – “Сейчас Вам будет показан видеофрагмент № 3. Пожалуйста, подавите свои эмоции”; 3) для группы C – “Сейчас Вам будет показан видеофрагмент № 3”. Эффективность саморегуляции оценивалась как разница между показателя-

ми самооценки эмоциогенности видеофрагмента 1 и видеофрагмента 2.

3. *Запись электрической активности головного мозга (ЭЭГ).* Запись электрической активности головного (ЭЭГ) мозга проводилась с использованием электроэнцефалографа “Нейрон-Спектр-1” в соответствии с системой 10–20% с симметричных точек $Fp1$, $Fp2$, $F3$, $F4$, $F7$, $F8$, $C3$, $C4$, $P3$, $P4$, $T3$, $T4$, $T5$, $T6$, $O1$, и $O2$ монополярно относительно ушных электродов. Обследуемые находились в затемненном помещении, изолированном от шума и электромагнитных волн. Подача непрерывного стимульного материала, состоящего из инструкций и видеофрагментов в *PowerPoint*, производилась с помощью проектора.

Процедура записи ЭЭГ включала 8 ситуаций: 1) фон при закрытых глазах (ЗГ1, 120 с); 2) фон при открытых глазах (ОГ1, 60 с); 3) просмотр нейтрального видеофрагмента без эмоциональной нагрузки (Н, 180 с); 4) фон 2 (ОГ2, 60 с); 5) просмотр видеофрагмента с эмоциональной нагрузкой страха (С1, 180 с); 6) фон 3 (ОГ3, 60 с); 7) инструкция (И, 30 с); 8) регуляция эмоций (РЭ, 180 с).

Дизайн эксперимента представлен на рисунке 1.

4. *Анализ ЭЭГ.* Спектральный анализ на основании быстрого преобразования Фурье производился с помощью программного пакета “Нейрон-Спектр” после автоматического и визуального исключения артефактов из записи ЭЭГ. Ситуации анализировались с шагом эпохи 500 мс и нулевым интервалом перекрытия. Спектральные составляющие усреднялись в диапазонах: дельта –



Рис. 1. Общая схема эксперимента.

0.2–3.9 Гц; тета – 4–7.9 Гц; альфа-1 – 8–10.9 Гц; альфа-2 – 11–13.9 Гц; бета-1 – 14–19.9 Гц; бета-2 – 20–29.9 Гц, гамма – 30–35 Гц. Функция когерентности оценивалась в парных поперечных (межполушарных) и продольных (внутриполушарных) комбинациях. Индивидуальные показатели спектральной плотности мощности (СПМ) и функции когерентности (КоГ) ритмов ЭЭГ по каждой изучаемой ситуации переносились в файл *SPSS*. Дальнейшая статистическая обработка производилась с помощью статистического пакета *SPSS 15*. Полученные данные проходили процедуру нормализации с помощью логарифмирования исходных показателей. В данной работе приведены только результаты спектрального анализа.

5. Основные статистические гипотезы.

Гипотеза 1. Выявление достоверного эффекта фактора ситуации в различных диапазонах ритмов ЭЭГ по всей выборке обследуемых с использованием *General Linear Model – Repeated Measures* доказывает наличие изменений спектральной мощности ритмов ЭЭГ вследствие эмоциональной индукции. *Нулевая гипотеза:* отсутствие эффекта фактора ситуации свидетельствует об отсутствии эмоциональной индукции.

Гипотеза 2. Дисперсионный анализ (*One-way ANOVA*) показателей изменений спектральной мощности между ситуациями С и С1 в трех обследуемых группах обнаружит достоверные различия. *Нулевая гипотеза:* отсутствие достоверных различий между тремя группами обследуемых будет свидетельствовать в пользу равнозначности изучаемых стратегий регуляции эмоций.

Гипотеза 3. Однофакторный дисперсионный анализ выявит достоверные различия между подгруппами по степени саморегуляции. *Нулевая гипотеза:* спектральные показатели у испытуемых в каждой подгруппе по степени саморегуляции одинаковы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Результаты исследования эффекта индукции эмоций при просмотре нейтрального и эмоционального видеоклипов.

1.1. Динамика ЭЭГ ритмов в последовательных ситуациях “фон при открытых глазах” (ОГ1), “просмотр нейтрального фильма” (Н), «просмотр фильма с эмоциональной нагрузкой “страх”» (С1) по всей выборке обследуемых (150 человек). Ввиду того, что первые ситуации экспериментального исследования (ОГ1 – Н –

С1) были одинаковыми для всех участников, мы провели анализ данных спектральной мощности ритмов ЭЭГ на всей выборке в динамике этих ситуаций с использованием дисперсионного анализа *Repeated Measures* для установления значимости влияния основных внутренних факторов (*within subjects*) $S*L*A$: ситуации ($S, situation – 3$), отведения ($L, location – 8$), асимметрии ($A, asymmetry$), а также межгруппового гендерного фактора ($G, between subjects$) для каждого диапазона ритмов (табл. 1).

Динамика ритмов ЭЭГ в трех ситуациях выявила достоверные эффекты фактора S в дельта-, тета-, альфа-1 и альфа-2, бета-1 диапазонах ритмов головного мозга. Необходимо отметить, что гендерный эффект был достоверен во всех диапазонах осцилляций мозга, что определяет значимость отдельного рассмотрения гендерных различий в индукции эмоций. Для выделения эффекта индукции эмоции изучались две ситуации отдельно (Н – С1). При данном рассмотрении эффект ситуации в динамике оказался достоверным только для альфа-1 и альфа-2 ритмов. Достоверный эффект асимметрии был выявлен только для гамма-ритма.

Таким образом, в динамике ритмов ЭЭГ наблюдалась десинхронизация дельта, тета, альфа-1 и альфа-2, бета-1 ритмов в последовательности ситуаций. Эффект индукции эмоций проявлялся в усилении десинхронизации альфа-1 и альфа-2 ритмов, что свидетельствовало о дальнейшем переходе на более высокий уровень активации головного мозга.

1.2. Корреляционный анализ между значениями оценки эмоциогенности и ритмами ЭЭГ в ситуации $F1$ выявил достоверные положительные корреляции в большей степени с правополушарным бета-2 и гамма-осцилляциями (табл. 2).

Соответственно, можно сделать вывод о том, что интенсивность эмоции “страх” взаимосвязана с активацией высокочастотных ритмов правого полушария.

2. Сравнительный анализ показателей спектральной мощности в трех группах, отличающихся по инструкции к регулированию эмоций.

2.1. Сравнительный анализ между группами динамических изменений от ситуации С1 к ситуации С2. Для выявления эффектов группы ($G, groups – 3 (R, S, C)$) и ситуации ($S, situation – 2 (C1 и C2)$) был предварительно проведен дисперсионный анализ *Repeated Measures* (с дополнительными внутренними факторами отведения ($L, location – 8$) и асимметрии ($A, asymmetry – 2$) для каждого

Таблица 1. Эффект факторов (*S*, *L*, *A* и *G*) на динамику ритмов ЭЭГ в последовательности ситуаций ОГ1–Н–С1

Ритмы ЭЭГ	Факторы	ОГ1–Н–С1			Н–С1		
		<i>F</i>	<i>p</i>	η	<i>F</i>	<i>P</i>	η
Дельта	<i>S</i>	5.864	0.007	0.038	–	–	–
	<i>L</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>A</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>G</i>	55.044	0.000	0.271	50.264	0.000	0.254
Тета	<i>S</i>	11.696	0.000	0.073	–	–	–
	<i>L</i>	50.061	0.000	0.253	32.555	0.000	0.180
	<i>A</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>G</i>	19.339	0.000	0.116	18.557	0.007	0.111
Альфа-1	<i>S</i>	30.262	0.000	0.170	15.596	0.000	0.095
	<i>L</i>	36.512	0.000	0.198	47.007	0.000	0.241
	<i>A</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>G</i>	20.923	0.000	0.124	32.116	0.000	0.178
Альфа-2	<i>S</i>	16.710	0.000	0.101	6.555	0.011	0.042
	<i>L</i>	34.072	0.000	0.187	29.121	0.000	0.164
	<i>A</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>G</i>	14.103	0.000	0.087	29.146	0.000	0.165
Бета-1	<i>S</i>	8.531	0.001	0.054	–	–	–
	<i>L</i>	20.916	0.000	0.124	21.128	0.000	0.128
	<i>A</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>G</i>	28.096	0.000	0.160	29.992	0.000	0.169
Бета-2	<i>S</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>L</i>	11.238	0.000	0.071	10.080	0.001	0.064
	<i>A</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>G</i>	10.673	0.001	0.068	11.153	0.001	0.070
Гамма	<i>S</i>	–	–	–	–	–	–
	<i>L</i>	9.877	0.000	0.063	9.637	0.000	0.061
	<i>A</i>	5.389	0.022	0.035	6.455	0.012	0.042
	<i>G</i>	6.330	0.013	0.376	9.964	0.002	0.063

Примечание: Внутригрупповые факторы – ситуация (*S*, *situation* – 3), отведение (*L*, *location* – 8), асимметрия (*A*, *asymmetry*); межгрупповой фактор – гендерный (*G*, *gender*).

диапазона ритмов. В результате дисперсионного анализа не было обнаружено статистически значимого взаимодействия между эффектами группы и ситуации $G*S$. Достоверными оказались только сочетания эффектов $L*G$ ($F = 6.305$, $p = 0.002$) и $S*L$ ($F = 12.499$, $p = 0.001$) для альфа-1 диапазона. В связи с этим был проведен дополнительный анализ сравнения средних значений (*Paired-Samples T-test*) и однофакторный дисперсионный анализ (*one way ANOVA* с критерием *LSD*), которые выявили достоверные большие изменения показателей спектральной мощности в группе

R в диапазоне альфа-1 для отведений $F1$, $F3$, $C3$ ($p < 0.05$) по сравнению с другими группами, где эти изменения были недостоверны (рис. 2).

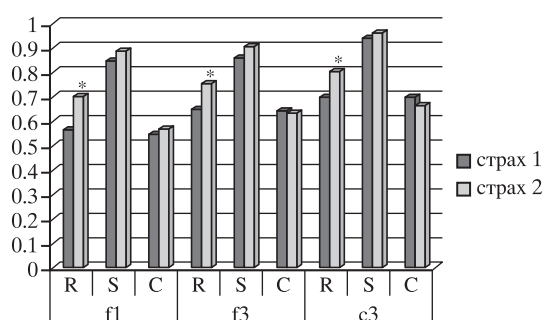
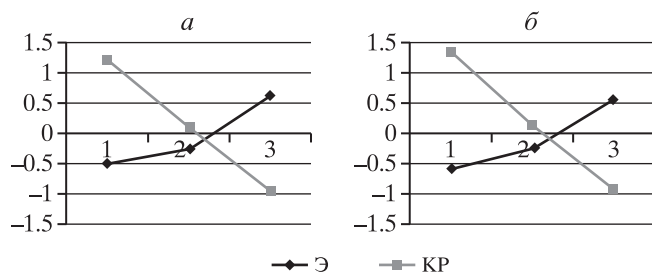
2.2. Корреляционный анализ между оценкой эмоциогенности и ритмами ЭЭГ в ситуации С2 выявил в группе *R* положительную корреляцию только с гамма $F1$ (0.282 , $p < 0.05$); в группе *S* – положительную с бета-1 $T4$ (0.304 , $p < 0.05$) и бета-2 $F7$ (0.316 , $p < 0.05$).

2.3. Коэффициент регуляции. В каждой группе (*R*, *S*, *C*) отдельно был проведен однофакторный

Таблица 2. Коэффициент корреляции Пирсона между оценкой эмоциогенности и спектральной мощностью бета-2 и гамма-ритмов

$\beta 2$ -ритм				γ -ритм			
Левое полушарие		Правое полушарие		Левое полушарие		Правое полушарие	
<i>Fp1</i>	0.112	<i>Fp2</i>	0.122	<i>Fp1</i>	0.112	<i>Fp2</i>	0.198*
<i>F3</i>	0.121	<i>F4</i>	0.171*	<i>F3</i>	0.096	<i>F4</i>	0.234**
<i>F7</i>	0.121	<i>F8</i>	0.207*	<i>F7</i>	0.031	<i>F8</i>	0.211**
<i>C3</i>	0.138	<i>C4</i>	0.228**	<i>C3</i>	0.072	<i>C4</i>	0.227**
<i>P3</i>	0.161*	<i>P4</i>	0.228**	<i>P3</i>	0.076	<i>P4</i>	0.241**
<i>O1</i>	0.156	<i>O2</i>	0.222**	<i>O1</i>	0.101	<i>O2</i>	0.217**
<i>T3</i>	0.140	<i>T4</i>	0.237**	<i>T3</i>	0.049	<i>T4</i>	0.203*
<i>T5</i>	0.174*	<i>T6</i>	0.228**	<i>T5</i>	0.076	<i>T6</i>	0.206*

Примечание. * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$.

**Рис. 2.** Спектральная мощность альфа-1 ритма в ситуациях “Страх 1” (без саморегуляции) и “Страх 2” (с саморегуляцией) в отведениях *F1*, *F3*, *C3* у обследуемых в трех группах (*R*, *S*, *C*).**Рис. 3.** Оценка эмоциогенности и коэффициент регуляции в двух группах: А – группа *R*, Б – группа *S*.

дисперсионный анализ (*one-way ANOVA*) полученных данных в подгруппах, сформированных с учетом степени саморегуляции.

2.3.1. Оценка эмоциогенности (*R*-группа: $F = 7.171, p = 0.002$; *S*-группа: $F = 7.479, p = 0.002$) и коэффициент регуляции (*R*-группа: $F = 67.556, p = 0.00$; *S*-группа: $F = 84.359, p = 0.00$) достоверно отличались в трех группах и имели реципрокные отношения (рис. 3).

По оси абсцисс – группы по регуляции 1, 2, 3; по оси ординат – стандартизированные показатели

ли оценки эмоциогенности и коэффициента регуляции (у.е.).

Результаты исследования показали, что чем ниже коэффициент регуляции эмоций, тем выше оценка эмоциогенности ситуации.

1.3.2. Сравнительный анализ стандартизированных показателей спектральных характеристик в группах по степени саморегуляции (1, 2, 3) выявил достоверные различия (рис. 4).

Полученные данные указывают на то, что субъективное снижение эмоциогенности при просмотре третьего видеофрагмента в результате “переоценки эмоций” связано с более высокой гамма-активностью в центральном, теменном и затылочном отделах правого полушария, с более низкими значениями спектральной мощности тета- и альфа-1 ритмов в фронтально-центральных регионах обоих полушарий, в то время как при “подавлении эмоций” эффект проявляется в более низком альфа-2 ритме фронтально-затылочных областях левого полушария и тета-ритме левополушарных фронтально-теменных зон.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Данное исследование позволило рассмотреть динамику изменения электрической активности в процессе экспериментальной индукции эмоции “страх” и ее саморегуляции двумя стратегиями. Проведенный анализ показателей спектральной мощности ЭЭГ обнаружил эффект ситуации в десинхронизации дельта-, тета-, альфа-1 и альфа-2, бета-1 ритмов в динамике изучаемых ситуаций, что в большей степени ассоциировалось со спонтанной активацией мозга на просмотр видеофрагмента. Спонтанная десинхронизация ритмов в динамике перехода от спокойного состояния в более

активное состояние просмотра видеофрагмента может относиться к механизму кросс-частотной фазовой синхронизации, когда изменение ведущего осциллятора влечет за собой изменения других осцилляторных систем [18]. Например, считается, что тета-ритм имеет гиппокампальную природу и тесно связан с таламическим осциллятором, что, возможно, будет отражаться в эффекте связывания (*"coupling"*). Действительно, коэффициент корреляции по Пирсону между тета- и альфа-1, альфа-2 частотами в ситуации "Страх 1" был высокодостоверным ($p < 0.01$) практически во всех отведениях.

При эмоционально нагруженном видеофрагменте с эмоцией "страх" эффект десинхронизации достоверно увеличивался только в альфа-1 и альфа-2 диапазонах, что частично подтверждает первую гипотезу. Эмоциональная индукция сопровождалась десинхронизацией альфа-диапазона во многих исследованиях [9, 15, 17, 31 и др.]. Увеличения спектральной мощности тета-ритма при индукции эмоции "страх" в исследовании не выявлено. Возможно, это связано с функциональными особенностями тета-ритма, описанного в литературе одновременно как эмоционального ритма и ритма памяти и обучения [4, 7–10, 17–19, 36]. С одной стороны, тета-активность ассоциируется с отражением короткого пути напрямую от таламуса к миндалине без участия коры, который *LeDoux* определил как "нижний путь" (*"low road"*) в своей модели страха [37, 38, 45]. В подтверждение этому *Morris* с соавторами обнаружил наличие параллельных нейрональных путей в миндалину при подаче эмоциональных стимулов в кортикально "слепые" области [40–42]. *fMRI*-исследования показали, что эти пути активируются в большей степени низкочастотными характеристиками эмоционального стимула (в частности, лицо с выражением страха) [47, 48]. С другой стороны, в литературе имеются сведения о том, что при внутренней индукции страха без внешних эмоциональных стимулов активации миндалины (ПЭТ-исследование) и синхронизации тета-ритма (ЭЭГ-исследование) не происходит [5, 21]. Несмотря на то, что в данном эксперименте индукция производилась внешними стимулами, ее эффект оценивался относительно предыдущей ситуации с просмотром нейтрального видеофрагмента. Кроме того, в литературе имеются сведения, что десинхронизация тета-ритма наблюдалась также при авersive видео стимуляции, что, по мнению Л.И. Афтанаса, может быть связано с внутренним "индуцированием когнитивной стратегии" избегания или "торможением II класса" [4].

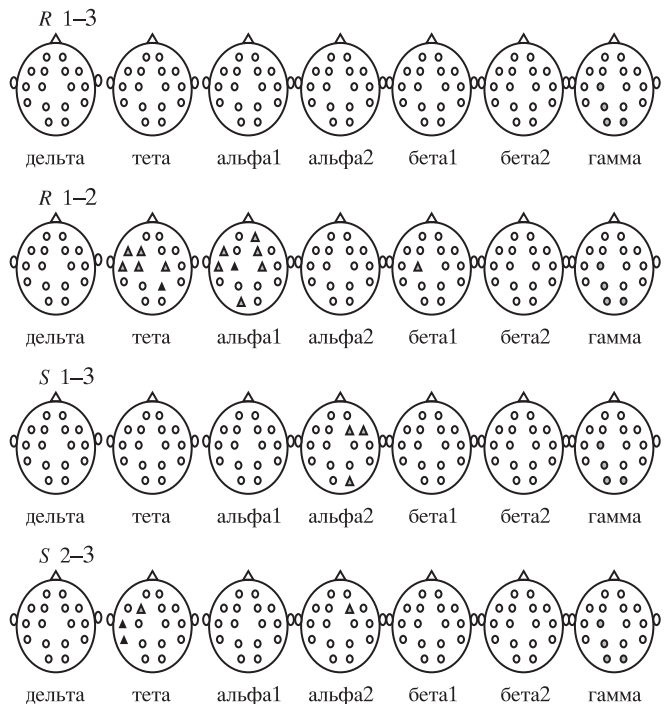


Рис. 4. Сравнение спектральной мощности в 1, 2 и 3 группах по степени саморегуляции у обследуемых со стратегией "переоценка эмоций" (*R*) и со стратегией "подавление эмоций" (*S*). Значение спектральной мощности выше – $\circ p < 0.001$; $\circ p < 0.05$; ниже – $\blacktriangle p < 0.001$; $\blacktriangle p < 0.05$.

Эмоции часто ассоциируются с активационным эффектом, вовлекающим подкорковые структуры, регулирующие вегетативные функции [7, 8, 21, 31, 33]. В то же время активационный эффект зависит от степени эмоциональности и стеничности эмоций. Например, в различных исследованиях показано проявление стеничности эмоций в специфике корреляционных связей в низкочастотном (для страха) и более высокочастотном (для гнева) диапазонах [8, 33]. В нашем исследовании самооценка эмоционности первого видеофрагмента коррелировала положительно с активацией высокочастотных ритмов (бета-2 и гамма) правого полушария в ситуации С1. В литературе степень и интенсивность эмоций соотносятся с активностью именно правого полушария, что объясняется более тесной взаимосвязью с вегетативными функциями [4, 6, 23, 31–33]. Вопрос асимметрии при эмоциональной индукции и регуляции будет рассматриваться отдельно в последующей статье с данными анализа поперечной когерентности ритмов ЭЭГ.

Исследования Гросса с соавторами, посвященные саморегуляции эмоций, показали, что стратегия "подавление эмоций" сопровождается симпатической активацией и требует большего

напряжения и энергетических расходов, в то время как стратегия “переоценка эмоций” не обнаруживает такого эффекта [28, 30]. Одним из результатов нашего исследования оказалось достоверное отличие группы обследуемых, выполнявших инструкцию “подавление эмоций”, от групп *C* и *R*, выразившееся в более высоких спектральных характеристиках высокочастотного диапазона бета-2 и гамма генерализованно практически по всем областям коры головного мозга, а также более локально в тета-, альфа-системах. Возможно, это соответствует симпатической активации, полученной в аналогичных экспериментах Гросса с соавторами. Но наличие подобных различий в ситуации *C1* между группами не позволяет отнести этот эффект к полученной инструкции.

Принцип единства эмоциональных и когнитивных процессов, явившийся теоретической основой данного исследования, предполагал их взаиморегуляцию. Известная школа О.К. Тихомирова, подчеркивая взаимосвязь и неотделимость эмоций и мышления, придавала эмоциям целостную функцию координатора, который соединял уровни деятельности [11, 12]. Теория Лазаруса уделяла значение когнитивному компоненту в регуляции эмоций [35]. Исследования Дамазео с соавторами привели к выводу о том, что эмоции являются определенным уровнем сознания [20]. Классический эксперимент “*bad-good guy*” является доказательством принятия решения при нарушении памяти на основе эмоционального опыта.

Системная психофизиология предлагает интегративный подход к данной проблеме. Согласно представлениям Ю.И. Александрова, эмоции и сознание являются характеристиками разных, одновременно актуализируемых уровней системной организации поведения, представляющих собой трансформированные этапы развития и соответствующих различным уровням дифференциации [1–3]. Соотношение низкодифференцированных и высокодифференцированных структур определяет уровень структуры в определенном реализуемом поведении. Чем ниже уровень, тем интенсивнее эмоции. То есть при повышении эмоционального состояния происходит “дифференциация – регрессия” к ранее сформированным стратегиям поведения [3]. Регуляция эмоций приводит, вероятно, к трансформации на более высокий уровень дифференцированности систем, актуализируемых в поведенческом акте. Таким образом, индукция и регуляция эмоций будут представляться как обратные трансформации между иерархическими уровнями актуализации доменов с различным вовлечением низкодифференцированных и высокодифференцированных

структур [1–3]. Регуляция эмоций, вероятно, увеличивает долю вовлечения высокодифференцированных структур как следствие уменьшения эмоциональности. Каковы же различия между стратегиями регуляции? Любая ли стратегия регуляции приводит к повышению степени вовлечения высокодифференцированных структур? Предположим, что переоценка эмоций как наиболее адаптивная стратегия саморегуляции с меньшими затратами ресурсов способствует устранению изначальной причины эмоционального всплеска, изменению смыслового значения ожидаемого результата с уже сложившимся. То есть должна происходить актуализация более высокого уровня иерархической системы с вовлечением более высокодифференцированных структур и уменьшением вовлечения низкодифференцированных структур, что приводит в конечном итоге к более оптимальным ресурсным затратам и более стабильному состоянию. Полученная наибольшая синхронизация альфа-ритма в левых фронтально-центральных областях может свидетельствовать в пользу уменьшения эмоциональности и подтверждать вышеизложенное предположение. Данный аргумент также согласуется с вовлечением гамма-активации в более эффективной регуляции с использованием стратегии “переоценка эмоций”. Подавление эмоций сопровождается большими ресурсозатратами на торможение внешнего эмоционального проявления, наблюдается рассогласование между внешним поведением и внутренним содержанием, причина не устраняется, наблюдается нестабильное состояние. Фристон [27] считает, что мозг проходит различные переходные этапы “*labile brain series*” через динамику нестабильных ситуаций к более стабильным. С позиций В.Б. Швыркова, «из всех возможных “пробных” систем на каждом уровне остаются только более устойчивые системы» [14, с. 6]. Изучение динамики стабильных и нестабильных ситуаций, соотношения низкодифференцированных (“старых”) и высокодифференцированных (“новых”) систем при индукции и регуляции эмоций представляется наиболее интересным вопросом и требует дополнительных подходов к анализу полученных данных. Мы предполагаем, что более адекватным критерием дифференцированности вовлеченных систем может служить показатель сложности (“*complexity*”) электроэнцефалограммы, который оставляет возможность дальнейшего его рассмотрения в последующих работах.

Рассмотрение эффекта регуляции внутри каждой группы в приведенном исследовании позволило выявить, что увеличение эффекта *S* ассоциируется со снижением тета-ритма на втором

уровне, альфа-2 ритма на следующем уровне. В то время как увеличение эффекта *R* соотносится с уменьшением тета- и альфа-1 ритмов на втором уровне и увеличением гамма-ритма на следующем уровне. Мы можем сказать, что данные механизмы связаны с уменьшением эмоциогенности в результате саморегуляции эмоций, так как они достоверно различаются. Эффективность подавления эмоций направлена на внешнее проявление эмоций и в большей степени связана с альфа-системой, а переоценка эмоций связана с внутренним изменением оценки эмоциогенности и высокочастотными ритмами. Внутренняя самооценка эмоциогенности является более сложным процессом, чем само эмоциональное состояние, и, вероятно, требует вовлечения более высококодифференцированных структур. Изменения относительно внутренней самооценки эмоциогенности при индукции и саморегуляции эмоций связаны со способностью регулировать эмоции. Как показали наши предыдущие исследования, способность регулировать эмоции взаимосвязана с увеличением спектральной мощности гамма-ритма во фронтальной области [13, 34].

Результаты приведенного исследования имеют как теоретическое, так и практическое значение. Выяснение механизмов регуляции с двумя различными стратегиями может стать основой для совершенствования методов эмоциональной саморегуляции.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментальная индукция эмоции “страх” сопровождалась десинхронизацией альфа-ритма головного мозга, что свидетельствовало о повышении активации. Уровень эмоциогенности положительно коррелировал с высокочастотными ритмами правого полушария при индукции эмоций.

2. Несмотря на то, что спектральные характеристики ритмов головного мозга у группы испытуемых при стратегии “подавление эмоций” отличались от однозначных показателей у обследуемых контрольной группы, эффекта ситуации саморегуляции эмоций не выявлено. Стратегия “переоценка эмоций” ассоциировалась с уменьшением альфа активности в левой фронтальной и центральной областях в динамике перехода от ситуации “индукция эмоций” к ситуации “саморегуляция эмоций”.

3. Показатель эффективности саморегуляции на основе снижения эмоциогенности имел различный эффект в группах с двумя разными стра-

тегиями саморегуляции эмоций. Эффективность “подавления эмоций” ассоциировалось с уменьшением альфа-2 ритма, а “переоценки эмоций” – с увеличением гамма-активации.

4. Полученные результаты изучения спектральных характеристик свидетельствуют в пользу того, что изменения эмоционального состояния в процессе индукции и саморегуляции связаны с вовлечением в большей степени альфа-осцилляций, функционально отражающей неспецифическую активацию мозга, что согласуется с эффектом кардиореспираторной системы при саморегуляции эмоций, обнаруженном в исследованиях Гросса [28–30].

5. Наличие достоверного эффекта асимметрии указывает на необходимость продолжения анализа полученных данных с использованием функции межполушарной когерентности для более детального изучения эффекта асимметрии. Изучение динамики всей экспериментальной манипуляции эмоциональным состоянием требует дополнительного нелинейного анализа для рассмотрения динамических процессов с позиций системной психофизиологии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Ю.И. Сознание и эмоции // Теория деятельности и социальная практика. III Международный конгресс: июнь 1995 г. М., 1995. С. 5–6.
2. Александров Ю.И. От эмоций к сознанию // Психология творчества: школа Я.А. Пономарева / Под ред. Д.В. Ушакова. М.: Институт психологии РАН, 2006. С. 293–328.
3. Александров Ю.И. Дифференциация и развитие. Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма / Сост. Н.И. Чуприкова. М.: Языки славянских культур (Разумное поведение и язык. Language and reasoning), 2009. С. 17–28.
4. Афтанас Л.И. Эмоциональное пространство человека: психофизиологический анализ // Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2000. С. 126.
5. Данько С.Г. Состояния коры мозга человека при внутренней индукции эмоций // Когнитивные исследования. Вып. 2 / Под ред. В.Д. Соловьева, Т.В. Черниговской. М.: Институт психологии РАН, 2008. С. 48–74.
6. Дорофеева И.Н., Падун М.А. Особенности саморегуляции и профиль латеральной организации мозга // Психол. журн. 2012. Т. 33. № 1. С. 101–111.
7. Костюнина М.Б. Электроэнцефалограмма человека при мысленном воспроизведении эмоционально-окрашенных событий // Журнал высшей нерв-

- ной деятельности им. И.П. Павлова. 1998. № 2. С. 213–221.
8. Костюнина М.Б., Русалова М.Н. Исследование эмоциональных состояний человека методом спектральной корреляции // Российский физиологический журнал. 2003. № 5. С. 512–521.
 9. Лапина Т.Н. Электроэнцефалографические корреляты эмоциональных реакций // Вестник Московского университета. Сер. 14. Психология. 2007. № 2. С. 59–69.
 10. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. М.: Наука, 1981.
 11. Тихомиров О.К. Психология мышления. М.: Изд-во Московского университета, 1984.
 12. Тихомиров О.К., Ключка В.Е. Эмоциональная регуляция мыслительной деятельности // Вопросы психологии. 1980. № 5. С. 23–31.
 13. Толегенова А.А., Джакупов С.М., Мэттьюс Дж., Кустубаева А.М. Эмоциональный интеллект и регуляция эмоций. Современная психология мышления: смысл в познании // Всероссийская научная конференция “Современная психология мышления: смысл в познании”. М.: МГУ, 2008. С. 90–93.
 14. Швырков В.Б. Что такое нейрональная активность и ЭЭГ с позиций системно-эволюционного подхода // ЭЭГ и нейрональная активность в психофизиологических исследованиях / Под ред. В.Б. Швыркова, В.М. Русалова, Д.Г. Шевченко. М.: Наука, 1987. С. 5–23.
 15. Ahern G.L., Schwartz G.E. Differential lateralization for positive and negative emotion in human brain: EEG spectral analysis // Neuropsychologia. 1985. V. 23. P. 745–756.
 16. Aftanas L.I., Koshkarov V.I., Pokrovskaja V.L. Event-related desynchronization (ERD) patterns to emotion-related feedback stimuli // Int. J. Neurosci. 1996. V. 87. P. 151–173.
 17. Aftanas L.I., Reva N.V., Varlamov A.A., Pavlov S.V., Makhnev V.P. Analysis of evoked EEG synchronization and desynchronization in conditions of emotional activation in humans: Temporal and topographic characteristics // Neuroscience and behavioral physiology. 2004. V. 34 (8). P. 859–867.
 18. Buzsáki G. Rhythms of the Brain. N.Y: Oxford University press, 2006.
 19. Cuthbert B.N., Schupp H.T., Bradley M.M., Birbaumer N., Lang P.J. Brain potentials in affective picture processing: covariation with autonomic arousal and affective report // Biol. Psychol. 2000. V. 52 (2). P. 95–111.
 20. Damasio A.R. Descartes’ error: Emotion, reason, and the human brain. Avon Books, New York, 1995.
 21. Damasio A.R., Grabowski T.J., Bechara A., Damasio H., Ponto L.L.B., Parvizi J., Hichwa R.D. Subcortical and cortical brain activity during the feeling of self-generated emotions // Nature Neuroscience. 2000. V. 3 (10). P. 1049–1056.
 22. Davidson R.J. EEG measures of cerebral asymmetry: conceptual and methodological issues // Int. J. Neurosci. 1988. V. 1–2. P. 71–89.
 23. Davidson R.J. Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion // Brain and Cognition. 1992. V. 20 (1). P. 125–151.
 24. Davidson R.J., Ekman P., Sarason C.D., Senulis J.A., Friesen W.V. Approach/withdrawal and cerebral asymmetry: Emotional expression and brain physiology // Journal of Personality and Social Psychology. 1990. V. 58 (2). P. 330–341.
 25. Dennis T.A., Solomon B. Frontal EEG and emotion regulation: Electrocortical activity in response to emotional film clips is associated with reduced mood induction and attention interference effects // Biol. Psychol. 2010. V. 85. Is. 3. P. 456–464.
 26. Epstein S., Pacini R., Denes-Raj V., Heier H. Individual differences in intuitive-experiential and analytical-rational thinking styles? // J. Pers. Soc. Psychol. 1996. Aug. V. 71 (2). P. 390–405.
 27. Friston K.J. The labile brain. I. Neuronal transients and nonlinear coupling // Philos. Trans. R. Soc. Lond. 2000. V. 365. P. 215–236.
 28. Gross J.J. The emerging field of emotion regulation: An integrative review // Review of General Psychology. 1998. V. 2. P. 271–299.
 29. Gross J.J., Levenson R.W. Emotion elicitation using films // Cognition and Emotion. 1995. V. 9. P. 87–108.
 30. Gross J.J. Emotion regulation: Affective, cognitive, and social consequences // Psychophysiology. Cambridge University Press, 2002. P. 281–291.
 31. Heller W., Nitschke J.B., Lindsay D.L. Neuropsychological correlates of arousal in self-reported emotion // Cogn. Emot. 1997. V. 11. P. 383–402.
 32. Heller W., Nitschke J.B., Etienne M.A., Miller G.A. Patterns of regional brain activity differentiate types of anxiety // Journal of Abnormal Psychology. 1997. V. 106 (3). P. 376–385.
 33. Kostyunina M., Kulikov M. Frequency characteristics of EEG spectra in the emotions // Neuroscience and Behavioral Physiology. 1996. V. 26 (4). P. 340–343.
 34. Kustubayeva A.M., Matthews G., Tolgenova A., Jakupov S. Emotional intelligence, Mood-regulation and EEG // Proceedings of 14th Biennial Conference, July 18–22, 2009. Evanston, Chicago, USA. P. 129.
 35. Lazarus R.S. A laboratory approach to the dynamics of psychological stress // American Psychologist. 1964. V. 19. P. 400–411.
 36. Laukka S.J., Jarvilehto T., Alexandrov Y.I., Lindquist J. Frontal midline theta related to learning in a simulated driving task // Biol. Psychol. 1995. V. 40. P. 313–320.

37. *LeDoux J.E.* The Emotional Brain. N.Y: Simon and Schuster. 1996.
38. *LeDoux J.E.* Emotion circuits in the brain // *Annu. Rev. Neurosci.* 2000. V. 23. P. 155–184.
39. *McCrae R.R., Costa P.T.* Validation of the five-factor model of personality across instruments and observers // *Journal of Personality and Social Psychology.* 1987. V. 52. P. 81–90.
40. *Morris J.S., Ohma A., Dolan R.J.* Conscious and unconscious emotional learning in the human amygdala // *Nature.* 1998. V. 393. P. 467–470.
41. *Morris J.S., Buche C., Dolan R.J.* Parallel neural responses in amygdala subregions and sensory cortex during implicit fear conditioning // *Neuroimage.* 2001. V. 13. P. 1044–1052.
42. *Morris J.S., DeGelder B., Weiskrantz L., Dolan R.J.* Differential extrageniculostriate and amygdala responses to presentation of emotional faces in a cortically blind field // *Brain.* 2001. V. 124. P. 1241–1252.
43. *Musha T., Terasaki Y., Haque H.A., Ivamitsky G.A.* Feature extraction from EEGs associated with emotions // *Artificial Life and Robotics.* 1997. V. 1 (1). P. 15–19.
44. *Ochsner K.N., Gross J.G.* Cognitive emotion regulation: Insights from social cognitive and affective neuroscience // *Current Directions in Psychological Science.* 2008. V. 17. P. 153–158.
45. *Phelps E.A., LeDoux J.E.* Contributions of the Amygdala to Emotion Processing: From Animal Models to Human Behavior // *Neuron.* 2005. V. 48. P. 175–187.
46. *Salovey P., Mayer J.D., Goldman S., Turvey C., Palfai T.* Emotional attention, clarity and repair: Exploring emotional intelligence using the Trait Meta-Mood Scale // *Emotion, disclosure, and health* / Ed. by Pennebaker. Washington DC: American Psychological Association. 1995. P. 125–154.
47. *Vuilleumier P., Armony J.L., Drive J., Dolan R.J.* Distinct spatial frequency sensitivities for processing faces and emotional expressions // *Nat. Neurosci.* 2003. V. 6. P. 624–631.
48. *Whalen P.J., Shin L.M., McInerney S.C., Fischer H., Wright C.I., Rauch S.L.* A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger // *Emotion.* 2001. V. 1 (1). P. 70–83.

EEG-BRAIN ACTIVITY IN DIFFERENT STRATEGIES OF EMOTIONS' SELF-REGULATION: SUPPRESSION AND REAPPRAISAL

A. M. Kustubayeva*, A. Tolegenova, G. Matthews*****

*PhD, associate professor, Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

**PhD, senior lecturer, the same place;

***PhD, professor, Cincinnati University, Cincinnati, USA

The psychophysiological basis of emotions' self-regulation in emotionally induced states is analyzed. The results of empirical research of dynamics in changing of EEG-rhythms in the process of emotional induction and self-regulation assisted by two strategies: "reappraisal" and "suppression" of emotional state are stated. Induction of emotions is shown to be characterized by alpha-rhythm desynchronization, while emotions' "reappraisal" is connected with greater alpha-rhythm synchronization. It has been revealed that efficiency of self-regulation on the basis of emotions' "suppression" is connected with the low alpha-2-activity and based on emotions' "reappraisal" is connected with gamma rhythm's activation increasing.

Key words: emotions, regulation, strategy of emotions' suppression, strategy of emotions' reappraisal, electroencephalogram, EEG-rhythms.