

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Козловой Людмилы Игоревны «Церебральные сети в процессе когнитивного управления альфа-ритмом», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5-«физиология человека и животных»

Актуальность темы выполненной работы

Возможность произвольного управления ритмами электрической активности мозга в контуре биологической обратной связи (БОС), в частности, в диапазоне Альфа-активности, давно реализовалась в БОС-тренинги и в терапевтические процедуры для облегчения различного рода нервно-психических и психологических расстройств. При том, что в научной литературе отмечены разнообразные позитивные эффекты БОС-тренингов в отношении когнитивных функций и психических состояний, лежащие в их основе мозговые механизмы остаются практически не изученными. В последнее время эта тема становится особенно интригующей в связи с появлением методов совместного ЭЭГ-фМРТ сканирования мозга, позволяющих в ходе ритмических перестроек ЭЭГ наблюдать одновременно динамику электрической и метаболической активности мозга.

В этой связи все более насущным и актуальным становится выяснение нейрофункциональной архитектоники процессов пластических перестроек в нейронных сетях мозга непосредственно в процессе альфа-биоуправления при одновременном мониторинге показателей ЭЭГ и фМРТ. Работа над этой проблемой оказывается не только актуальной, но и несущей глубокие перспективы. Потому что наряду с раскрытием нейрофизиологических механизмов технологии альфа-биоуправления в купе с регистрацией BOLD сигнала, эта гибридная технология приобретает свойства новой парадигмы для фундаментальных исследований мозга.

Новизна, научная и практическая значимость работы

В рамках все ускоряющихся трендов изучения механизмов мозга с применением одновременной регистрации ЭЭГ и фМРТ сигналов в рецензируемой работе была, по-видимому, впервые построена и введена в оборот фундаментального исследования парадигма ЭЭГ БОС-тренинга непосредственно на фоне фМРТ мониторинга. Это позволило авторам по результатам полноценного курса альфа-биоуправления методом мониторинга непосредственно в томографе результатов отдельных сессий ЭЭГ-тренинга получить приоритетные данные о динамике процессов активации/деактивации корковых нейронных сетей и об их локализации преимущественно в левосторонних лобной и височной извилинах, в постцентральной, языковой, средней и верхней лобных извилинах, в островковой коре правого полушария и некоторых других структурах, ранее практически не описанных в этом отношении. При этом автором впервые было замечено, что

коррелирующие с мощностью альфа-ритма максимальные отклики фМРТ сигнала локализуются совсем не в тех областях мозга, по активности которых велось альфа-биоуправление. Наконец, по результатам анализа коннективности церебральных сетей авторы впервые показали, что траектории перестройки функционирования альфа- и бета-генерирующих систем зависят от характера «мишени» предъявляемой обратной связи.

Таким образом, рецензируемое диссертационное исследование вносит существенный вклад в теоретическое понимание механизмов мозга, обеспечивающих его пластические перестройки при произвольной и целенаправленной модификации в контурах Бос-тренинга по ритмическим компонентам ЭЭГ. Это позволило автору исследования выделить ключевые нейрокогнитивные сети, обеспечивающие произвольную модуляцию мощности альфа-активности ЭЭГ: сеть выделения релевантного стимула и сеть исполнительного контроля. В этой связи становится понятными позитивные эффекты альфа-тренинга на симптоматику СДВГ, так как ранее уже было показано [Baroni and Castellanos, 2014], что фенотипические вариации при СДВГ являются результатом нарушений нисходящих когнитивных процессов, встроенных в сети исполнительного контроля. Эти и другие теоретические и экспериментальные находки автора на практике, очевидно, позволят существенно оптимизировать мишени и протоколы альфа-бета-тренинга для облегчения сетей выделения релевантного стимула и исполнительного контроля, повышения их коннективности с целью получения устойчивых позитивных эффектов. Как свидетельствует автор, результаты его диссертационного исследования уже внедрены в ряде научно-практических разработок лаборатории компьютерных систем биоуправления НИИМББ ФИЦ ФТМ и можно считать, что они еще найдут широкое применение как в медицинской и поведенческой реабилитации, так и в новых фундаментальных исследованиях.

Структура диссертационной работы

Текст диссертации Л.И.Козловой хорошо структурирован и включает в себя: введение; главу 1 - обзор литературы; главу 2 - материалы и методы; главу 3 - результаты исследований, состоящую из трех разделов; заключение, выводы и список литературы из 236 источников, из которых около 10 источников опубликованы в последние 2-3 года.

Обзор литературы представляет собой объемное, около 50 страниц, и подробное описание современных аспектов, теоретических оснований, самих исследований, технологий и регламентов альфа-нейробиоуправления. В обзор исторических и самых современных источников вошли работы о природе альфа-ритма, регламентов и базовых механизмов собственно альфа-тренинга, описание основ методов фМРТ, анализ

теоретических и экспериментальных оснований церебральных нейронных сетей, обзор достаточно редких исследований альфа-активности на основе одновременной регистрации ЭЭГ и фМРТ и концептуальный анализ нейросетевых исследований альфа-ритма в рамках технологий альфа-нейробиоуправления.

В главе 2 «Материалы и методы» подробно описан контингент испытуемых-добровольцев из 29 испытуемых (включая контрольные серии) и собственно протокол биоуправления, включавший 3 совместные регистрации ЭЭГ- фМРТ с интервалами в 2 недели, во время которых участники проходили курс ЭЭГ-биоуправления, состоящий из 20 занятий по пять 30-ти минутных занятий в неделю. Кроме того, подробно описаны собственно методика фМРТ и методы статистической обработки данных, методы совместной регистрации ЭЭГ и фМРТ и подходы для карт церебральных нейросетей на основе данных фМРТ. Можно считать, что представленное автором описание методов, объектов и технологий вполне достаточно для воспроизведения этой работы в независимых лабораториях.

Глава 3 «Результаты исследований и обсуждение» представлена тремя разделами, в первом из которых дано подробное изложение результатов анализа данных для испытуемых, прошедших двухнедельный курс биоуправления со звуковым подкреплением вне томографа, в выраженных случаях показавших значительную деактивацию во фронтальных отделах коры, а также в кластере, включающем зоны, связанные с восприятием звука. При этом в тестах без обратной связи характер деактивации оставался на том же уровне, что и до тренировки, доминировали подкорковые структуры, отвечающие за произвольные движения. В разделе анализа данных совместной регистрации ЭЭГ и фМРТ на фоне альфа- и бета-тренингов было показано, что основные значимые изменения были сосредоточены в группе «успешных» испытуемых в тестах с обратной связью. В этой части автором были получены приоритетные и очень важные для оптимизации технологий альфа-тренинга результаты. В частности, было показано, что по ходу курса альфа-тренинга первоначально слабо выраженные активация и деактивация зон, преимущественно связанных с двигательными функциями и вниманием, наблюдавшиеся во время 1-й сессии, в 3-й сессии, постепенно замещались выраженной деактивацией областей, отвечающих за пространственное мышление и моторные функции. Это привело автора к знаковому предположению о том, что наиболее функциональной платформой, на которой развивается успешное произвольное управление альфа-ритмом, являются процессы воспроизведения мысленное представление и воспроизведение действий. Топографическое картирование деактивированных зон в парадигме тренинга привело автора к важному и востребованному в настоящее время предположить об определенном

упорядоченном участии функциональных нейронных сетей мозга: дефолтных, исполнительного контроля, обработки визуальной информации высокого уровня и выделения релевантного стимула в обеспечении произвольного контроля уровня альфа-ритма ЭЭГ.

В целом, на основании полученных данных автор справедливо заключает, что динамика функциональных нейронных сетей и сама их композиция в процессе альфа-тренинга определяется вкладом процессов визуальной обработки в механизмы генерации альфа-ритма, а также, что предложенная диссертации парадигма и регламенты исследования позволяют очень четко демонстрировать различия в составе и характере взаимодействия нейросетей, определяющих организацию альфа- и бета-генерирующих систем.

Выводы диссертационной работы отвечают поставленным целям и задачам, а также вынесенным на защиту положениям, полностью обоснованы концептуально и статистически и вытекают из результатов проведенного исследования

Автореферат диссертации и публикации Л.И.Козловой полностью отражают содержание и основные положения представленной работы.

Замечания и вопросы по диссертационной работе

В ходе изучения диссертационной работы Л.И.Козловой возникли вопросы дискуссионного характера, не снижающие ценность и достоверность полученных в работе материалов.

1. Известно, что амплитудно-частотные характеристики альфа-активности ЭЭГ в значительной мере зависят от текущих личностных характеристик испытуемого, таких как ситуативная тревожность, нейротизм, акцентуированность и т.д. Однако в диссертационной работе не проводилось нейропсихологического тестирования до или после исследования. Не может ли фактор личностной психологической «преднастройки» существенно перекрыть эффекты альфа-тренинга?
2. В выводах указывается, что когнитивное управление альфа-ритмом ЭЭГ сопровождается выраженной деактивацией вполне определенных структур мозга, а также изменениями BOLD-феномена. Насколько устойчивыми и продолжительными являются эти изменения, если считать от момента окончания тренинга?
3. В диссертации несколько раз указывается, что «В первую очередь, анализ был проведен для испытуемых, прошедших курс биоуправления успешно» или «При дальнейшем совместном анализе результатов фМРТ-исследования альфа- и бета-тренингов основные значимые изменения были сосредоточены в группе

«успешных» испытуемых в тестах с обратной связью». Каково было соотношение успешных и неуспешных испытуемых, и какова возможная природа этих различий?

Заключение. Диссертационная работа Козловой Людмилы Игоревны «Церебральные сети в процессе когнитивного управления альфа-ритмом», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5-«физиология человека и животных», является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение значимой для нейрофизиологической науки задачи по изучению нейропластических перестроек при произвольной нейромодуляции. Полученные автором результаты, научные положения и выводы, сформулированные в диссертации и опубликованные в рецензируемых научных изданиях, являются оригинальными, концептуально обоснованными и статистически достоверными, имеют как фундаментальное, так и прикладное значение.

Диссертационная работа Козловой Л.И. отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842, предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5. Физиология человека и животных.

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ

Заведующий лабораторией нейрофизиологии и
нейрокомпьютерных интерфейсов ФГБОУ ВО
«Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова» биологический факультет
Доктор биологических наук профессор



А.Я.Каплан

29.05.2023

На обработку персональных данных согласен

Данные об авторе отзыва: Заведующий лабораторией нейрофизиологии и нейрокомпьютерных интерфейсов, доктор биологических наук профессор ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» биологический факультет; Адрес: 119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1, Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова. Электронный адрес: akaplan@mail.ru



Каплан А.Я. 29.05.2023

Сведения

об официальном оппоненте для защиты диссертации Козловой Людмилы Игоревны «Церебральные сети в процессе когнитивного управления альфа-ритмом», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.5-«физиология человека и животных»

634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. +7(382-2)529-585; t-mail: rector@tsu.ru, http://www.tsu.ru

Фамилия, имя, отчество	Год рождения Гражданство	Место основной работы, должность	Ученая степень	Ученое звание	Шифр специальности и отрасли науки в совете	Основные работы
1	2	3	4	5	6	7
Каплан Александр Яковлевич	1950, РФ	ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» биологический факультет. Заведующий лабораторией нейрофизиологии и нейрокомпьютерных интерфейсов	Доктор биологических наук, Специальная часть 03.00.13 – физиология человека и животных	Профессор по специальности	1.5.5. — Физиология (биол. науки), 1.5.24. — Нейробиология (биол. науки)	Syrov N., Yakovlev L., Miroshnikov A., Kaplan A. Beyond passive observation: feedback anticipation and observation activate the mirror system in virtual finger movement control via P300-BCI. <i>Frontiers in Human Neuroscience</i> , 2023 # 17, p. 1-13/ DOI: 10.3389/fnhum.2023.1180056V Ганин И.П., Васильев А.Н., Глазова Т.Д., Каплан А.Я. Источники и значимость вариативности потенциалов мозга человека в интерфейсе мозг-компьютер. Вестник Российского государственного медицинского университета им. Н. И. Пирогова, 2023 , том 2, с. 42-49 DOI: 10.24075/vrgmu.2023.013

1	2	3	4	5	6	7
						Syrov N., Bredikhin D., Yakovlev L., Miroshnikov A., Kaplan A. Mu-desynchronization, N400 and corticospinal excitability during observation of natural and anatomically unnatural finger movements. Frontiers in Human Neuroscience, Volume 16 - 2022 doi.org/10.3389/fnhum.2022.973229 Medvedev S.V., Boytsova J.A., Bubeev Y.A., Kaplan A.Y., et al. Traditional Buddhist meditations reduce mismatch negativity in experienced monk-practitioners. International Journal of Psychophysiology, 2022 том 181, с. 112-124 doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2022.08.011 Vasilyev A.N., Nuzhdin Y.O., Kaplan A.Y. Does Real-Time Feedback Affect Sensorimotor EEG Patterns in Routine Motor Imagery Practice? Brain Sciences, 2021 V 11, № 9 doi.org/10.3390/brainsci11091234

Официальный оппонент

А.Я.Каплан

