



УТВЕРЖДАЮ:
Директор ГНЦ РФ – ИМБП РАН
академик РАН,
Орлов О.И.

2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Государственный научный центр Российской Федерации – Институт медико-биологических проблем Российской академии наук»

Диссертация «Индивидуально-типологические ЭЭГ-паттерны в динамике показателей биопотенциалов головного мозга человека при действии экстремальных факторов» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Государственного научного центра Российской Федерации - Института медико-биологических проблем Российской академии наук.

В период подготовки диссертации Счастливецва Дарья Владимировна работала в Федеральном государственного бюджетного учреждения науки Государственного научного центра Российской Федерации - Института медико-биологических проблем Российской академии наук в должности лаборанта-исследователя (в данный момент на должности старшего научного сотрудника) в лаборатории Психологических и психофизиологических исследований профессиональной деятельности, виртуальной реальности и компьютерных психотехнологий и обучалась в аспирантуре ГНЦ РФ-ИМБП РАН с 2012 по 2016 гг..

В 2012 году окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности «Инженерное дело в медико-биологической практике».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2024 г. в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Государственном научном центре Российской Федерации — Институте медико-биологических проблем Российской академии наук.

Научный руководитель:

Котровская Татьяна Ивановна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, лаборатории «Психологических и психофизиологических исследований профессиональной деятельности, виртуальной реальности и компьютерных психотехнологий» отдела «Психофизиологии, нейрофизиологии и психофизиологии деятельности оператора» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Государственного научного центра Российской Федерации Института медико-биологических проблем Российской академии наук.

Результаты диссертационной работы «Индивидуально-типологические ЭЭГ-паттерны в динамике показателей биопотенциалов головного мозга человека при действии экстремальных факторов» были обсуждены на секции «Экстремальная физиология и медицина» Ученого Совета ГНЦ РФ-ИМБП РАН (протокол №1 от 06 февраля 2024 г.)

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Счастливецовой Д.В. посвящена изучению влияния индивидуально-типологических ЭЭГ-паттернов на динамику показателей биопотенциалов головного мозга человека при моделировании действия экстремальных факторов.

Актуальность проблемы

Успешность профессиональной деятельности специалистов космического, авиационного и морского профиля зависит от особенностей: специфической обстановки, условий труда, наличия необходимых профессиональных знаний и практического опыта специалиста, а также от его психофизиологического состояния [Маркова Т.Л., 2016]. Профессиональная деятельность специалистов осуществляется при постоянном действии негативных факторов среды, при этом ее успешность существенно зависит от личностных качеств специалистов, а также свойств их нервной системы [Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А., 2005; Одинцова М.А., Самаль Е.В., 2017]. У специалистов космического, авиационного и морского профиля наблюдается определенное сходство в действии негативных факторов профессиональной среды, при этом воздействие некоторых из них на работу мозга этих специалистов мало изучено. Одним из факторов, приводящих к значительному напряжению регуляторных систем организма, является изменение его физиологических и психических функций в результате нарушения суточных ритмов - десинхроноз. Общей причиной развития десинхроноза у специалистов авиационного, космического и морского профиля является сменная и ночная работа с наиболее сложным нарушением суточного ритма - с бимодальным циркадианным ритмом, который характеризуется «разорванным» графиком сон-бодрствование с наличием более одного периода сна [Костенко Е.В., Маневич Т.М., Разумов Н.А., 2013]. Еще одним неоднозначно воздействующим фактором на ЦНС через проприоцептивную и вестибулярную системы является изменение силы тяжести: от микрогравитации (отсутствия силы тяжести) до перегрузок (максимально до 9 G) [Дворников М.В., 2006]. Изучение двойственного влияния фактора изменения силы тяжести на ЦНС через проприоцептивную и вестибулярную системы возможно с помощью центрифуги короткого радиуса (ЦКР), поскольку она применяется как для тренировки летного состава [Рабинович Б.А., 2007], а также для терапевтического действия (max +3 Gz) [Додонов А.Г., Сонис А.Г., Яшков А.В., 2016]. ЦКР может стать

перспективным средством профилактики микрогравитации – одного из неблагоприятных факторов космического полета, приводящего к дезадаптации организма человека [Орлов О.И., Колотева М.И., 2017; Виль-Вильямс И.Ф., Котовская А.Р., 2003]. Так же одним из экстремальных факторов является искусственный газовый состав среды пребывания в герметически замкнутых объектах различного назначения (барокамеры, космические корабли, обитаемые подводные аппараты и др.). Этот фактор с одной стороны необходим для создания пожаробезопасной среды, а с другой стороны не должен снижать активную жизнедеятельность специалистов. Оптимальным решением этой задачи является аргон. Эксперименты по изучению влияния на организм человека газовых сред на основе аргона показали антигипоксический эффект этого газа [Павлов Н.Б. 2006; Солдатов П.Э. 2006].

Необходимыми для поддержания жизнедеятельности организма экстремальных условиях действия вышеперечисленных факторов являются такие функции нервной системы, как, адекватная обработка сенсорной информации, принятие решений, поведенческая активность и др., осуществляемые головным мозгом – главным органом ЦНС человека. Оценка функций головного мозга непосредственно во время профессиональной деятельности специалистов осуществляется методом электроэнцефалографии, основанным на регистрации биоэлектрических потенциалов мозга [Ткаченко О.Н., 2012; Chu H., Cao Y., Jiang J. et al., 2022; Leroy A., De Saedeleer C., Bengoetxea A. et al., 2007; Petit G., Cebolla A.M., Fattinger S. et al., 2019; Johannes B., Bronnikov S., Bubeev Yu. et al., 2017; Бубеев Ю.А., Усов В.М., Сергеев С.Ф. и др., 2019; Johannes B., Bubeev Ju. A., Kotrovskaya T.I. et al., 2021; Piechowski S., Johannes B., Pustowalow W. et al., 2022; Dinatolo, M.F., Cohen, L.Y., 2022; Pusil S., Zegarra-Valdivia J., et al., 2023].

Характеристикой определенных особенностей функционального состояния мозга человека, а также индивидуальных проявлений субъекта является паттерн – закономерное распределение различных компонентов ЭЭГ по всей конвексимальной поверхности коры головного мозга [Поворинский А.Г., Заболотных В.А., 1987].

ЭЭГ-паттерны взрослого бодрствующего человека, интерпретируемые как норма, в основном описываются особенностями альфа-ритма. Электроэнцефалограммы, содержащие преимущественно регулярный по частоте, четко модулированный в веретена, с хорошо выраженными зональными различиями альфа-ритм, свидетельствуют об оптимальных корково-подкорковых взаимоотношениях. Известно, что обладатели ЭЭГ-паттерна, основным компонентом которого является альфа-ритм с хорошо выраженными зональными различиями, располагают значительной устойчивостью к экстремальным воздействиям [Сороко С.И., Бекшаев С.С., Сидоров Ю.А., 1990; Сороко С.И. 1984; Сороко С.И., Сидоренко Г.В., 1993; Джунусова Г.С., Сатаева Н.У., Садыкова Г.С., 2018; Hirschfeld R.M., 1996; Бойко И.М., Мосягин И.Г., 2012; Горнов С. В., 2020]. Для лиц с таким ЭЭГ-паттерном

характерен большой запас регуляторной устойчивости и незначительные вегетативные сдвиги при функциональных нагрузках. Механизмами формирования таких ЭЭГ-паттернов является баланс регуляторных процессов коры головного мозга и подкорковых структур [Куряев И.А., 2012].

ЭЭГ с высоким индексом регулярных альфа-колебаний, с низкочастотной бета- или тета-активностью без зональных различий отражает ослабление активирующих влияний на кору со стороны ретикулярной формации ствола мозга и усиление дезактивирующих влияний из других отделов лимбико-ретикулярного комплекса. Десинхронная («плоская» ЭЭГ), характеризующаяся отсутствием или резким снижением альфа-активности, увеличением количества бета- и тета-колебаний невысокой, низкой или очень низкой амплитуды без зональных различий, свидетельствует об усилении активирующих влияний со стороны ретикулярной формации ствола мозга. При ЭЭГ-паттерне с дезорганизованной (нерегулярной по частоте и амплитуде) альфа-активностью, преобладающей практически во всех областях мозга, можно говорить о неустойчивом взаимодействии корковых и модулирующих систем мозга. Адаптация к негативным условиям среды у лиц с гиперсинхронной, десинхронной и дезорганизованной ЭЭГ требует большего напряжения со стороны регуляторных систем ЦНС [Данилова Н.Н., Крылова А.Л., 2002; Жирмунская Е.А., 1969; Жирмунская Е.А., 1991; Жирмунская Е.А., 1996; Жирмунская Е.А., Лосев В.С., 1980; Жирмунская Е.А., Лосев В.С., 1984; Егорова И.С., 1973; Зеңков Л.Р., 2010; Неробкова Л.Н., Ткаченко С.Б., 2016; Неробкова Л.Н., Авакян Г.Г., Воронина Т.А., Авакян Г.Н., 2020; Дик О.Е., Ноздрачев А.Д., 2019].

Таким образом, исследования показателей биопотенциалов головного мозга методом ЭЭГ с учетом индивидуально-типологических нейрофизиологических особенностей добровольцев являются актуальными при действии на них экстремальных факторов (десинхроноза, возрастающих перегрузок центрифуги короткого радиуса, искусственных дыхательных газовых сред и уровня атмосферного давления) профессиональной среды у специалистов авиационно-космического и морского профиля.

Новизна полученных результатов

Впервые установлена степень влияния индивидуально-типологических ЭЭГ-паттернов на динамику относительного значения мощности частотных диапазонов ЭЭГ у добровольцев малых выборок при действии экстремальных факторов различной природы.

В краткосрочной изоляции в гермообъекте при нарушении режима труда и отдыха в группе добровольцев с регулярным по частоте, зонированным по амплитуде и модулированным веретенам альфа-ритма (организованный во времени и пространстве ЭЭГ-паттерн) и лиц с резким уменьшением количества альфа-волн и отсутствием зональных различий (десинхронный ЭЭГ-паттерн) основной вклад в

динамику относительного значения мощности частотных диапазонов ЭЭГ вносили показатели добровольцев организованного во времени и пространстве ЭЭГ-паттерна.

В группе добровольцев с организованным во времени и пространстве ЭЭГ-паттерном сравнительный анализ позволил установить период церебрального ответа на действие возрастающего по силе фактора (перегрузки на ЦКР в направлении «голова-таз» (+Gz)) по значениям относительного показателя динамики, позволившего нивелировать различия начального функционального состояния головного мозга, относительного значения мощности частотных диапазонов ЭЭГ.

В группе добровольцев с различными индивидуально-типологическими особенностями ЭЭГ-паттерна (с организованным во времени и пространстве, с десинхронным и с дезорганизованным ЭЭГ-паттернами) однонаправленные реакции мозга на действия факторов гипоксических газовых сред и уровня искусственной гипербарии в условиях краткосрочной изоляции в гермообъекте выявлялось при увеличении силы фактора гипербарии по параметрам относительного показателя динамики относительного значения мощности частотных диапазонов ЭЭГ.

Обнаруженные закономерности влияния индивидуально-типологических ЭЭГ-паттернов на динамику показателей биопотенциалов головного мозга человека при моделировании действия экстремальных факторов профессиональной среды позволили представить схему формирования функциональной системы церебрального ответа.

Теоретическая и практическая значимость работы

В данной работе с позиций теории функциональных систем П.К. Анохина в развитии К.В. Судакова сформировано представление об организации целостного церебрального ответа (зарегистрированного методом электроэнцефалографии) на действие экстремальных факторов профессиональной среды. В модельных экспериментах факторами пусковой афферентации являлись нарушение режима труда и отдыха, искусственная гравитация, измененная гипербарическая гипоксическая газовая среда. Обстановочная афферентация обуславливалась как изоляцией в Глубоководном комплексе и Научно-исследовательском стенде и вращение на центрифуге короткого радиуса, так и обстановочной монотонией, гиподинамией, оторванностью от привычной среды и социальных контактов и др. Реакция на экстремальные факторы профессиональной среды иерархически объединенных структур головного мозга, определяющих принятие решения, программу действия и акцептор результата действия, зависит от подкорковых образований (таламуса, гипоталамуса, ретикулярной формации ствола), которые при действии на кору головного мозга формируют ЭЭГ-паттерн здорового человека.

Практическая значимость работы заключается в определении индивидуально-типологических различий ЭЭГ-паттернов для адекватного обнаружения тех свойств воздействующего фактора и/или комплекса факторов на работу головного мозга,

которые оценивались с помощью количественных параметров ЭЭГ. Было выявлено, что добровольцы с организованным во времени и пространстве ЭЭГ-паттерном с хорошо выраженным альфа-ритмом, с одной стороны, демонстрировали высокую адаптивную способность и оптимальную реактивность при действии экстремальных факторов, с другой - параметры их ЭЭГ позволили определить, временной период, силу и направленность действия фактора. Это может иметь широкое практическое применение в области диагностики функциональных состояний, а также в разработке научного подхода для подготовки специалистов, работающих в экстремальных условиях – космонавтов, летчиков, моряков и др. Полученные в данном исследовании результаты позволят проводить отбор участников малых экспериментальных групп, поскольку для понимания эффектов и механизмов действия факторов различной природы, интенсивности и продолжительности, наиболее предпочтительной является выборка добровольцев с организованным во времени и пространстве ЭЭГ-паттерном с хорошо выраженным альфа-ритмом. На основании литературных и собственных данных по исследованию роли индивидуально-типологических ЭЭГ-паттернов в динамике показателей биопотенциалов головного мозга человека при действии экстремальных факторов предложен алгоритм оценки перехода из оптимального функционального состояния, как в сторону активации и гиперактивации коры головного мозга с гипермобилизацией и постепенным расходом функциональных резервов, так и в сторону торможения со снижением уровня функциональных резервов специалистов, с учетом типа их ЭЭГ-паттерна. Данный алгоритм применялся в экспериментальных исследованиях в реальных и моделируемых условиях.

Степень достоверности результатов проведенных исследований

Выводы по результатам диссертационной работы основаны на статистически значимых результатах, полученных при использовании адекватных методов оценки функционального состояния ЦНС при моделировании реальных условий профессиональной деятельности специалистов авиационно-космического и морского профиля. Статистическая значимость результатов экспериментов обусловлена достаточным количеством наблюдений и использованием современных аналитических методов исследования. Статистическая обработка результатов проводилась с использованием общепринятых методов анализа данных. Интерпретация результатов проводилась на основе анализа данных мировой научной литературы по соответствующей тематике.

Оценка выполненной соискателем работы

По актуальности поставленных задач, методическому и научному уровню исследований, их новизне и практической значимости диссертационная работа Счастливцевой Дарьи Владимировны является законченной научно-

квалификационной работой, которая отвечает требованиям «Положение о присуждении ученых степеней» (Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.), предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук.

Личный вклад диссертанта состоит в планировании и проведении исследований, интерпретации и анализе полученных результатов, написании статей и подготовки докладов. При выполнении диссертационной работы сам автор зарегистрировал, обработал и проанализировал 237 записей ЭЭГ общей длительностью 1 557 минут у 56 добровольцев; обобщил полученные результаты, на основании чего сделал адекватные выводы.

По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ, в том числе 6 статей в журналах из перечня ВАК РФ и баз данных Scopus/WebofScience и 14 тезисов докладов.

Диссертационная работа Счастливцевой Дарьи Владимировны «Индивидуально-типологические ЭЭГ-паттерны в динамике показателей биопотенциалов головного мозга человека при действии экстремальных факторов» по специальности 3.3.7 – авиационная, космическая и морская медицина, соответствует поставленной цели и решаемым задачам. Положения, выносимые на защиту, сформулированы корректно и научно обоснованы.

Диссертация соответствует требованиям п. 9-14 «Положение о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., и не содержит заимствованного материала без ссылок на авторов.

Диссертационная работа «Индивидуально-типологические ЭЭГ-паттерны в динамике показателей биопотенциалов головного мозга человека при действии экстремальных факторов» Счастливцевой Дарьи Владимировны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 3.3.7 – авиационная, космическая и морская медицина.

Заключение принято на заседании секции «Экстремальная физиология и медицина» Ученого совета ГНЦ РФ–ИМПБ РАН. На заседании присутствовал 21 чел. Результаты голосования: «за» 21 - чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет, протокол № 1 от 06 февраля 2024 года.

Сопредседатель секции «Экстремальная физиология и медицина» Ученого совета ГНЦ РФ – ИМПБ РАН,
д.б.н., проф., в.н.с.

Е.В. Фомина

Секретарь секции «Экстремальная физиология и медицина» Ученого совета ГНЦ РФ – ИМПБ РАН,
к.псх.н., в.н.с.

А.Г. Виноходова