

Мир науки. Педагогика и психология / World of Science. Pedagogy and psychology <https://mir-nauki.com>

2021, №1, Том 9 / 2021, No 1, Vol 9 <https://mir-nauki.com/issue-1-2021.html>

URL статьи: <https://mir-nauki.com/PDF/32PSMN121.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Яцык Г.Г., Воробьева Е.В. Электрофизиологические маркеры интеллектуальной эффективности мужчин в условиях стрессового воздействия // Мир науки. Педагогика и психология, 2021 №1, <https://mir-nauki.com/PDF/32PSMN121.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Yatsyk G.G., Vorobyeva E.V. (2021). Electrophysiological markers of men's intellectual efficiency under stress. *World of Science. Pedagogy and psychology*, [online] 1(9). Available at: <https://mir-nauki.com/PDF/32PSMN121.pdf> (in Russian)

УДК 159.9

ГРНТИ 15.21

Яцык Геннадий Геннадьевич

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия
Академия психологии и педагогики
Аспирант
E-mail: oxiefree@mail.ru

Воробьева Елена Викторовна

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия
Факультет «Психология, педагогика и дефектология»
Заведующая кафедрой «Психофизиология и клиническая психология»
Профессор
E-mail: evorob2012@yandex.ru

**Электрофизиологические маркеры
интеллектуальной эффективности мужчин
в условиях стрессового воздействия**

Аннотация. В статье описываются результаты исследования, направленного на изучение электрофизиологических маркеров интеллектуальной эффективности мужчин в условиях повышенных стрессовых нагрузок. Изучение психофизиологических маркеров высокой эффективности интеллектуальной сферы в условиях стрессового воздействия все чаще становится предметом изучения в современных зарубежных исследованиях. В ходе эксперимента испытуемые решали интеллектуальные задания как в условиях покоя, так и в условиях стрессового воздействия, при этом процесс решения ими интеллектуальных заданий сопровождался записью электроэнцефалографических показателей. В результате проведенного исследования было установлено, что стрессовое воздействие различным образом влияет на испытуемых, что, вероятно, связано с их индивидуальными различиями электрофизиологического реагирования. Было выявлено, что в условиях воздействия стресса у одной части испытуемых наблюдается увеличение интеллектуальной эффективности, в то время как другая часть демонстрировала снижение эффективности выполнения интеллектуальных заданий. В статье анализируются электрофизиологические различия между группами «успешных» и «неуспешных» в решении интеллектуальных задач в условиях стресса испытуемых. В результате анализа эмпирических данных были получены сведения о наличии различий электрофизиологической активности между исследуемыми группами испытуемых во всех частотных диапазонах (дельта, тета, альфа и бета), преимущественно в области префронтальной коры. Полученные в результате исследования данные могут быть полезны

психологам и психиатрам силовых структур, занимающимся профотбором, а также реабилитацией сотрудников, работавших в условиях повышенных стрессовых нагрузок.

Ключевые слова: психология стресса; кратковременный стресс; мышление; память; ЭЭГ; стресс; стрессоустойчивость; психофизиология мышления

Введение

Изучение поведения человека в условиях повышенной стрессогенной обстановки все чаще становится предметом современных исследований. Отечественными исследователями достаточно подробно разработаны вопросы общей теории стресса, особенностей воздействия стресса на поведение человека [1–3], а также роли индивидуально-типологических особенностей в условиях стрессового воздействия [4; 5]. Одним из частных вопросов, подробное изучение которого может обеспечить более глубокое и научно обоснованное понимание изменений поведения человека в условиях стрессового воздействия, является исследование психофизиологических механизмов, обеспечивающих поведение человека как в условиях покоя, так и в условиях стресса. Одним из наиболее актуальных направлений научных исследований среди зарубежных исследователей является изучение электрофизиологических механизмов, участвующих в регулировании поведения человека во время стрессового воздействия [6–8]. В отечественной науке наблюдается некоторое отставание исследований в данном направлении [9; 10].

Стрессовая реакция, согласно мнению Жукова Д.А., может быть разделена на три составляющие: чувствительность, реактивность, а также скорость угасания реакции [2]. При изучении феномена стрессоустойчивости человека одним из ключевых понятий выступает тревожность, которую в рамках упомянутой выше классификации целесообразно рассматривать как повышенную чувствительность организма к стрессовому воздействию. Исследователи высказывают предположение, согласно которому тревожность можно рассматривать как обратимую дисфункцию нейронных связей, которая воспрепятствует эффективной обработке информации мозгом.¹

Профиль электрофизиологической активности мозга как в состоянии покоя, так и в условиях лабораторного стрессового воздействия может помочь в предсказании вероятного типа поведенческого реагирования человека в условиях реальной стрессовой обстановки. В частности, индивидуальные особенности альфа-ритма и межполушарной асимметрии в спокойном состоянии, вероятно, отражают модель поведенческого реагирования человека в условиях кратковременного стрессового воздействия [11]. Также, отечественными учеными сообщается о возможности предсказания вероятного типа стрессового реагирования при помощи замера уровня содержания кортизола в крови в спокойном состоянии [2]. Вместе с тем, в более ранних работах, ряд отечественных исследователей высказывали сомнения касательно принципиальной возможности предсказывать вероятное поведение человека в условиях реальных экстремальных ситуаций посредством результатов лабораторных экспериментов [1].

При выполнении мыслительных операций профиль электрической активности мозга является достаточно устойчивой константой, специфичной для различных разновидностей мышления. Формирование характерного паттерна ЭЭГ-активности происходит под влиянием 6 основных структур головного мозга: задний гипоталамус, хвостатое ядро, ассоциативные ядра таламуса, неспецифические ядра таламуса, а также ретикулярная формация [12].

¹ Черный С.В. Нейро- и психофизиологический анализ состояния тревожности у человека: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. Симферополь, 2007, 21 с.

Электрофизиологическая активность основных структур мозга человека, а именно корково-таламической, лимбической и стволовой, связывают с активностью трех основных осцилляторных систем: альфа, тета и дельта, соответственно [12; 13]. Доминирующим ритмом электрической активности мозга человека принято считать альфа-ритм, у млекопитающих – тета-ритм, а у рептилий преобладает дельта-ритм [13]. Полагается, что эти системы достаточно автономны и параллельно участвуют в управлении поведением человека, однако эволюционно более новые системы также осуществляют контроль над активностью эволюционно более старых систем [12]. В результате исследований было показано, что как у человека, так и у млекопитающих, в результате внешней стимуляции происходит десинхронизация электрической активности, а у всех позвоночных, которые эволюционно ниже млекопитающих, происходит синхронизация электрической активности мозга [14]. Таким образом, представляется целесообразным изучение роли каждой осцилляторной системы мозга в регулировании поведения человека в условиях стрессового воздействия, а также при решении интеллектуальных заданий, что также можно рассматривать как частный случай стрессового воздействия.

Исследования показывают, что при возникновении повышенных интеллектуальных нагрузок, изменения электрической активности головного мозга происходят, прежде всего, в дельта-, тета- и альфа диапазонах преимущественно в области префронтальной коры (ПФК) [15]. Дополнительные данные были получены посредством метода функциональной спектроскопии (fNIRS), в результате чего было показано, что возникновение стрессовых условий значительно снижает гемодинамику в области ПФК [16].

Предметом данного исследования являются электрофизиологические особенности мозга в ходе решения интеллектуальных заданий в условиях стрессового воздействия.

Цель исследования – изучение особенностей ЭЭГ-активности мозга в ходе решения интеллектуальных заданий в условиях стрессового воздействия.

Гипотезы:

1. Возникновение стрессовых условий, вероятно, послужит причиной разделения испытуемых на группы тех, у кого в условиях стресса произошло возрастание интеллектуальной эффективности, а также тех, у кого произошло снижение уровня интеллектуальной эффективности.
2. Снижение, либо увеличение эффективности выполнения интеллектуальных заданий в условиях стресса, вероятно, будет находить отражение в различных электрофизиологических особенностях активности коры головного мозга испытуемых.

Достижение поставленной цели и проверка выдвинутых гипотез потребовали решения следующих эмпирических задач исследования:

1. Проанализировать изменение интеллектуальной эффективности испытуемых при возникновении стрессовых условий.
2. Проанализировать изменение частотно-пространственных характеристик электрической активности головного мозга испытуемых в условиях воздействия на них стрессовых условий.

Таким образом, данная работа посвящена изучению изменений электрофизиологических особенностей коры головного мозга при решении интеллектуальных заданий в условиях стрессового воздействия. Изучение особенностей электрической активности головного мозга в условиях стрессового воздействия является достаточно изученной темой в зарубежных научных исследованиях, однако этот вопрос недостаточно

освещен отечественными исследователями. Вопрос касательно различий электрической активности головного мозга при решении интеллектуальных заданий в условиях стрессового воздействия в зависимости от увеличения, либо снижения интеллектуальной эффективности, является практически не изученным как в зарубежной, так и в отечественной науке, а те сведения, которые встречаются в отдельных исследованиях, зачастую, противоречат друг другу.

Методы и методики эмпирического исследования

Для решения поставленных задач в работе использованы следующие методы и методики:

1. Метод опроса (визуально-аналоговая шкала).

Метод визуально-аналоговой шкалы (ВАШ) применялся с целью измерения субъективного ощущения испытуемыми стрессового воздействия. ВАШ предъявлялась испытуемым дважды (после выполнения заданий в спокойном состоянии, а также после выполнения заданий в стрессовом состоянии). Метод ВАШ включал в себя следующее: после окончания выполнения заданий перед испытуемыми на экране выводилось изображение, на котором была изображена шкала от 0 до 10. Испытуемым предлагалось выбрать соответствующую цифру, обозначающую уровень их субъективного ощущения стресса, где 0 – ощущение полной уверенности и спокойствия, а 10 – ощущение выраженной тревожности, стресса и неуверенности в себе.

2. Метод электроэнцефалографии (ЭЭГ).

Регистрация электрической активности головного мозга производилась при помощи многоканального электроэнцефалографа «Энцефалан 131-03». Запись ЭЭГ осуществлялась при помощи 21-го отведения, установленных монополярно по международной схеме «10-20» с двумя ушными референтами (A1, A2). В ходе эксперимента происходила запись пробы спокойного бодрствования (глаза открыты), а также процесс решения испытуемыми интеллектуальных задач как в условиях покоя, так и в условиях стрессового воздействия. В ходе эксперимента на экране, расположенном напротив испытуемых, визуально предъявлялись блоки интеллектуальных заданий (на мышление и память). Последующему анализу подвергались только те отрезки электроэнцефалограммы, где испытуемые непосредственно занимались решением интеллектуальной задачи. Запись ЭЭГ-сигнала, а также последующая первичная компьютерная обработка проводилась при помощи программного обеспечения «Энцефалан – ЭЭГ». Компьютерный анализ и визуальное представление пространственно-временных характеристик ЭЭГ сигналов проводилось с помощью компьютерной программы WinEEG. Эпоха анализа составляла 2 секунды. Запись ЭЭГ производилась в частотном диапазоне от 2 до 35 Гц.

3. Статистические методы обработки данных.

Математическая обработка полученных результатов осуществлялась при помощи корреляционного анализа, дисперсионного анализа, многофакторного дисперсионного анализа, а также метода контрастов дисперсионного анализа.

Выборка и база исследования

Эксперимент проводился на базе Южного федерального университета в лаборатории экспериментальной психофизиологии Академии психологии и педагогики в период с января по март 2019 года. В эксперименте участвовали 44 мужчины, возраст которых составлял от 18 до

30 лет, средний возраст – 24 года. Никто из испытуемых не имел проблем с психическим здоровьем, не состоял на учете у невролога или психиатра, а также не имел проблем с сердечно-сосудистой системой. В исследовании принимали участие только правши, чтобы исключить фактор вероятных различий в профиле латеральной асимметрии мозга в зависимости от лево-, либо праворукости испытуемых. В эксперименте принимали только мужчины по причине того, что в большинстве научных работ указывается на принципиальные различия в механизмах регулирования поведения при возникновении стрессовых условий между мужчинами и женщинами [17].

Дизайн эксперимента

Всех испытуемых непосредственно перед началом эксперимента уведомили, что цель эксперимента – изучение эффективности мыслительной деятельности, и что от них в ходе эксперимента будет требоваться только решать интеллектуальные задания как можно более эффективно. Перед началом эксперимента, испытуемые подписывали бланк, в котором они подтверждали свое добровольное участие, а также, что соответствуют всем требованиям эксперимента (указанным в бланке).

Эксперимент состоял из двух составляющих частей. Первая часть – выполнение интеллектуальных заданий в состоянии покоя, вторая часть – выполнение аналогичных интеллектуальных заданий в стрессовых условиях. Первая часть эксперимента включала в себя 17 заданий на невербальное конвергентное мышление (тест «Домино»), а также 3 задачи на кратковременную память. В ходе первой части эксперимента всем испытуемым давалась устная инструкция, согласно которой им необходимо было приложить максимальные усилия для того, чтобы дать наибольшее количество правильных ответов за отведенное время. В ходе первой части эксперимента внешнее вмешательство экспериментатора в процесс выполнения испытуемыми заданий было сведено к минимуму.

Тест «Домино» представляет собой одну из методик, позволяющую оценить эффективность невербального конвергентного мышления. Данная методика применялась и ранее в исследованиях [18]. Перед началом экспериментального этапа, испытуемые выполняли 2 тренировочные задачи, чтобы усвоить правильный алгоритм решения задач и свести к минимуму вероятность технических ошибок и затруднений. Затем, испытуемые выполняли 17 экспериментальных задач, расположенных в порядке возрастания сложности. От испытуемых требовалось находить логическую последовательность в расположении костей домино, предсказывая последовательность расположения костей согласно обнаруженной логике. Общее время выполнения данного задания было ограничено 4-мя минутами, однако строгих указаний касательно временных рамок выполнения заданий перед испытуемыми в ходе первой части эксперимента не ставилось.

Тест на определение эффективности кратковременной памяти состоял из одного тренировочного задания и трех экспериментальных. Этот тест также применялся ранее в психологических исследованиях [19]. Экспериментальные задания состояли из таблиц 4x4, которые включали в себя 16 двухзначных цифр. От испытуемых требовалось запомнить как можно большее количество цифр и затем внести запомненную информацию в бланк ответов (после исчезновения таблиц с цифрами). Время предъявления каждой таблицы составляло 30 секунд.

После окончания выполнения заданий первой части эксперимента (выполнений интеллектуальных заданий в состоянии покоя), испытуемым предъявлялась шкала ВАШ, с помощью которой они оценивали уровень их субъективной взволнованности и неуверенности в себе. Затем, испытуемым сообщалось, что для успешного завершения эксперимента им нужно

постараться улучшить свои результаты. Таким образом, начиналась вторая часть эксперимента (стрессовая).

Перед началом второй части исследования, испытуемые подписывали дополнительный бланк согласия, где были отражены все методы стрессового воздействия, применяемые в стрессовом этапе эксперимента. Таким образом, испытуемые давали добровольное письменное согласие на применение в отношении них описанных методов стрессового воздействия. В ходе второй части эксперимента испытуемые выполняли аналогичные первой части эксперимента 17 экспериментальных заданий «Домино» и 3 экспериментальные задания на определение эффективности кратковременной памяти. Испытуемым давалась инструкция, согласно которой им необходимо было постараться увеличить количество правильно данных ими ответов по сравнению с первой частью эксперимента.

В качестве методов стрессового воздействия в эксперименте использовались следующие:

- На экране монитора несколько ниже самого задания выводился таймер, на котором указывалось крупным зеленым шрифтом время до окончания выполнения задания.
- При каждом ответе, данным испытуемым, экспериментатор давал немедленную обратную связь. В случае неправильного ответа, экспериментатор настойчиво повторял инструкцию, согласно которой испытуемый должен постараться снизить общее количество неправильных ответов, чтобы эксперимент завершился успешно.
- Также применялся метод электрической стимуляции. К кисти правой руки испытуемых после подписания ими дополнительного бланка согласия прикреплялся стандартный электрический стимулятор, которые идет в комплекте с 21-канальным электроэнцефалографом «Энцефалан 131-03». Сила тока, применяемого в ходе эксперимента, не превышала 55 мА. Электрическая стимуляция активировалась каждый раз, когда испытуемые давали неверный ответ.
- Также был применен манипулятивный метод утрашения. Испытуемые были инструктированы, что если они не смогут увеличить количество правильных ответов в ходе выполнения второй части эксперимента, то по итогам окончания эксперимента будет однократно активирован «усиленный удар током», который, в действительности, в ходе эксперимента не применялся. После завершения второй часть исследования, испытуемые также оценивали собственное психологическое состояние по методике ВАШ.

В ходе эксперимента выполнение интеллектуальных заданий происходило параллельно с регистрацией ЭЭГ-сигналов. Стрессирование проводилось исключительно во время перерывов между выполнениями заданий. Таким образом, изменение эффективности выполнения интеллектуальных заданий, а также изменения электрической активности головного мозга испытуемых, зафиксированные в ходе эксперимента, могли возникать исключительно вследствие психологической напряженности и дискомфорта.

Результаты исследования

В данном исследовании были применены как параметрические, так и непараметрические виды корреляционного анализа (коэффициент корреляции Пирсона,

коэффициент корреляции Спирмена, соответственно). Причиной применения различных методов статистического анализа послужило проведение анализа нормальности распределения данных при помощи критерия Шапиро-Уилка. Результаты анализа показали, что большая часть переменных имела распределение, не отличающееся от нормального, однако, некоторые переменные отличались от нормального распределения. Также в исследовании для проверки различий между двумя зависимыми выборками (спокойное состояние – стрессовое состояние) был применен критерий Вилкоксона. Также был использован метод дисперсионного анализа и факторного дисперсионного анализа. В рамках метода дисперсионного анализа была использована функция контрастов, которая отражала специфические показатели каждой номинативной переменной, участвующей в анализе. Компьютерная обработка осуществлялась с использованием пакета программ «STATISTICA 10.0» и «Microsoft Excel 2013».

Разделение испытуемых на группы «успешно» и «неуспешно» справляющихся с интеллектуальными заданиями в условиях стресса происходило различным образом в зависимости от типа выполняемых интеллектуальных заданий. При выполнении задания на невербальное конвергентное мышление в группу «Неуспешных» попадали те участники исследования, которые продемонстрировали снижение интеллектуальной эффективности в условиях воздействия стресса (15 человек). Оставшиеся испытуемые были разделены на 2 равные части, где наиболее эффективная половина испытуемых была причислена к группе «Успешных» (14 человек), а наименее эффективная половина – к нейтральной группе (15 человек). При разделении испытуемых на группы при выполнении задания на кратковременную память был применен аналогичный алгоритм: группу «Успешных» составили 14 человек, «Неуспешные» – 17 человек, нейтральная группа 13 человек.

В результате проведенного исследования была также составлена таблица средних значений правильных ответов в группах испытуемых как в спокойном состоянии, так и в состоянии стресса (см. таблицу 1).

Таблица 1

Средние значения правильных ответов в группах испытуемых

Тип задания	Группа	Спокойное состояние	Стрессовое состояние
Домино	Успешные	8.14	11.04
Домино	Неуспешные	8.67	8.13
Память	Успешные	8.71	11.64
Память	Неуспешные	11.93	8.47

В результате анализа средних значений, представленных в таблице 1, можно выявить следующую тенденцию. При выполнении интеллектуальных заданий в условиях покоя, наиболее высокие показатели наблюдаются в группах «Неуспешных» испытуемых, в то время, как при наступлении стрессовых условий, в данной группе наблюдается достоверное снижение количества правильных ответов. Противоположная тенденция выявляется в группе «Успешных» испытуемых, где наблюдается несколько сниженное среднее значение правильных ответов в спокойном состоянии, однако при наступлении стрессовых условий этот показатель достоверно возрастает. Таким образом, в стрессовом состоянии среднее значение правильных ответов заметно выше в группе «Успешных» испытуемых, в то время, как в условиях покоя данный показатель выше у «Неуспешных» испытуемых.

Анализ электрофизиологических особенностей испытуемых в ходе выполнения задания на невербальное конвергентное мышление («Домино») показал, что наиболее существенные изменения «Успешных» испытуемых происходят преимущественно во фронтальных отведениях. Графическое изображение электрофизиологических особенностей испытуемых в ходе проведения эксперимента представлено на рисунках 1 и 2.

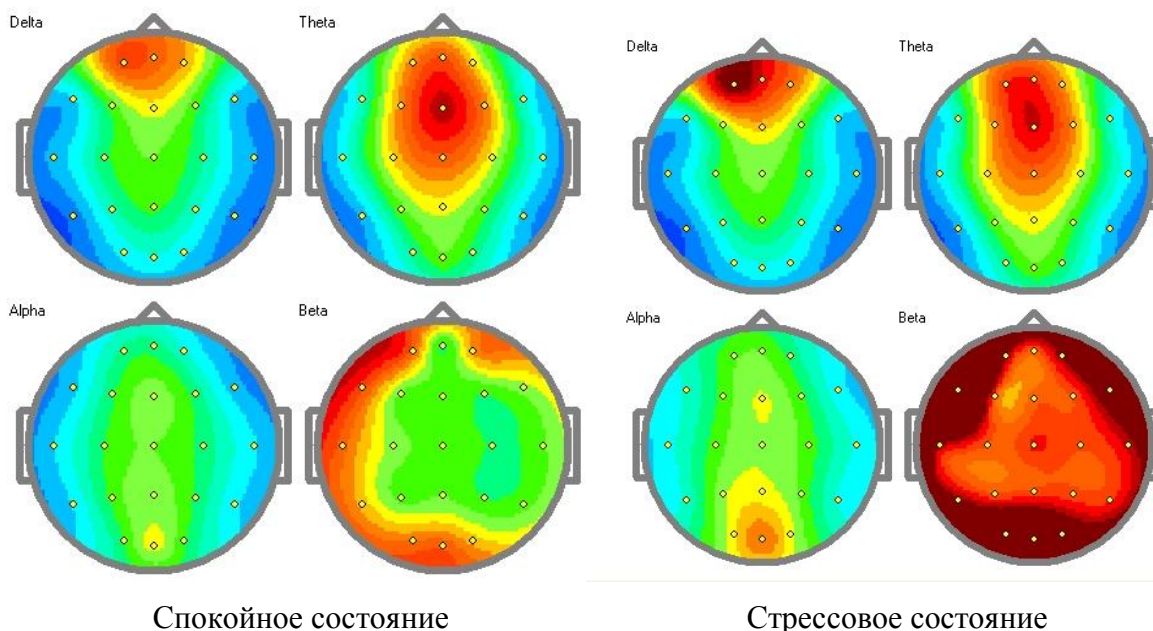


Рисунок 1. ЭЭГ группы «Успешных»
при выполнении задания «Домино» (N = 14) (составлено автором)

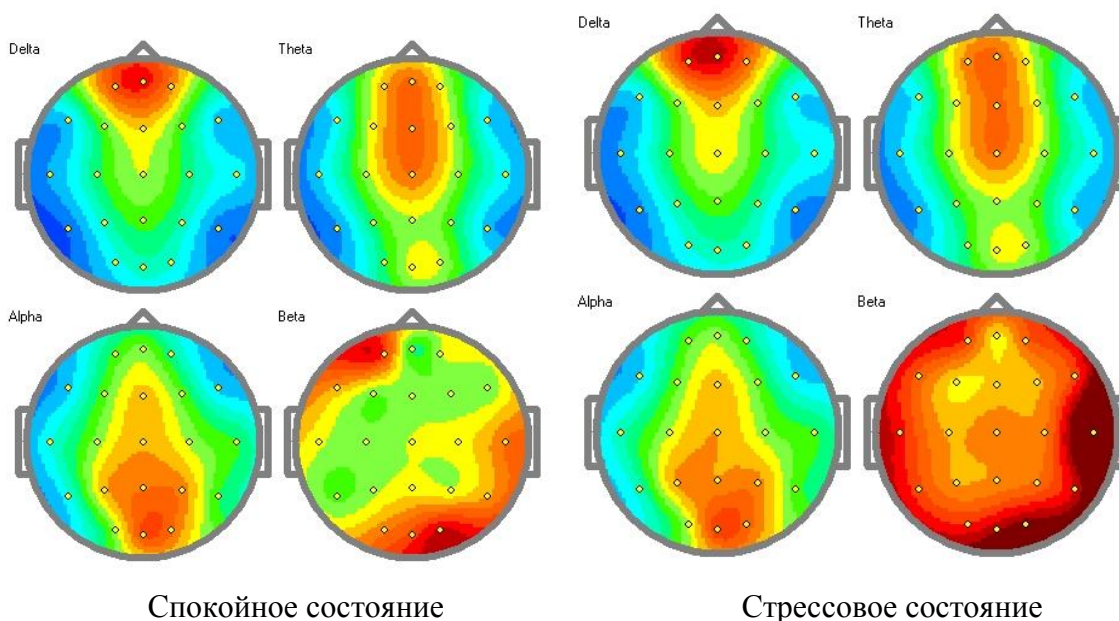


Рисунок 2. ЭЭГ группы «Неуспешных»
при выполнении задания «Домино» (N = 15) (составлено автором)

На рисунках 1 и 2 можно увидеть, что в группе «Успешных» испытуемых регистрируется возрастание дельта-активности в состоянии стресса (спокойное состояние – 8,3; стрессовое – 9,0), в то время, как у «Неуспешных» испытуемых этот показатель остается неизменным (спокойное состояние – 8,4; стрессовое – 8,4). Наиболее значимые изменения существенные изменения электрической активности происходят во фронтальных областях: Fp1 ($p = 0,01$), Fp2 ($p = 0,06$), F3 ($p = 0,07$), F4 ($p = 0,07$), Fz ($p = 0,03$), F7 ($p = 0,08$), F8 ($p = 0,03$), Fpz ($p = 0,07$). В то же самое время, в группе «Неуспешных» испытуемых достоверных изменений при возникновении стрессовых условий не зарегистрировано. Проведение дисперсионного анализа показало, что имеются достоверные различия между группами «Успешных» и «Неуспешных» испытуемых при выполнении задания «Домино» в условиях

стресса в дельта-диапазоне в следующих отведениях: Fp1 ($p = 0,02$), F3 ($p = 0,04$), F7 ($p = 0,03$) и F8 ($p = 0,03$). При помощи метода контрастов дисперсионного анализа были выявлены различия между группами «Успешных» и «Неуспешных» в условиях стрессового воздействия в дельта диапазоне в следующих фронтальных отведениях: Fp1 ($p = 0,01$, оценка = 11,5), F3 ($p = 0,02$, оценка = 4,3), F4 ($p = 0,02$, оценка = 4,2), F7 ($p = 0,02$, оценка = 2,4) и F8 ($p = 0,02$, оценка = 3,3). Различий между группами при выполнении задания в спокойном состоянии выявлено не было.

Анализ особенностей тета-активности показывает, что у «Успешных» испытуемых при возникновении стрессовых условий также происходит некоторое увеличение мощностных значений (состояние покоя – 8,5; стрессовое – 8,8). У «Неуспешных» испытуемых наблюдается противоположная тенденция (спокойное состояние – 7,8, стрессовое – 7,6). У группы «Успешных» испытуемых изменения также происходят преимущественно во фронтальных отведениях: Fp1 ($p = 0,01$), Fp2 ($p = 0,05$).

Возникновение стрессовых условий оказывает значительное воздействие на альфа-активность в группе «Успешных» испытуемых. В этой группе наблюдается значительное увеличение средних значений электрической активности в условиях стрессового воздействия (состояние покоя – 7,2, стрессовое состояние – 8,3). В группе «Неуспешных» испытуемых увеличение не столь значительное (состояние покоя – 6,6; состояние стресса 7,08). Наиболее существенным отличием «Успешных» от «Неуспешных» испытуемых является наличие достоверных изменений при возникновении стресса во фронтальных отведениях Fp1 ($p = 0,01$), F3 ($p = 0,02$), F4 ($p = 0,01$), F7 ($p = 0,02$), F8 ($p = 0,01$), а также в отведениях C3 ($p = 0,04$), T6 ($p = 0,01$) и T4 ($p = 0,01$).

При анализе изменений бета-активности головного мозга в ходе воздействия стресса были зафиксированы существенные межгрупповые различия. Так, в группе «Успешных» зарегистрировано значительное увеличение средних значений электрической активности (спокойное состояние – 8,9, стрессовое – 11,2), а в группе «Неуспешных» разница была не столь велика (спокойное состояние – 9,6, стрессовое – 11,2). Изменения у «Успешных» испытуемых также происходили преимущественно во фронтальных областях: Fp2 ($p = 0,005$), Fp1 ($p = 0,005$), F8 ($p = 0,001$), F7 ($p = 0,004$), F4 ($p = 0,001$), Fpz ($p = 0,001$), а также T4 ($p = 0,001$) и C3 ($p = 0,001$). В группе «Неуспешных» испытуемых статистически достоверных различий электрической активности во фронтальных отделах в бета-диапазоне при возникновении стрессовых условий зарегистрировано не было.

В результате анализа также были выявлены различия между группами по динамике изменений межполушарной асимметрии в условиях стрессового воздействия. Было выявлено, что достоверные изменения межполушарной асимметрии в условиях стресса наиболее характерны для «Неуспешных» испытуемых. При выполнении задания «Домино» в условиях стрессового воздействия регистрируется достоверное возрастание уровня асимметрии бета-активности в группе «Неуспешных» испытуемых в отведениях Fp1-Fp2 ($p = 0,04$) и F7-F8 ($p = 0,03$). Для группы «Успешных» испытуемых наиболее характерно увеличение общего уровня активности, преимущественно во фронтальных отведениях, однако увлечения уровня асимметрии при этом не регистрируется.

Анализ динамики изменений электрической активности головного мозга в условиях стрессового воздействия при выполнении задания на кратковременную память («Память») позволил выявить несколько общих закономерностей. Во-первых, в группах «Неуспешных» испытуемых был выявлен стабильно более высокий уровень средних значений электрической активности (преимущественно в дельта- и тета-диапазонах) в состоянии покоя. Однако, при возникновении стрессовых условий, в группе «Неуспешных» выявлено существенное снижение дельта- и тета-активности, а альфа- и бета-активность увеличивается не значительно.

Для «Успешных» испытуемых характерна противоположная динамика. В спокойном состоянии в этой группе регистрировались умеренные средние значения электрической активности. Однако, в условиях стрессового воздействия, в группе «Успешных» испытуемых регистрировалось значимое увеличение средних значений электрической активности во всех диапазонах. Наиболее выраженные изменения электрической активности в группе «Успешных» испытуемых происходили в дельта- и тета-диапазонах преимущественно во фронтальных отведениях. Графическое отображение динамики изменений электрической активности в ходе выполнения задания на кратковременную память представлены на рисунках 3 и 4.

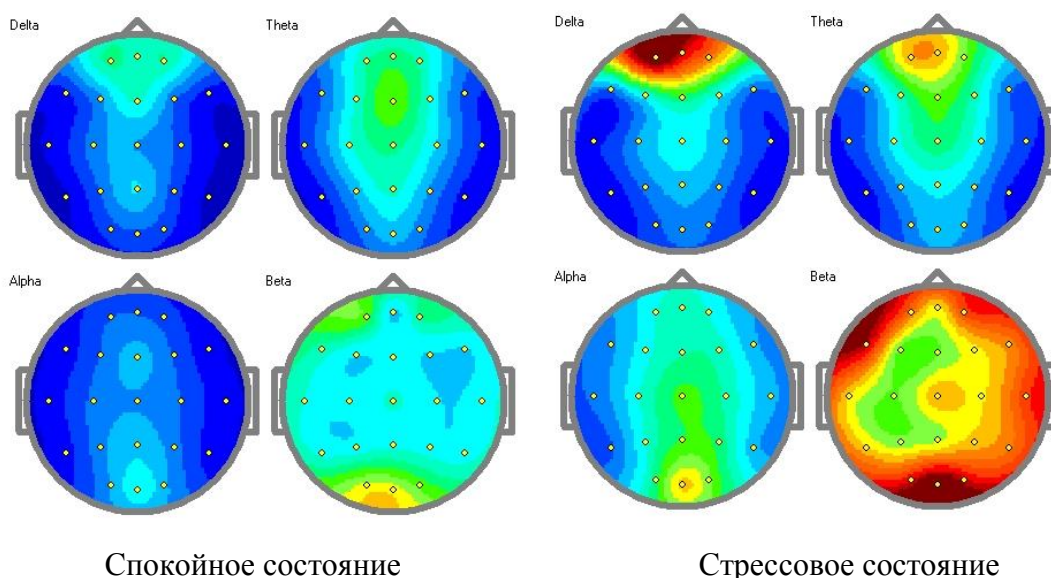


Рисунок 3. ЭЭГ группы «Успешных»
при выполнении задания «Память» (N = 14) (составлено автором)

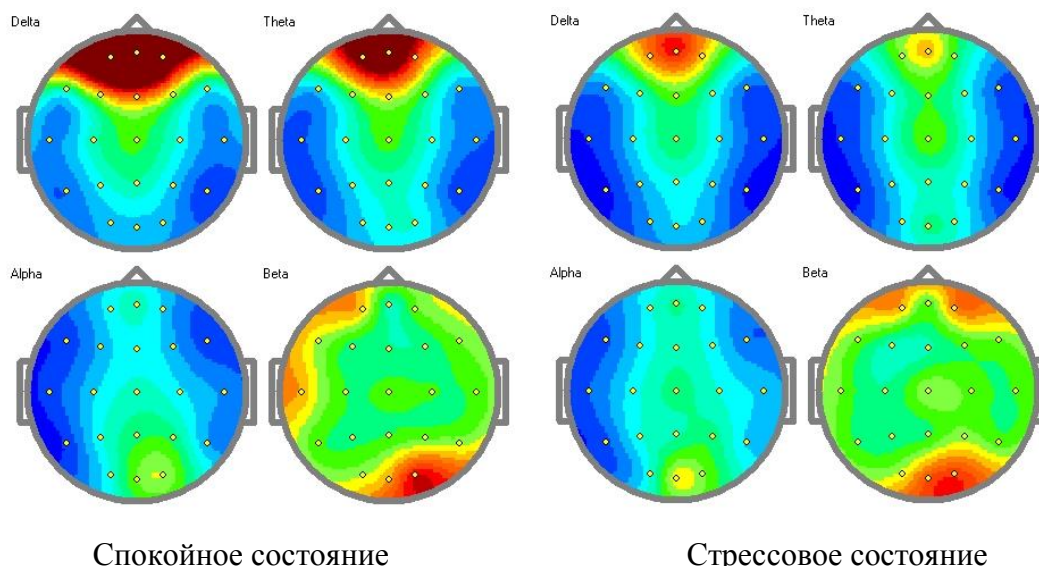


Рисунок 4. ЭЭГ группы «Неуспешных»
при выполнении задания «Память» (N = 17) (составлено автором)

На рисунках 3 и 4 можно увидеть, что в состоянии покоя уровень дельта-активности в группах «Неуспешных» испытуемых общий уровень электрической активности выше, чем в группах «Успешных» испытуемых. В группе «Успешных» испытуемых при возникновении стресса наблюдается умеренное повышение среднего уровня электрической активности

(состояние покоя – 7,2, состояние стресса – 8,3). В группе «Неуспешных» наблюдается противоположная тенденция – значительное снижение общего уровня электрической активности (состояние покоя – 14,7, стресса – 10,1). Дельта-активность в группе «Успешных» испытуемых наиболее выражено проявлялась во фронтальных отведениях: Fp1 ($p = 0,01$), Fp2 ($p = 0,064$), Fpz ($p = 0,004$), F3 ($p = 0,055$), F4 ($p = 0,01$), F7 ($p = 0,01$). В группе «Неуспешных» снижение электрической активности также происходило в лобных отведениях Fp1 ($p = 0,05$) и Fpz ($p = 0,05$). Дисперсионный анализ выявил статистически значимые различия в диапазоне дельта-активности в отведениях O1 ($p = 0,001$), O2 ($p = 0,001$), P4 ($p = 0,001$), C4 ($p = 0,003$), Cz ($p = 0,001$), Oz ($p = 0,002$), Pz ($p = 0,001$), T6 ($p = 0,02$), T4 ($p = 0,02$).

Схожая тенденция наблюдается и в диапазоне тета-активности. В группах «Успешных» испытуемых наблюдается некоторое увеличение среднего уровня тета-активности (состояние покоя – 7,1, стресса – 7,4). В группе «Неуспешных» испытуемых, напротив, наблюдается снижение общего уровня активности в тета-диапазоне (состояние покоя – 9,4, стресса – 8,4). Наиболее выраженные изменения у «Успешных» испытуемых наблюдаются также во фронтальных отведениях: Fp1 ($p = 0,05$), F8 ($p = 0,047$). Благодаря дисперсионному анализу выявлено, что наиболее достоверные различия между «Успешными» и «Неуспешными» испытуемыми в условиях стрессового воздействия регистрируются в диапазоне тета-активности в отведениях O1 ($p = 0,01$) и O2 ($p = 0,01$).

В диапазоне альфа-активности также регистрируется некоторое увеличение общего уровня электрической активности как в группах «Успешных» (состояние покоя 7,5, стресса – 9,0), так и «Неуспешных» (состояние покоя – 7,5, стресса – 8,1) испытуемых.

В диапазоне бета-активности также регистрируется повышение общего уровня электрической активности в обеих группах. Средний уровень электрической активности в группе «Успешных» испытуемых в состоянии покоя – 9,6, в условиях стресса – 14,8. В группе «Неуспешных» испытуемых в спокойном состоянии этот показатель составлял 10,9, а в состоянии стресса – 12,1. В группе «Успешных» испытуемых значительные достоверные изменения в уровне электрической активности наблюдаются во всех отведениях ЭЭГ, в то время, как в группе «Неуспешных» испытуемых подобные изменения отсутствие изменений в условиях стрессового воздействия в отведениях F3, F7, F8, C3, P3, T5, T6, T4, T3.

Результаты анализа динамики изменений уровня асимметрии в условиях стрессового воздействия при выполнении задания «Память» показали, что увеличение уровня асимметрии головного мозга наиболее характерны для группы «Неуспешных» испытуемых в диапазоне альфа-активности в отведениях O1-O2 ($p = 0,035$).

Обсуждение полученных результатов

В результате настоящего эксперимента удалось выполнить поставленные цели и задачи, а также подтвердить гипотезы исследования. Таким образом, было выявлено, что возникновение стрессовых условий в ходе выполнения интеллектуальных заданий действительно различным образом воздействует на людей. Подобного рода воздействие способно как увеличить эффективность интеллектуальной деятельности – у одних людей, так и способствовать ее снижению – у других. В ходе проведенного исследования также были зарегистрированы различия между группами испытуемых, улучшавшими показатели интеллектуальной эффективности в условиях стресса, и теми, кто в условиях стресса демонстрировал снижение показателей интеллектуальной эффективности.

В ходе исследования были получены данные о различной динамике изменений электрической активности головного мозга в группах «Успешных» и «Неуспешных»

испытуемых. Было установлено, что изменения в дельта-диапазоне регистрировались преимущественно в области префронтальной коры. Для группы «Успешных» испытуемых был характерен более низкий уровень электрической активности в дельта-диапазоне в ходе выполнения интеллектуальных заданий в состоянии покоя, а при возникновении стрессовых условий в этой группе регистрировалось увеличение активности в дельта-диапазоне в области префронтальной коры. В группе «Неуспешных» испытуемых наблюдалась противоположная тенденция: в состоянии спокойного выполнения интеллектуальных заданий общий уровень электрической активности в дельта-диапазоне был выше, а при возникновении стрессовых условий наблюдалось падение активности в данном диапазоне. Таким образом, в результате проведенного эксперимента можно прийти к выводу, что возникновение стрессовых условий в группе «Успешных» испытуемых приводит к повышению активности префронтальной коры в дельта-диапазоне и синхронизации мозговой активности. Для группы «Неуспешных» испытуемых характерна противоположная тенденция – некоторое снижение активности ПФК в дельта-диапазоне и десинхронизация электрической активности мозга.

Анализ результатов экспериментального исследования также позволил выявить изменения электрической активности в тета-диапазоне. Было установлено, что для группы «Неуспешных» испытуемых при выполнении заданий в состоянии покоя был характерен более высокий уровень фронтально-медиальной тета-активности (ФМТ-активности), а при возникновении стрессовых условий в этой группе регистрировалось некоторое понижение общего уровня активности в тета-диапазоне. В группе «Успешных» испытуемых была выявлена противоположная тенденция: возникновение стрессовых условий оказывало активирующее воздействие на электрическую активность мозга в тета-диапазоне.

Изменения электрической активности также наблюдались и в альфа-диапазоне. При возникновении стрессовых условий, достоверное увеличение активности в альфа-диапазоне регистрировалось лишь в группе «Успешных» испытуемых. В группе «Неуспешных» испытуемых происходило лишь незначительное возрастание электрической активности в большей части отведений.

Наиболее выраженные изменения электрической активности при возникновении стрессовых условий наблюдались в бета-диапазоне. В условиях стрессового воздействия в обеих группах наблюдалось выраженное и достоверное увеличение активности в бета-диапазоне. В группе «Успешных» испытуемых эти изменения были более выражены и статистически достоверны во всех отведениях головного мозга, однако наиболее существенное увеличение активности происходило в области префронтальной коры. В группе «Неуспешных» испытуемых увеличение электрической активности в бета-диапазоне было не так выражено, и было статистически достоверным не во всех отведениях.

В результате проведенного исследования также были получены сведения о динамике изменений межполушарной асимметрии при возникновении стрессовых условий. Было выявлено, что в группе «Успешных» испытуемых не наблюдается увеличения уровня межполушарной асимметрии при возникновении стрессовых условий. В группе «Неуспешных» испытуемых было зарегистрировано статистически достоверное умеренное увеличение межполушарной асимметрии.

Полученные результаты достаточно хорошо согласуются с уже имеющимися сведениями, изложенными в научной литературе по данной теме. В результате исследования установлено, что «Неуспешные» испытуемые достаточно хорошо справлялись с выполнением интеллектуальных заданий в спокойных условиях, при этом для них был характерен достаточно высокий уровень электрической активности в тета- и дельта-диапазонах. Как указывается в исследованиях [20; 21], повышенная электрическая активность в указанных диапазонах отражает высокую синхронизацию работы различных областей мозга. Однако, при

возникновении стрессового воздействия, интеллектуальная эффективность в этих группах значительно снижалась, а общий уровень мощности в тета- и дельта-диапазонах падал. В группе «Успешных» испытуемых была выявлена обратная тенденция. При относительно невысоких показателях мощности в тета- и дельта-диапазонах, испытуемые данной группы показывали достаточно удовлетворительные успехи при решении интеллектуальных заданий в спокойном состоянии. Возникновение стрессовых условий в данной группе служило причиной увеличения показателей интеллектуальной продуктивности, что сопровождалось увеличением мощностных показателей электрической активности мозга в тета- и дельта-диапазонах, особенно в области префронтальной коры.

Полученные в результате эксперимента данные помогут расширить имеющиеся на сегодняшний день представления о теории стресса, а также глубже понять психофизиологические механизмы, регулирующие поведение человека в условиях стрессового воздействия. Данная информация может быть полезна, прежде всего, специалистам профессионального психологического отбора, а также психологам и психиатрам силовым структурам, занимающимся психологическим сопровождением и реабилитацией военнослужащих и сотрудников, работающих в условиях повышенных стрессовых нагрузок и экстремальных ситуаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Китаев-Смык Л.А. Психология стресса. Психологическая антропология стресса: монография. – М.: Академический Проект, 2009. – 943 с.
2. Жуков Д.А. Стой, кто ведет? Биология поведения человека и других зверей: в 2 т. – М.: Альпина-нон-фикшн, 2015. – 427 с.
3. Калашникова М.М., Рысева Ю.В. Развитие стрессоустойчивости оперативных сотрудников полиции // Вопросы. Гипотезы. Ответы: наука XXI века. – 2014. – С. 335–354.
4. Яцык Г.Г., Воробьева Е.В. Индивидуально-психологические особенности мужчин при выполнении интеллектуальных заданий в условиях стресса // Мир науки. Педагогика и психология, 2019, №4, т. 7. 61 с.
5. Ермаков П.Н., Воробьева Е.В., Яцык Г.Г. Индивидуальные особенности стрессорного реагирования во время психофизиологического исследования с применением полиграфа // Российский психологический журнал, 2016 г., №2, т. 13, с. 156–168.
6. Bali A., Jaggi A.S. Clinical experimental stress studies: methods and assessment. Reviews in the neurosciences. – 2014 – Vol. 26. – P. 555–579. – DOI: 10.1515/revneuro-2015-00049.
7. Zschucke E., Renneberg B., Dimeo F. et al. The stress-buffering effect of acute exercise: evidence for HPA axis negative feedback // Psychoneuroendocrinology. – 2015. – Vol. 51. – P. 414–425. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2014. 10.019.
8. Aschbacher K. O'Donovan A. et al. Good stress, bad stress and oxidative stress: insights from anticipatory cortisol reactivity // Psychoneuroendocrinology. – 2013. – Vol. 38. – P. 1698–1708. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2013.02.004.
9. Козлов А.И., Козлова М.А. Кортизол как маркер стресса // Физиология человека, 2014, т. 40, №2, с. 123–136.

10. Яцык Г.Г., Воробьева Е.В. Современные психофизиологические исследования решения когнитивных задач в условиях стресса // Северо-Кавказский психологический вестник, 2017, №2, т. 15, с. 39–49.
11. Sharma R. Individual alpha frequency based quantitative eeg correlates of psychological stress // Indian Journal of Phisiology and Pharmacology, 2015, vol. 59, №4, p. 414–421.
12. Фокина Ю.О., Павленко В.Б., Куличенко А.М. Вероятные механизмы генерации электроэнцефалограммы // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, Химия». Т. 20 (59), №4, 2007, с. 96–108.
13. Черный С.В., Махин С.А. Связь характеристик текущей ЭЭГ-активности с чертами личности, определенными с помощью 16-ти факторного опросника Кеттелла // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, Химия». Т. 18 (57), №2, 2005, с. 161–168.
14. A.C. Marshall, N.R. Cooper, R. Segrave, and N. Geeraert, “The effects of long-term stress exposure on aging cognition: a behavioral and EEG investigation”, *Neurobiol. Aging* 36(6), 2015, p. 2136–2144.
15. Gartner M., Grimm S., Rohde-Liebenau L., Bajbouj M. Working memory-related frontal theta activity is decreased under acute stress // *Psychoneuroendocrinology*, 2014, №43, p. 105–113.
16. Al-Shargie F., Kiguchi M., Badruddin N. et al. Mental stress assessment using simultaneous measurement of EEG and fNIRS // *Biomedical optics express*, vol. 7., No. 10, 2016, p. 3882–3898.
17. O’Leary M., Loney B., Eckel L. Gender differences in the association between psychopathic personality traits and cortisol response to induced stress // *Psychoneuroendocrinology*, 2007, №32, p. 183–191.
18. Сафонов Н.Е., Гладких А.А., Мышкин И.Ю., Ботяжова О.А. Электроэнцефалограмма и когнитивные возможности личности // «Научно-практический электронный журнал Аллея Науки», №6 (33), 2019
19. Чернобай А.Д., Федотова Ю.Ю. Методики диагностики свойств восприятия, внимания и памяти для студентов морских и психологических специальностей. Практические указания к курсу «Психология и педагогика» // ИПК МГУ им. адм. Г.И. Невельского. Владивосток, 2005, 54 С.
20. Putman P. 2011. Resting state EEG delta-beta coherence in relation to anxiety, behavioral inhibition, and selective attentional processing of threatening stimuli. *Int J Psychophysiol Off J Int Organ Psychophysiol* 80: 63–68
21. Knyazev G.G. 2012. EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes. *Neurosci Biobehav Rev* 36: 677–695.

Yatsyk Gennady Gennadievich

Southern federal university, Rostov-on-Don, Russia
Academy of psychology and educational sciences
E-mail: oxiefree@mail.ru

Vorobyeva Elena Viktorovna

Don state technical university, Rostov-on-Don, Russia
E-mail: evorob2012@yandex.ru

Electrophysiological markers of men's intellectual efficiency under stress

Abstract. The article describes the results of a study aimed at studying electrophysiological markers of men's intellectual efficiency under high stress induction. The study of psychophysiological markers of high efficiency of the intellectual sphere in the stressful conditions is increasingly becoming the subject of study in modern foreign studies. During the experiment, the subjects solved intellectual tasks both at rest and under stress conditions, while the process of solving intellectual tasks was accompanied by the recording of electroencephalographic features. As a result of the study, it was found that stress exposure affects the subjects in different ways, which is probably due to their individual differences in their electrophysiological response mechanisms. It was found that under the stress condition one part of the subjects showed increasing of the intellectual efficiency, while the another part demonstrated decreasing of the efficiency during performance of the intellectual tasks. This article analyzes the electrophysiological differences between the groups of "successful" and "unsuccessful" men in solving intellectual problems under stress conditions. As a result of the analysis of empirical data, it was obtained, that there are differences in electrophysiological activity between the study groups of subjects in all frequency bands (delta, theta, alpha and beta), mainly in the prefrontal cortex. The results of present study can be useful for psychologists and psychiatrists of law enforcement agencies involved in professional selection, as well as rehabilitation of employees who worked in the high stress conditions.

Keywords: psychology of stress; acute stress; cognition; memory; EEG; stress; stress resistance; psychophysiology of cognition

REFERENCES

1. Kitaev-Smyk L.A. Psychology of stress. Psychological anthropology of stress: monograph. – M.: Academic Project, 2009, 943 p.
2. Zhukov D.A. Stop, who is leading? Biology of human behavior and other animals: in 2 volumes – M.: Alpina-non-fiction, 2015. – 427 p.
3. Kalashnikova M.M., Ryseva Yu.V. Development of stress resistance of operational police officers // Questions. Hypotheses. Answers: Science of the XXI century. – 2014. – p. 335–354.
4. Yatsyk G.G., Vorobieva E.V. Individual psychological characteristics of men when performing intellectual tasks under stress // World of Science. Pedagogy and Psychology, 2019, No. 4, vol. 7. 61 p.
5. Ermakov P.N., Vorobieva E.V., Yatsyk G.G. Individual characteristics of stress response during psychophysiological research using a polygraph // Russian psychological journal, 2016, no. 2, vol. 13, p. 156–168.
6. Bali A., Jaggi A.S. Clinical experimental stress studies: methods and assessment. Reviews in the neurosciences. – 2014 – Vol. 26. – P. 555–579. – DOI: 10.1515/revneuro-2015-00049.

7. Zschucke E., Renneberg B., Dimeo F. et al. The stress-buffering effect of acute exercise: evidence for HPA axis negative feedback // *Psychoneuroendocrinology*. – 2015. – Vol. 51. – P. 414–425. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2014.10.019.
8. Aschbacher K. O'Donovan A. et al. Good stress, bad stress and oxidative stress: insights from anticipatory cortisol reactivity // *Psychoneuroendocrinology*. – 2013. – Vol. 38. – P. 1698–1708. DOI: 10.1016/j.psyneuen.2013.02.004.
9. Kozlov A.I., Kozlova M.A. Cortisol as a marker of stress // *Human Physiology*, 2014, vol. 40, no. 2, p. 123–136.
10. Yatsyk G.G., Vorobieva E.V. Modern psychophysiological studies of solving cognitive tasks under stress conditions. *North Caucasian Psychological Bulletin*, 2017, No. 2, vol. 15, p. 39–49.
11. Sharma R. Individual alpha frequency based quantitative eeg correlates of psychological stress // *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2015, vol. 59, no. 4, p. 414–421.
12. Fokina Yu.O., Pavlenko V.B., Kulichenko A.M. Probable mechanisms of electroencephalogram generation // *Scientific proceedings of Tavrida National V.I. Vernadsky University. Series "Biology, Chemistry"*. Vol. 20 (59), No. 4, 2007, p. 96–108.
13. Cherny S.V., Makhin S.A. The relationship of the characteristics of the current EEG activity with personality traits, determined using the 16-factor Kettell questionnaire // *Scientific proceedings of Tavrida National V.I. Vernadsky University. Series "Biology, Chemistry"*. Vol. 18 (57), No. 2, 2005, p. 161–168.
14. A.C. Marshall, N.R. Cooper, R. Segrave, and N. Geeraert, “The effects of long-term stress exposure on aging cognition: a behavioral and EEG investigation”, *Neurobiol. Aging* 36 (6), 2015, p. 2136–2144.
15. Gartner M., Grimm S., Rohde-Liebenau L., Bajbouj M. Working memory-related frontal theta activity is decreased under acute stress // *Psychoneuroendocrinology*, 2014, No. 43, p. 105–113.
16. Al-Shargie F., Kiguchi M., Badruddin N. et al. Mental stress assessment using simultaneous measurement of EEG and fNIRS // *Biomedical optics express*, vol. 7., No. 10, 2016, p. 3882–3898.
17. O'Leary M., Loney B., Eckel L. Gender differences in the association between psychopathic personality traits and cortisol response to induced stress // *Psychoneuroendocrinology*, 2007, No. 32, p. 183–191.
18. Safonov N.E., Gladkikh A.A., Myshkin I.Yu., Botyazhova O.A. Electroencephalogram and cognitive capabilities of a person // *Scientific and practical electronic journal Alley of Science*, No. 6 (33), 2019.
19. Chernobay A.D., Fedotova Yu.Yu. Methods for diagnosing the properties of perception, attention and memory for students of marine and psychological specialties. Practical instructions for the course "Psychology and Pedagogy" // IPK Moscow State University. adm. G.I. Nevelsky. Vladivostok, 2005, 54 P.
20. Putman P. 2011. Resting state EEG delta-beta coherence in relation to anxiety, behavioral inhibition, and selective attentional processing of threatening stimuli. *Int J Psychophysiol Off J Int Organ Psychophysiol* 80: 63–68.
21. Knyazev G.G. 2012. EEG delta oscillations as a correlate of basic homeostatic and motivational processes. *Neurosci Biobehav Rev* 36: 677–695.