

ФИЗИОЛОГИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ (КОГНИТИВНОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

УДК 612.821+159.91

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ВОСПРИЯТИИ МЕДИАКОНТЕНТА РАЗНОЙ МОДАЛЬНОСТИ

© 2021 г. Н. Н. Лебедева¹, Е. Д. Каримова^{1,*}, В. В. Потапов², Р. К. Потапова³

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Москва, Россия

² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

³ Московский государственный лингвистический университет, Москва, Россия

*e-mail: e.d.karimova@gmail.com

Поступила в редакцию 14.06.2020 г.

После доработки 25.09.2020 г.

Принята к публикации 05.10.2020 г.

Современное общество большое количество времени тратит на потребление медиаконтента, состоящего из визуальной и/или звуковой информации, что может создавать дополнительное эмоциональное напряжение и перегружать кору информационным потоком.

Целью данного пилотного исследования было выявить, какие психофизиологические изменения показателей функционального состояния происходят при восприятии медиаконтента разной модальности.

С каждым из 19 испытуемых проводилось по 3 эксперимента в разные дни (“звук”, “видео”, “видео + звук”). До и после сессий проводились тестирование сенсомоторной реакции, запись ЭКГ; ЭЭГ регистрировали до, после и во время сессий; после экспериментов проводилось анкетирование.

Достоверные различия между сессиями с разными типами стимулов были получены только в динамике показателей ЭЭГ. Наиболее “ресурсозатратным” было восприятие аудиоматериала: после сессии снижалась мощность альфа- и повышалась мощность бета2-ритмов, повышались значения пиковой частоты альфа- и бета-ритмов, а во время сессии повышались мощности тета- и бета-ритмов. Восприятие видео без звука сопровождалось снижением интереса и внимания, после сессии повышалась мощность альфа-ритма в покое и уменьшалось значение пиковой частоты. Восприятие видео со звуком сопровождалось повышением мощности бета-ритмов, поддерживались интерес и внимание, а после сеанса повышались мощности тета- и бета-ритмов.

Ключевые слова: медиа, ЭЭГ, вариабельность сердечного ритма, сенсомоторные реакции, функциональное состояние

DOI: 10.31857/S004446772101007X

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире человек привык жить в окружении медиапространства. Стремительная цифровизация жизни приводит к тому, что практически невозможно увидеть молодого человека в транспорте или очереди без гаджета в руке. Большую часть свободного времени молодые люди проводят за просмотром или прослушиванием блогов, подкастов, новостей, передач, фотографий, в перерывах или зачастую параллельно с основной деятельностью. Хотя, безусловно, подобной тен-

денции не прослеживается у лиц старшего поколения (Кандыбович, 2020).

Высокая эффективность и низкая стоимость информационно-коммуникационных технологий, появившихся в последнее десятилетие, стали необходимым субстратом для погружения в медиапространство и цифровую реальность молодых людей (Введение в “Цифровую” экономику, 2017). Быстрое развитие технического прогресса также способствует укоренению привычки к получению сиюминутного удовольствия и откладыва-

нию достижения долгосрочных целей, т.е. прокрастинации (Мохова, Неврюев, 2013).

Отличительной чертой погружения в интернет-среду современного поколения является нецеленаправленное поглощение информации, которое заполняет “паузы” в жизни человека (ожидание в очереди, поездки на общественном транспорте, перерывы на работе или учебе). Подобный досуг при этом воспринимается как простой и легкий способ переключиться и отдохнуть. При этом происходит не целевой поиск интересующего содержания, а “серфинг” в сети, т.е. просмотр и прослушивание предлагаемого алгоритмом сайта контента (Белозерова, 2020).

Тенденция последних нескольких лет — это появление агрегаторов коротких видеороликов (TicTok, stories), которые можно смотреть в общественных местах без звука, а также возникновение “подкастов” — аудио-передач различного формата и содержания. Подобные явления представляются лишь отражением потребности современного человека заполнять паузы восприятием какого-либо медиаконтента. Причем в зависимости от ситуации и окружения молодые люди для досуга выбирают один из типов модальности, например, в общественных местах (транспорте, учебных заведениях, поликлиниках) обычно употребляется визуальный контент без звукового сопровождения, а за рулем, во время работы за компьютером, прогулки чаще используют только аудиальные медиа — подкасты, аудиокниги, передачи.

В результате подобной вовлеченности в цифровую среду человек и человеческий мозг привыкает к состоянию постоянного потребления информации — визуальной и слуховой стимуляции, без которой становится некомфортно. Непрерывная обработка ярких визуальных и эмоциональных слуховых стимулов не может не сказаться на функциональном состоянии мозга, поскольку восприятие — один из сложнейших и ресурсозатратных процессов когнитивной деятельности, затрагивающий все уровни, начиная от органов чувств и заканчивая ассоциативными зонами коры больших полушарий (Батуев, 2010; Островский, Шевелев, 2003), при этом основными информационными каналами для человека, безусловно, являются зрение и слух (Лурья, 2013; Костевич, 2006; Захарова и др., 2017).

Если рассматривать функциональное состояние как результат взаимодействия модулирующих систем мозга и высших отделов коры больших полушарий, который определяет текущий режим деятельности человека (Марютина, Ермолаев, 1997), то длительная афферентная зрительная или слуховая стимуляция перед основной трудовой деятельностью человека или во время пауз, с одной стороны, может способствовать поддержанию достаточно высокого уровня активации коры, но с другой — приводить к напряжению и перегрузке анализаторов, истощению нервной системы.

Поскольку массовое вовлечение в медиасреду с использованием гаджетов — явление достаточно новое, серьезных нейрофизиологических исследований этой проблемы еще не проводилось. В научных работах последнего десятилетия активно исследовали интернет-зависимости, при этом было обнаружено, что у лиц с интернет-зависимостью наблюдается снижение амплитуды P300 и увеличение его латентности (отражающей распределение внимания) (Duvén et al., 2015; Park et al., 2016), а также уменьшение амплитуды компоненты N170 (Peng et al., 2017). Также есть свидетельства о повышении дельта- и тета-ритмов ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования (Kim et al., 2017), меньшей доли мощности бета-ритма в спектре (Son et al., 2015) и наоборот — о снижении дельта- и повышении бета-ритмов ЭЭГ в височных областях (Park et al., 2017). Авторы также отмечают (D’Hondt et al., 2015), что проблемы зачастую связаны со снижением ингибиторного контроля и повышением амплитуды вызванных потенциалов на сигналы. Большинство исследователей обнаружили нарушение способности к самоконтролю (т.е. торможение и мониторинг ошибок), которое связано с недостаточной активацией фронтальных областей.

Мы не нашли работ, в которых были бы представлены результаты исследований с помощью психофизиологических методик влияния потребления видео- и аудиоконтента на функциональное и эмоциональное состояние человека в повседневной жизни. При этом тот факт, что сейчас мозг человека в условиях жизни в большом городе перегружен сенсорным потоком, подтверждают многие психологи (Еляков, 2005; Hallowell, 2005; Torkel, 2008). Сможет ли человек качественно отдох-

нать, просматривая или прослушивая СМИ, как это скажется на его работоспособности и функциональном состоянии? Так или иначе, медиaprостранство все больше становится частью современной реальности, особенно для молодых людей, и важной задачей сегодняшней нейропсихологии является оценка воздействия погружения в медиaprостранство на функциональное состояние мозга.

В нашем пилотном эксперименте мы моделировали ситуацию, когда человек заполняет паузу просмотром или прослушиванием развлекательного медиаматериала. Предполагалось, что после различных сессий изменения зрительно-моторных реакций, сердечно-сосудистой деятельности, активности головного мозга укажут на влияние определенного “досуга” на функциональное состояние человека в целом. Целью данного исследования было выявить, какие нейрофизиологические и психофизиологические изменения показателей функционального состояния происходят при восприятии медиаконтента разной модальности, какой вид медиаматериала при восприятии требует наибольшего психоэмоционального ресурса.

МЕТОДИКА

В пилотном исследовании принимали участие 19 человек: 17 женщин и 2 мужчин, возраст 19–21 год. С каждым участником проводили по 3 эксперимента в три разных дня, всего в исследование вошли данные 57 экспериментов. В каждом эксперименте испытуемому предлагали прослушать или просмотреть медиаконтент определенной модальности — только звуковой ряд (“звук”), только видеоряд (“видео”), или видео со звуком (“видео+звук”). Подбор медиаконтента осуществляли при участии специалистов кафедры прикладной и экспериментальной лингвистики МГЛУ, при этом учитывали интересы исследуемой социальной группы (студенты 2–3-го курса). В связи с этим была предложена популярная молодежная передача о знаменитостях и музыкантах, в которой чередовались интервью с приглашенными гостями, видеосюжеты и музыкальные клипы. Для того чтобы восприятие стимульного материала происходило в одинаковых условиях новизны информации, в трех разных сессиях использовали три разных выпуска данной передачи (по контексту и формату все выпуски были

схожи). Очередность подачи медиаконтента каждой модальности рандомизировали. Длительность предъявления каждого из стимулов составляла 45 мин (среднее время однократного просмотра медиаконтента в обычной жизни). Испытуемым ставили задачу прослушать или просмотреть предлагаемый материал и по окончании эксперимента письменно ответить на вопросы, касающиеся деталей контента.

Опросник содержал вопросы, связанные с внимательностью испытуемых (например, сколько женщин и сколько мужчин участвовали в передаче), пониманием происходящего контекста (определить ситуацию, стиль общения, смысл коммуникации), а также эмоциональной реакцией испытуемых (их отношение к воспринимаемому материалу, эмоциональный фон коммуникации). Кроме того, после всех экспериментов испытуемые должны были в свободной форме написать о том, какая экспериментальная сессия была для них субъективно легче, а какая — тяжелее, и почему.

Также после завершения всех экспериментальных сессий испытуемым определяли ведущую модальность восприятия (“визуал”, “аудиал”, “кинестетик”) с использованием методики С. Ефремцева (Фетискин, 2009). Данный тест содержит 48 вопросов с заранее известной реакцией в зависимости от ведущего типа восприятия, после чего делается вывод о том, к какому образу восприятия больше склонен человек — визуальному, акустическому или кинестетическому (связанному с тактильными ощущениями, осязанием, вкусом, обонянием).

До и после каждой сессии с прослушиванием или просмотром медиаматериала с каждым испытуемым проводили психофизиологическое тестирование и запись фоновой ЭЭГ с закрытыми и открытыми глазами. Для оценки функционального состояния испытуемых предлагались следующие тесты: простая зрительно-моторная реакция (ПЗМР); сложная зрительно-моторная реакция (СЗМР); запись ЭКГ с анализом вариабельности сердечного ритма (ВСР).

В тесте ПЗМР испытуемому было необходимо как можно быстрее нажать на кнопку при предъявлении светового сигнала, всего 75 предъявлений. При проведении теста СЗМР двухальтернативного выбора испытуемому

предъявляли серию из 75 световых стимулов со случайным распределением зеленого и красного цвета. Задачей было как можно быстрее нажать на правую кнопку в ответ на зеленый стимул и на левую кнопку в ответ на красный стимул. Запись была проведена при помощи УПФТ-1/30 “Психофизиолог” (Медиком-МТД, г. Таганрог). Анализировали среднее время T_{cp} и среднеквадратичное отклонение СКО правильных ответов, максимальное и минимальное время реакции, а также общее число ошибок (количество пропусков, неправильных нажатий) и уровень сенсомоторных реакций (интегральный показатель быстроты и качества). Известно, что время простой сенсомоторной реакции отражает функциональное состояние ЦНС, а также некоторые свойства нервной системы человека (например, силу возбуждения или подвижность нервных процессов) (Ендриховский и др., 1996; Коробейникова, 2012). Время же выполнения сложных сенсомоторных тестов (всегда большее) связано с усложнением центрального звена психической деятельности и зависит от таких факторов, как объем и переключение внимания, оперативная память, мышление, личностные особенности испытуемых (Ендриховский и др., 1996; Ильин, 2005).

Пятиминутную запись ЭКГ (минимум 300 R-R-интервалов) проводили в положении сидя во втором стандартном отведении с помощью УПФТ-1/30 “Психофизиолог” (Медиком-МТД, г. Таганрог), обработку производили методом вариационной кардиометрии. Помимо средней длительности R-R-интервалов и ее стандартного отклонения SD, были определены спектральные показатели кардиограммы (LF, HF, VLF, суммарная мощность спектра) и индекс напряжения Баевского ИН (Баевский, Иванов, 2001). Исследование ВСР представляет собой эффективный метод оценки взаимодействия сердечно-сосудистой и других систем организма, а применение спектрального анализа позволяет оценить баланс парасимпатической и симпатической регуляции (Баевский, Иванов, 2001; Рябыкина, Соболев, 1996).

Анализ динамики мощности ритмов ЭЭГ проводили для оценки изменения функционального состояния мозга, уровня активности и внимания. Регистрацию ЭЭГ проводили в спокойном состоянии с открытыми и закрытыми глазами до и после сессии

(фоновые пробы), а также во время восприятия стимульного материала с помощью энцефалографа-анализатора “Нейровизор” с 11 электродами (F3, F4, Fz, C3, C4, Cz, P3, P4, Pz, O1, O2), расположенными по системе “10-20”, монополярно относительно объединенных ушных электродов A1 и A2. Для всех отведений задавали частоту опроса 256 Гц, полосу пропускания 0.5–70 Гц, импеданс менее 30 кОм. На первом этапе в программе “Типология” происходила запись ЭЭГ, а затем в этой же программе были рассчитаны частотные спектры по эпохам, равным 4.75 с, для дальнейшей обработки. В результате спектрального анализа были получены значения амплитуд спектральной мощности и пиковые значения частот в полосах частот тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц) и бета-1 (13–24 Гц), и бета-2 (24–35 Гц) ритмов по каждому из 11 отведений. Далее значения ритмов различных отведений усреднялись по фронтальным, центральным и теменно-затылочным областям. Таким образом были получены средние значения мощности четырех ритмов (тета, альфа, бета-1, бета-2) для трех областей мозга (лобная, центральная, теменно-затылочная) в каждой пробе (глаза закрыты (ГЗ), глаза открыты (ГО) и во время восприятия стимульного материала).

Для анализа динамики мощности ритмов во время восприятия стимульного материала все время сессии (45 мин) разделили на 3 периода (по 15 мин каждый) – начало сеанса, середина сеанса и конец сеанса (первый, второй и третий фрагмент). Далее значения спектральной мощности, зарегистрированные в середине и в конце сеанса, нормировали к значениям, полученным в начале. Также получали относительные изменения мощности ритмов после сессии в пробах с закрытыми и открытыми глазами.

Для анализа динамики спектральных показателей рассчитывались относительные значения мощности в фоновых пробах (значения “после” нормировались к значениям до сессии), а также во время сессии – середина по сравнению с началом (второй фрагмент к первому) и конец по сравнению с началом (третий фрагмент к первому). Таким образом, рассматривались *относительные* значения мощности ритмов в фоновых пробах при закрытых и открытых глазах (нормированные к значениям до сеанса) и динамика значения мощности ритмов ЭЭГ во время сес-

Таблица 1. Результаты психофизиологического тестирования; средние значения и стандартное отклонение по экспериментам с разными стимулами**Table 1.** Results of psychophysiological testing: average values and standard deviation for experiments with different stimuli

		звук	видео	видео + звук
Среднее время простой реакции (ПЗМР), мс	до	215 ± 17	214 ± 11	234 ± 20
	после	214 ± 14	210 ± 12	212 ± 14
Среднее время сложной реакции (СЗМР), мс	до	412 ± 25	392 ± 19	395 ± 19
	после	399 ± 21	386 ± 17	404 ± 22
Средняя длительность R-R-интервалов ЭКГ, мс	до	719 ± 31	720 ± 34	748 ± 37
	после	755 ± 38	794 ± 42	777 ± 40
Индекс напряжения ИН	до	174 ± 35	177 ± 28	175 ± 26
	после	121 ± 21	94 ± 19	117 ± 22
Общая мощность ЭКГ	до	4641 ± 234	3318 ± 198	4090 ± 221
	после	5097 ± 251	9057 ± 648	7092 ± 324

сии — середина, нормированная к началу, и конец, нормированный к началу.

Статистический анализ проводили с помощью ПО Statistica 64 (StatSoft. Inc.). Использовались следующие методы анализа: критерий Уилкоксона для парных сравнений, дисперсионный анализ ANOVA с повторными измерениями, факторный анализ ANOVA.

Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом ИВНД и НФ РАН, г. Москва. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Статистический анализ проводили по принципу “от общего к частному”, т.е. вначале не учитывали никакие факторы (типы стимула, день эксперимента), а сравнивали значения психофизиологических показателей “до” и “после” каждой сессии с помощью парного критерия Уилкоксона. Далее с использованием дисперсионного анализа ANOVA с по-

вторными измерениями добавляли фактор “стимул” и выявляли влияние типа стимульного материала на динамику психофизиологических показателей.

Кроме фактора “стимул” также анализировали влияние определенного дня участия в опытах на динамику показателей, поскольку можно предположить, что проведение эксперимента в первый, второй и третий раз для испытуемого будет отличаться по эмоциональным реакциям.

Тест “Простая зрительно-моторная реакция”

При проведении статистического анализа с применением парного критерия Уилкоксона было показано, что после эксперимента у испытуемых достоверно уменьшается среднее время простой зрительно-моторной реакции ($p = 0.03$).

Использование однофакторного дисперсионного анализа ANOVA с повторными измерениями (до-после) и фактором “стимул” позволило выявить влияние стимульного материала на среднее время (на уровне тенденции при $p = 0.07$, табл. 1) и минимальное время простой зрительно-моторной реакции (достоверно с уровнем значимости $p = 0.03$). Минимальное и среднее время ПЗМР практически не изменилось после сессии “звук” и “видео” и снизилось после просмотра видео со звуком. При этом анализ ANOVA с учетом

Таблица 2. Показатель вариабельности сердечного ритма — средние значения и стандартное отклонение по экспериментам в разные дни**Table 2.** Heart rate variability: average values and standard deviation for experiments on different days

		1 день	2 день	3 день
Общая мощность спектра ЭКГ, мкВ ²	до	4856 ± 985	3375 ± 765	3924 ± 738
	после	4467 ± 1015	6702 ± 889	8106 ± 1034

фактора “день” (т.е. влияние дня эксперимента на результаты) не показал никаких значимых отличий.

Тест “Сложная зрительно-моторная реакция”

Парное сравнение результатов “до” и “после” эксперимента не выявило каких-либо значимых отличий. Дисперсионный анализ ANOVA с фактором “стимул” также не показал значимого влияния фактора на динамику показателей сложной зрительно-моторной реакции. Однако с учетом фактора “день” было выявлено влияние дня проведения эксперимента на уровень сенсомоторных реакций и число неправильных ответов (достоверно с уровнем значимости $p = 0.005$ и $p = 0.03$, табл. 2). Показатель уровня сенсомоторных реакций (УСР) рассчитывается с учетом скорости ответа, числа пропусков и числа неверных ответов — чем выше этот интегральный показатель, тем лучше результаты теста.

В первый день эксперимента у испытуемых первоначально был самый низкий УСР, который повысился после сессии на 73%, что свидетельствует о процессе обучения. Также можно наблюдать, что показатели УСР до сессии возрастают от первого дня к третьему. При этом после сессии восприятия медиаконтента во второй и третий день наблюдалась тенденция к ухудшению уровня сенсомоторных реакций после эксперимента.

Вариабельность сердечного ритма

Анализ показателей ВСР до и после эксперимента с помощью парного критерия Уилкоксона выявил значимые ($p < 0.01$) различия по всем показателям: после эксперимента у испытуемых достоверно увеличились длительность R-R-интервалов и разброс средне-

го, снизился индекс напряжения, увеличилась общая спектральная мощность (табл. 1, 2). Все это говорит о расслаблении и усилении парасимпатической регуляции после сессий.

Однако дисперсионный анализ ANOVA не выявил достоверного влияния вида стимульного материала на динамику показателей ВСР. При этом удалось выявить влияние фактора “день” на общую спектральную мощность ЭКГ (достоверно с уровнем значимости $p = 0.05$): в первый день эксперимента изменений не наблюдалось, тогда как во второй и третий день общая мощность возрастала после сессии (табл. 2), что соответствует большему состоянию расслабления организма.

Спектральный анализ ЭЭГ

Анализ относительных изменений мощности ритмов ЭЭГ осуществляли с помощью дисперсионного анализа с использованием факторов “стимул”, “область скальпа”, “день”.

Анализ состояния покоя до и после сессий. Дисперсионный анализ ANOVA выявил влияние фактора “стимул” на относительные изменения мощности тета-, альфа- и бета2-ритмов в фоне при закрытых глазах ($p = 0.02$, $p = 0.04$ и $p = 0.05$ соответственно). После сессии с прослушиванием аудиоконтента (сессии “звук”) наблюдались снижение мощности альфа-ритма и повышение мощности бета2-ритма (рис. 1). Наибольшие изменения бета2-ритма после прослушивания аудиоконтента происходили в теменно-затылочных областях: относительная мощность бета2-ритма там достигала 1.36 отн. ед., тогда как в центральных и фронтальных областях повышалась только до 1.12 отн. ед. (взаимо-

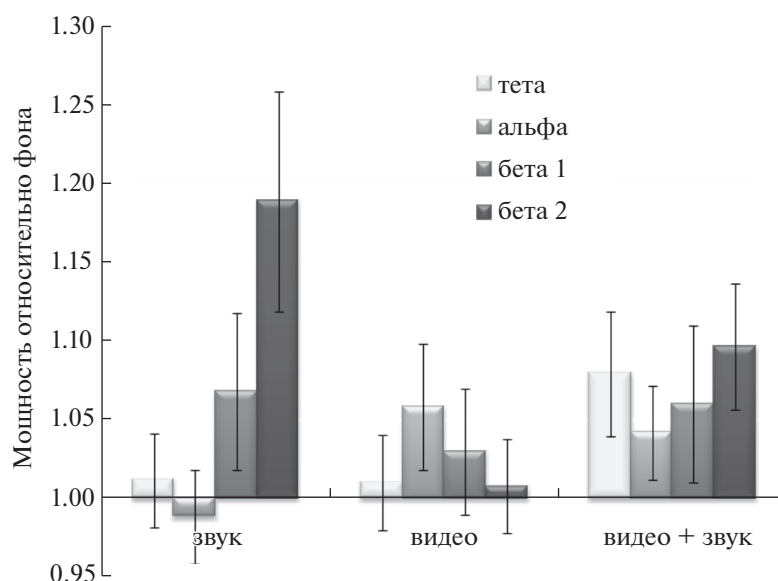


Рис. 1. Изменения спектральной мощности ЭЭГ-ритмов после сессий с различными стимулами в пробе с закрытыми глазами. Достоверное влияние фактора “стимул” на относительные изменения мощности тета-, альфа- и бета2-ритмов (ANOVA, $p = 0.02$, $p = 0.04$ и $p = 0.05$ соответственно). Вертикальные планки соответствуют 0.95 доверительного интервала.

Fig. 1. Changes in the EEG rhythms spectral power after sessions with different stimuli in a trial with closed eyes. Significant influence of the “stimulus” factor on the relative changes in the power of theta, alpha, and beta2 rhythms (ANOVA, $p = 0.02$, $p = 0.04$, and $p = 0.05$, respectively). The vertical bars correspond to 0.95 of the confidence interval.

действие факторов “стимул”*“область скальпа”, $p = 0.02$).

После эксперимента с просмотром видео без звука наблюдалось повышение мощности альфа-ритма, при этом остальные ритмы практически не изменялись (их относительные значения близки к единице). После сессии, в которой предлагался просмотр видео со звуком, также наблюдалось повышение мощности альфа-ритма, но при этом повышались тета- и бета-ритмы.

Однофакторный дисперсионный анализ ANOVA изменений мощности альфа-ритма после сессий при закрытых глазах выявил влияние фактора “день” (уровень значимости $p = 0.02$). Анализ относительной мощности альфа-ритма при закрытых глазах показал, что только в первый день эксперимента после сессии мощность альфа-ритма была ниже, чем до сессии.

Анализ динамики ЭЭГ во время восприятия медиаконтента. Дисперсионный анализ показал значимое влияние фактора “стимул”

(уровень значимости $p = 0.004$, рис. 2) на относительные изменения мощности в середине сессии по сравнению с началом (отношение показателей второго фрагмента к первому). Данные изменения также в большей степени происходили в теменно-затылочных отведениях (взаимодействие факторов “стимул”*“область скальпа”, $p = 0.04$).

Стоит отметить, что значения мощностей всех ритмов повышались в большей степени в середине сессии в экспериментах “звук” и “видео+звук”. Мощность тета-ритма значительно повышалась в эксперименте с прослушиванием только звукового канала. При этом мощности альфа- и бета-ритмов также увеличивались. Наименьшие изменения мощности ЭЭГ наблюдались при просмотре только видеоконтента. При восприятии же видео вместе с аудио в большей степени наблюдалось повышение мощностей быстрых бета-ритмов.

Анализ пиковой частоты ритмов ЭЭГ. При проведении однофакторного дисперсионно-

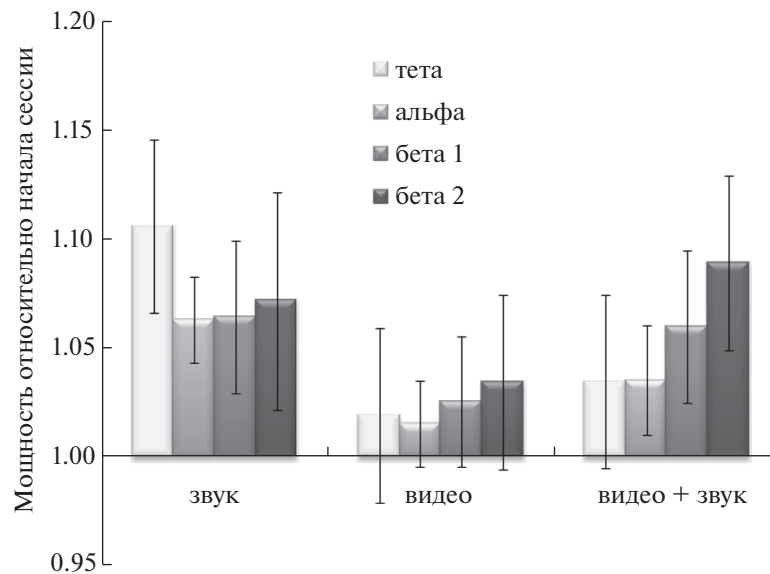


Рис. 2. Изменения спектральной мощности ЭЭГ-ритмов в середине 45-минутной сессии относительно начала при восприятии различных стимулов. Достоверное влияние фактора “стимул” (ANOVA, $p = 0.004$). Вертикальные планки соответствуют 0.95 доверительного интервала.

Fig. 2. Changes in the EEG rhythms spectral power in the middle of the 45 min session relative to the beginning when different stimuli are perceived. Significant influence of the “stimulus” factor (ANOVA, $p = 0.004$). The vertical bars correspond to 0.95 of the confidence interval.

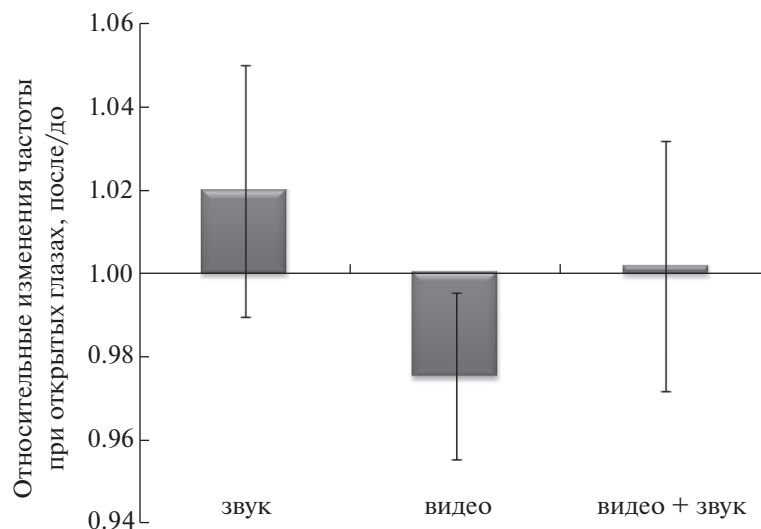


Рис. 3. Изменения пиковой частоты альфа-ритма после сессий с различными стимулами в пробе с открытыми глазами. Достоверное влияние фактора “стимул” (ANOVA, $p = 0.04$). Вертикальные планки соответствуют 0.95 доверительного интервала.

Fig. 3. Changes in the peak frequency of the alpha rhythm after sessions with different stimuli in a trial with open eyes. Significant influence of the “stimulus” factor (ANOVA, $p = 0.04$). The vertical bars correspond to 0.95 of the confidence interval.

го анализа было показано, что фактор “стимул” достоверно влияет на изменения *пиковой частоты* альфа-ритма в пробе с открыты-

ми глазами (уровень значимости $p = 0.04$). Можно видеть (рис. 3), что после прослушивания аудиоканала частота ритма повыша-

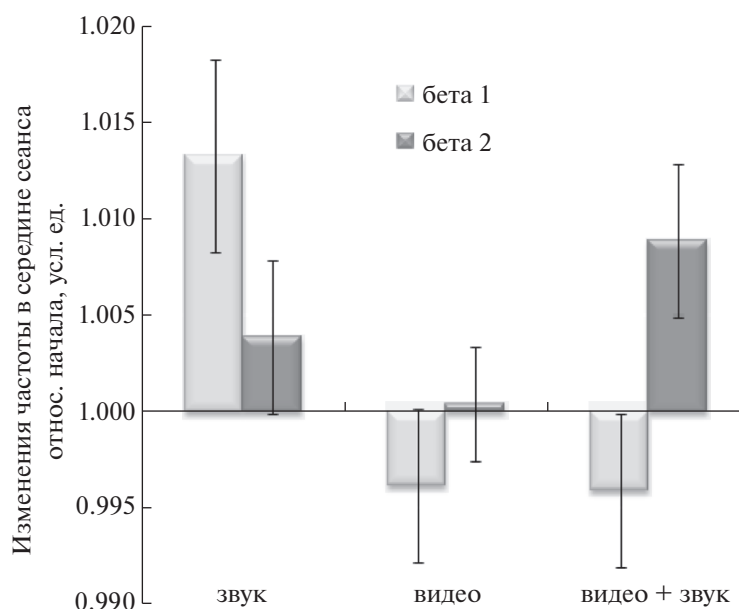


Рис. 4. Изменения пиковой частоты бета-ритмов в середине сессии по сравнению с началом при восприятии различных стимулов. Достоверное влияние фактора “стимул” (ANOVA, $p = 0.002$). Вертикальные планки соответствуют 0.95 доверительного интервала.

Fig. 4. Changes in the peak frequency of beta rhythms in the middle of the session compared to the beginning when different stimuli are perceived. Significant influence of the “stimulus” factor (ANOVA, $p = 0.002$). The vertical bars correspond to 0.95 of the confidence interval.

лась, после просмотра видео — снижалась, а после просмотра видео совместно со звуковым каналом практически не изменялась.

В середине сеанса (рис. 4) по сравнению с началом достоверно повышалась частота бета-1-ритма при восприятии только звукового

Таблица 3. Эмоциональные реакции испытуемых во время просмотра или прослушивания медиаконтента различной модальности

Table 3. Emotional responses of subjects while viewing or listening to media content of various modality

Стимул	Вызываемые эмоции	Комментарии после эксперимента
звук	радость удовольствие раздражение	сложно воспринимать речь без зрительного образа; не понятно, сколько людей, что за место; сложно сконцентрироваться; устаешь эмоционально дорисовывать картину
видео	радость удовольствие раздражение	важную роль начинают играть мимика и жесты; сложно понять тему диалога; нужно много домысливать
видео + звук	восторг возмущение радость ликование удовольствие раздражение недовольство	легче всего воспринимать; нет дополнительной нагрузки для зрителя; не нужно ничего достраивать в голове

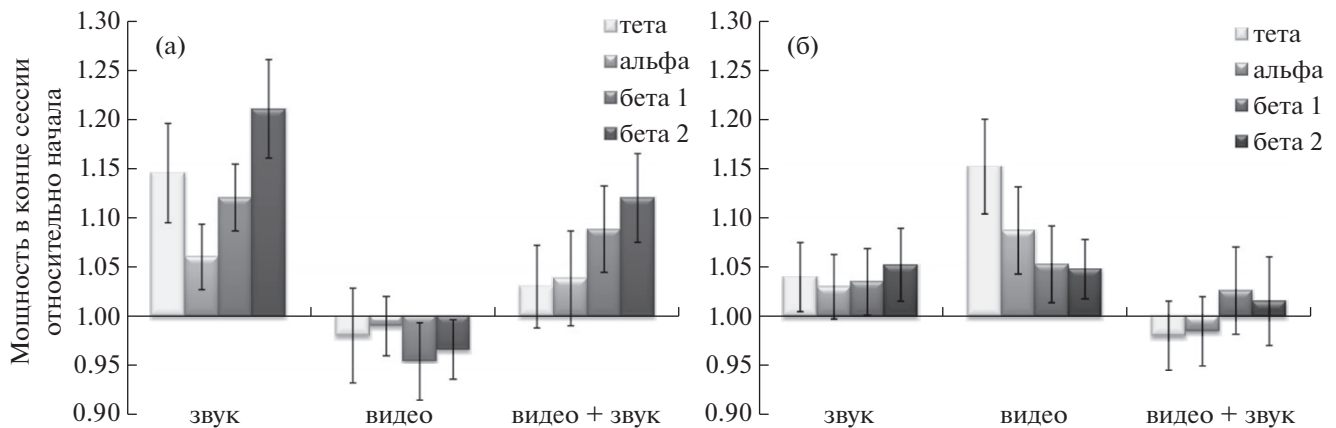


Рис. 5. Изменения спектральной мощности ЭЭГ-ритмов в конце 45-минутной сессии относительно начала при восприятии различных стимулов у испытуемых, которые отмечали наибольшую сложность восприятия, (а) в сессии со звуком, (б) в сессии с видео без звука. Достоверное влияние сочетания фактора “стимул”*“группа испытуемых” (ANOVA, $p = 0.01$). Вертикальные планки соответствуют 0.95 доверительного интервала.

Fig. 5. Changes in the EEG rhythms spectral power in the end of the 45 min session relative to the beginning when different stimuli are perceived. (a) – the subjects reported the greatest difficulties in perceiving the session with sound only, (б) – the subjects reported the greatest difficulties in perceiving the session with video only. Significant influence of the “stimulus”*“subjects” factors (ANOVA, $p = 0.01$). The vertical bars correspond to 0.95 of the confidence interval.

сигнала (ANOVA с повторными измерениями, фактор “стимул”, уровень значимости $p = 0.002$). В это же время в сеансах с просмотром видео, наоборот, наблюдалось снижение частоты бета-1-ритма.

Анализ опросников испытуемых. Проверка заполненных опросников испытуемых показала, что вопросы, касающиеся запоминания деталей контента, не вызвали затруднений, кроме, разумеется, сессии только со звуком. Многие участники в комментариях отмечали, что при восприятии только аудиоконтента было сложно определить гендерный состав участников передачи. Анализ вопросов, касающихся эмоциональной реакции испытуемых, выявил, что сессии только со звуковым или только с видеоконтентом вызывают более узкий спектр субъективных эмоциональных ощущений по сравнению с сессией, где видео предъявлялось со звуком. При том, что сессии “звук” и “видео” вызвали как положительные эмоции (“радость”, “удовольствие”), так и отрицательные (“раздражение”). Однако после сессии “видео+звук” испытуемые отмечали в опросниках более сложные эмоциональные состояния, такие как “восторг”, “возмущение”, “ликование”, “недовольство” (табл. 3).

Анализ ответов испытуемых после всех экспериментов показал, что для 8 участников наиболее сложной была сессия только с видео, а для 11 испытуемых – сессия только со звуком. Комментарии участников, описывающих субъективные трудности при восприятии сессий, представлены также в табл. 3. Ожидается самой легкой была сессия предъявления видео со звуком.

Тестирование доминирующей перцептивной модальности С. Ефремцева выявило среди участников 9 “визуалов”, 8 “кинестетиков” и 2 “аудиала”. Причем среди тех, кому было сложнее во время сессии с одним звуком, было 6 “кинестетиков” и 5 “визуалов”, а в группе испытуемых, которая испытывала больший дискомфорт во время сессии с одним только видео – 2 “аудиала”, 4 “визуала” и 2 “кинестетика”.

По результатам опроса мы разделили участников эксперимента на 2 группы – тех, кому сложнее было во время сессии “звук” (11 человек), и кому сложнее было во время сессии “видео” (8 человек), и сравнили динамику спектральной мощности ЭЭГ с учетом дополнительного фактора “испытуемые”. Было выявлено достоверное влияние взаимодействия факторов “стимул”*“испытуемые”

(ANOVA с повторными измерениями, фактор “стимул”, уровень значимости $p = 0.01$) на динамику мощности спектров ЭЭГ в конце сессии по сравнению с началом (рис. 5). У испытуемых, которым тяжелее было воспринимать только звук (рис. 5 (а)), в конце этой сессии достоверно повышалась мощность тета- и бета-2-ритмов, при этом в конце сессии “видео” достоверных различий с началом эксперимента не наблюдалось, а в сессии “видео+звук” повысилась только мощность бета-ритмов.

Испытуемые, которым субъективно сложнее было во время сессии “видео”, продемонстрировали достоверное повышение мощности тета- и альфа-ритмов в конце этой сессии, в отличие от двух других (рис. 5 (б)).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Анализ результатов в экспериментах по восприятию медиаконтента разной модальности выявил несколько основных факторов.

Во-первых, на динамику психофизиологических и нейрофизиологических показателей влиял день проведения эксперимента. Подобный эффект был вполне ожидаем, поэтому последовательность подачи стимульного материала разной модальности у различных участников исследования была рандомизирована. Также для исследования восприятия медиаконтента различной модальности авторы сочли необходимым проводить эксперименты в разные дни, учитывая возможность дифференцировать влияние этих факторов. Интересно, что день проведения исследования сказался в большей степени на психофизиологических показателях, таких как уровень сенсомоторных реакций, число ошибок, общая мощность спектра ЭКГ. Результаты сложной зрительно-моторной реакции отразили процесс обучения и тренировки от первого дня к третьему. В первый день до сессии (первый подход к тесту) наблюдался самый низкий уровень сенсомоторных реакций, который возрос уже после сессии во второй подход. Показатель общей мощности спектра ЭКГ повышался только во второй и в третий дни эксперимента. Таким образом, в первый день эксперимента мы наблюдали психофизиологические проявления ориентировочной реакции, знакомства с экспериментатором и с условиями эксперимента.

Также стоит отметить, что *психофизиологические тесты*, такие как ПЗМР, СЗМР и ВСР, показали более “грубые” изменения, связанные не с особенностями восприятия различных типов медиа, а с уменьшением концентрации внимания после 45-минутной сессии (на что указывают увеличение числа ошибок ПЗМР, снижение уровня сенсомоторных реакций), снижением физической активности и преобладанием парасимпатической регуляции (что отразилось в повышении длительности R-R-интервалов, снижении индекса напряжения) (Theorell, 2003; Григорьев, Баевский, 2001).

Процесс восприятия медиаконтента разной модальности скорее отразился на *показателях ЭЭГ*. Фоновая проба с закрытыми глазами – основная проба при проведении регистрации ЭЭГ, отражающая индивидуальное распределение мощности по ритмам, характеристики альфа-ритма. Состояние покоя с закрытыми глазами, прежде всего, характеризуется максимальным уровнем альфа-ритма, поскольку отсутствуют сенсорные потоки, отсутствует сознательная концентрация внимания на стимулах, когнитивный анализ (Klimesch, Sauseng, 2007). Известно, что депрессия альфа-ритма указывает на активацию коры. Таким образом, общая десинхронизация альфа-ритма сопровождает активную обработку сенсорной информации в соответствующих зонах коры, повышение уровня внимания, возможно, также кодирование информации для хранения в памяти (Новикова, 2015; Klimesch, 2012).

После сессии с прослушиванием аудиоконтента (сессия “звук”) наблюдались снижение мощности альфа-ритма и повышение мощности более быстрых бета-ритмов в большей степени в теменно-затылочных областях (рис. 2). Подобное распределение активности может говорить о повышении у испытуемых уровня активации, которое развилось после восприятия только звукового канала, а также о возможных сложностях с расслаблением после экспериментальной сессии (Базанова и др., 2008).

После сессии “видео” наблюдалось повышение мощности альфа-ритма, при этом мощности остальных ритмов практически не изменялись, что свидетельствует о состоянии расслабления, покоя и снижении уровня внимания. По-видимому, просмотр видеоконтента без звука не вызывал значительной

активации коры и когнитивной обработки (Новикова, 2015). После сессии, в которой предлагался просмотр видео со звуком, также наблюдалось усиление мощности альфа-ритма, но при этом увеличивались и мощности тета- и бета-ритмов.

Тета-ритм ЭЭГ отражает активность корково-лимбических нейросетей (Buzsaki, 2002; Hasselmo, Stern, 2014). По В. Климешу (Klimesch, 2012) синхронизация тета-ритма отражает активную избирательную обработку информации в небольшом количестве гиппокампадно-корковых петель обратной связи. При этом тета-активность возникает при кодировании новой или извлечении недавней информации из памяти. Наконец, было показано, что тета-активность индуцирует и усиливает долговременную потенциацию в гиппокампе (Clarke et al., 2012).

С другой стороны, есть данные об участии тета-синхронизации в эмоциональных реакциях и активации больших полушарий со стороны лимбической системы (Равич-Щербо, 2004). В ряде экспериментальных ситуаций, для которых характерен рост эмоционального возбуждения, в ЭЭГ наблюдалась генерализованная синхронизация тета-активности (Orekhova et al., 2006; Liu et al., 2012; Kugler, Laub, 1971; Stroganova et al., 1998; Furtag et al., 1998). Более того, в некоторых работах указывают, что усиление активности тета-ритма происходит при негативном эмоциональном реагировании (Русалова, 2014), эмоциональном и умственном напряжении (Мачинская, 2012).

Повышение мощности бета-ритма, особенно верхнего диапазона, традиционно считается признаком активации корковых структур (Мачинская, 2012), в частности, при умственной нагрузке. В исследованиях некоторых авторов умственная деятельность с элементами новизны ведет к повышению мощности бета2-диапазона, а успешное выполнение вербальных заданий и тестов на зрительно-пространственные отношения сопровождается увеличением бета-активности в левом полушарии (Равич-Щербо, 2004).

Таким образом, увеличение мощности бета- и тета-ритмов после сессии просмотра видео со звуком может свидетельствовать о повышенном внимании, когнитивной деятельности, процессах запоминания. В данном случае можно также полагать, что присутствует

эмоциональная окрашенная когнитивная реакция на контент, при этом в отличие от сессии “звук”, где наблюдалось снижение альфа-ритма, после эксперимента “видео + звук” наблюдалось повышение мощности альфа-ритма, т.е. состояние было более спокойное и расслабленное.

Анализ относительной мощности альфа-ритма при закрытых глазах в разные экспериментальные дни показал, что только в первый день эксперимента после сессии мощность альфа-ритма была ниже, чем до сессии. Как уже было сказано, первый день всегда является самым некомфортным для испытуемых – новая обстановка и знакомство с условиями эксперимента не способствуют расслабленному состоянию.

Интересно рассмотреть динамику мощности ритмов ЭЭГ *во время восприятия* медиаконтента различной модальности. Во-первых, стоит отметить, что значения мощностей всех ритмов повышаются в середине сессии в экспериментах “звук” и “видео+звук”. При восприятии только аудиоконтента сильнее всего возрастает мощность тета-ритма, что может отражать процессы запоминания, эмоциональную реакцию на содержание контента или же затормаживание корковых процессов. При восприятии же видео вместе с аудио в большей степени наблюдалось повышение мощностей быстрых бета-ритмов, что можно трактовать как процесс корковой активации, анализа информации, направленного внимания, однако без повышенного напряжения и эмоциональной реакции, как в случае с аудиоканалом.

При этом восприятие только видеоканала в середине сеанса не сопровождалось значимыми отклонениями мощности ритмов, что скорее всего связано с меньшим подключением внимания и анализом вербального потока, поскольку основным информационным каналом, связанным с речью в данном контексте, являлся все-таки звуковой канал, а видеокартинка, вероятно, воспринималась без информационного анализа. Если вспомнить также, что после сессии просмотра видео в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами повышалась только мощность альфа-ритма в отличие от других экспериментов, можно предположить, что испытуемые не испытывали выраженного интереса к происходящему, поскольку отсутствовал информативный звуковой канал, а видеоряд

воспринимался скорее фоном (Захарова и др., 2017; Траут, Райс, 2018).

Стоит отметить, что повышение мощности тета- и альфа-ритмов в середине сессии может свидетельствовать о развитии состояния монотонии. Было показано, что развитие состояния монотонии сопровождается у операторов повышением одновременно мощности тета-, альфа- и бета-ритмов (Лебедева, Каримова, 2014). В своих исследованиях В.Н. Кирой (Кирой, Асланян, 2005, 2006) и некоторые другие авторы (Тхоревский и др., 1985) рассматривают подобное одновременное увеличение мощности альфа-, тета- и бета-ритмов как отражение двух противоположных тенденций — снижения функционального состояния коры как генеральной тенденции и поддержания на высоком уровне активности областей, которые обеспечивают реализацию деятельности, т.е. повышения уровня напряжения, связанного с преодолением снижения уровня бодрствования за счет волевых усилий.

Также рассматривались изменения пиковой частоты ритмов ЭЭГ во время и после восприятия медиаконтента. Частота альфа-ритма является достаточно устойчивой индивидуальной характеристикой, отражает единый агрегированный ресурс генерации электрической активности мозга (Шевелев, Барк, 2001; Hooper, 2005; Lopes da Silva, 1991) и является информативным предиктором эффективности когнитивной и психомоторной деятельности, а его вариабельность отражает изменения в кортикально-таламических взаимодействиях (Hooper, 2005; Медведев и др., 1996; Klimesch et al., 1993; Nunez et al., 2001). Климеш (Klimesch, 2013) полагал, что индивидуальная частота альфа-ритма положительно коррелирует со скоростью передачи и обработки информации. При этом высокие значения частоты основного пика альфа-ритма ассоциируются с повышенной креативностью, успешностью решения когнитивных задач, выбором оптимальной стратегии поведения (Базанова, 2009; Базанова, 2011; Bornkessel et al., 2004).

Повышение пиковой частоты альфа-ритма после сессии “звук” может свидетельствовать об увеличившейся скорости обработки информации. Также в середине сеанса возрастают пиковые частоты бета- и бета-2-ритмов, что также свидетельствует о повышении активности корковых процессов. Противо-

положную динамику мы наблюдали при восприятии только видеоконтента — снижение частоты альфа-ритма после сессии и снижение частоты бета-1-ритма в середине эксперимента. Снижение частоты при просмотре видео может говорить о снижении активности структур мозга, что скорее всего сопровождалось развитием скуки и снижением тонуса. Интересно, что во время восприятия видео со звуком снижалась частота бета-1 и повышалась частота бета-2-ритмов.

Анализ ответов испытуемых после проведения экспериментов показал, что весь медиаматериал вызывал как положительные, так и отрицательные эмоции вне зависимости от модальности, кроме того, зачастую испытуемые указывали на возникновение и “радости”, и “раздражения” в одном эксперименте.

Интересно, что после восприятия только аудио или только видеоконтента участники эксперимента отмечали только три вида эмоций: “радость”, “удовольствие” или “раздражение”, тогда как сессия “видео+звук” вызвала намного более разнообразную палитру более сложных эмоций, таких как “восторг”, “возмущение”, “ликование” и “недовольство”, помимо упомянутых выше. То есть именно полное восприятие и визуальной, и акустической информации вызывали у участников эксперимента многообразие переживаний и чувств (Шадриков, 2002).

По результатам субъективной оценки каждого участника произошло разделение на тех, кому было сложнее во время сессии с одним звуком (среди них было 6 “кинестетиков” и 5 “визуалов”), и тех, кто испытывал больший дискомфорт во время сессии с одним только видео (среди них 2 “аудиала”, 4 “визуала” и 2 “кинестетика”). Достаточно логично выглядит то, что двум “аудиалам” было сложнее во время сессии, где отсутствовал звуковой канал. “Кинестетикам” по натуре достаточно сложно находиться неподвижно в одной и той же позе, поэтому эксперимент с регистрацией ЭЭГ для них должен был быть сам по себе дискомфортным вне зависимости от стимульного материала, хотя такого вопроса и не задавали. Интересно, что среди тех участников, которые отметили больший дискомфорт в эксперименте только с видео, были 4 “визуала”, которые предпочитают зрительный информационный канал. Можно предположить, что в эксперименте “звук”

“визуалам” было проще дополнить картину при восприятии одного звука, домысливая обстановку и персонажей, а видеоряд мог вызывать негативные эмоции.

Анализ изменения конечного фрагмента сессии по сравнению с началом показал значимые изменения только после разделения испытуемых на две группы по результатам ответов о наиболее сложной по субъективным ощущениям сессии. У 11 испытуемых, для которых наиболее тяжелой показалась сессия только со звуком, в конце этой сессии значительно повышается мощность тета- и бета-ритмов при сопровождении небольшого повышения альфа-активности. При этом в конце сессии “звук” изменений спектральной мощности не наблюдается. Как уже было сказано, одновременное повышение тета-, альфа- и бета-ритмов может свидетельствовать о развитии монотонии, при этом на фоне общего торможения коры возникает повышение активности определенных структур, связанных с волевым поддержанием уровня внимания и процессами памяти (Лебедева, Каримова, 2014; Кирой, Асланян, 2005, 2006), что сопровождается эмоциональным напряжением, о котором свидетельствовали потом участники эксперимента.

Испытуемые, которым субъективно труднее было во время эксперимента с просмотром видео без звука, продемонстрировали значительное повышение тета- и альфа-активности в конце данной сессии, в отличие от двух других. Таким образом, можно говорить о развитии разлитого торможения, снижении уровня внимания и интереса участников, которые сообщили о наибольших трудностях в этом эксперименте, а также о включении дефолтной системы мозга во время пассивного бодрствования (Raichle, 2015).

Результаты данного пилотного исследования свидетельствуют, прежде всего, о том, что прослушивание аудиоконтента на самом деле требует значительного ресурса когнитивной деятельности, включения внимания, концентрации на аудиопотоке, использования воображения для анализа контента без использования дополняющего видеопотока. Возможно также, что отсутствие видеоканала требовало обращения к внутреннему контексту своего опыта для дополнения картины и анализа воспринимаемой информации. Сессия с одним видеоконтентом также вызвала дискомфорт, но продолжительное восприя-

тие сопровождалось постепенным снижением внимания и интереса, развитием общего торможения корковых процессов, возможным включением работы дефолтной системы мозга (Raichle, 2015), что можно объяснить развитием монотонии и отсутствием основного информационного потока — речи. При этом только восприятие видео со звуковым сопровождением было наиболее приятным и комфортным для участников, а также вызвало намного более широкий и разнообразный круг эмоциональных реакций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различные показатели ЭЭГ в разных пробах продемонстрировали достаточно согласованную картину восприятия медиаконтента различной модальности. Именно звуковой канал являлся основным информационным каналом медиаконтента, при этом отсутствие визуального сопровождения вызывало дополнительный дискомфорт при восприятии и анализе. Восприятие одного звукового канала вызвало наибольшую активацию коры, при этом обработка, анализ и запоминание информации с использованием только аудиоканала требовали усиления внимания, вызывали больший эмоциональный ответ, подключение дополнительных ресурсов (повышение тета- и бета-ритмов). Просмотр только видеоконтента без звукового сопровождения и речи сопровождался постепенным снижением уровня внимания и интереса, развитием общего торможения коры, и скорее воспринимался как фон для спокойного бодрствования. Наиболее комфортной для испытуемых была сессия с восприятием видео и звукового сигнала вместе. При этом участники отмечали большое разнообразие эмоциональных реакций, поддерживался достаточный уровень активности, наблюдались эмоциональные реакции интереса, но не требовалось привлечения дополнительных ресурсов. Психофизиологические тесты при этом оказались нечувствительными в задаче обнаружения различий функционального состояния после восприятия медиаконтента разной модальности.

Выражаем благодарность сотрудникам и студентам кафедры прикладной и экспериментальной лингвистики МГЛУ за участие и сотрудничество при проведении исследования.

Исследование выполнено при поддержке гранта РНФ 18-18-00477.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баевский Р.М., Иванов Г.Г.* Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2001. 3: 108–127.
- Базанова О.М.* Вариабельность и воспроизводимость индивидуальной частоты альфа-ритма ЭЭГ в зависимости от экспериментальных условий. Журнал высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2011. 61 (1): 102–111.
- Базанова О.М.* Современная интерпретация альфа-активности ЭЭГ. Успехи физиологических наук. 2009. 40 (3): 32–53.
- Базанова О.М., Мерная Е.М., Штарк М.Б.* Биопроизводство в психомоторном обучении: электрофизиологическое обоснование. Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2008. 94 (5): 539–556.
- Батуев А.С.* Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем. 3. СПб.: Питер. 2010. 317 с.
- Белозерова Ю.М.* Опыт применения медиатехнологий, виртуальной и дополненной реальности в формировании профессиональных компетенций сотрудников организаций сферы услуг. Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека: сборник научных статей. Под общ. ред. Р.В. Ершовой. Коломна: Государственный социально-гуманитарный университет, 2020: 41–43.
- Григорьев А.И., Баевский Р.М.* Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине. М. Слово. 2001. 96 с.
- Еляков А.Д.* Информационная перегрузка людей. Социологические исследования. 2005. 5: 114–121.
- Енриховский С.Н., Шамишинова А.М., Соколов Е.Н., Нестерюк Л.И.* Время сенсомоторной реакции человека в современных психофизических исследованиях. Сенсорные системы. 1996. 10 (2): 13.
- Захарова И.Д., Кагина Н.А., Васина О.Н.* Методические особенности преподавания биологии в зависимости от модальности восприятия и переработки информации. Современное образование: научные подходы, опыт, проблемы, перспективы. Сборник статей XII. 2017: 102–104.
- Ильин Е. П.* Психофизиология состояний человека. СПб.: Питер. 2005. 412 с.
- Кандыбович С.Л.* Особенности восприятия цифровых средств и процессов коммуникации студентами. Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека: сборник научных статей/ под общ. ред. Р.В. Ершовой. Коломна: Государственный социально-гуманитарный университет. 2020: 153–158.
- Кирой В.Н., Асланян Е.В.* Общие закономерности формирования состояния монотонии. Журн. высш. нервн. деят. 2005. 55 (6): 768–776.
- Кирой В.Н., Асланян Е.В.* Индивидуальная устойчивость к действию факторов монотонии и ее отражение в ЭЭГ. Журнал высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2006. 56 (1): 38–46.
- Коробейникова И.И.* Связь внутриволновой пространственной организации биопотенциалов тета-полосы ЭЭГ студентов с различной результативностью выполнения зрительно-пространственных задач. Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. 136 (11): 169–173.
- Костевич А.Г.* Зрительно-слуховое восприятие аудиовизуальных программ: учебное пособие. Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования. 2006. 230 с.
- Лебедева Н.Н., Каримова Е.Д.* Нейрофизиологические проявления состояния монотонии у операторов с различной межполушарной асимметрией альфа-активности. Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова. 2014. 64 (4): 428–438.
- Лурия А.Р.* Основы нейропсихологии. Москва. Издательский центр Академия. 2013. 384 с.
- Марютина Т.М., Ермолаев О.Ю.* Введение в психофизиологию: Учебное пособие по курсу: “Общая и возрастная психофизиология”. М.: Московский психолого-социальный институт. Флинта. 1997. 240 с.
- Мачинская Р.И.* Сравнительное электрофизиологическое исследование регуляторных компонентов рабочей памяти у взрослых и детей 7–8 лет. Анализ когерентности ритмов ЭЭ. Физиология человека. 2012. 38 (1): 5–19.
- Медведев С.В., Пахомов С.В., Рудас М.С., Алхо К., Терваниemi М., Рейникайен К., Наатанен Р.* О выборе состояния спокойного бодрствования как референтного при психологических пробах. Физиология человека. 1996. 22 (1): 5–10.
- Мохова С.Б., Неврюев А.Н.* Психологические корреляты общей и академической прокрастина-

- ции у студентов. Вопросы психологии. 2013. 1: 25–33.
- Новикова С.И. Ритмы ЭЭГ и когнитивные процессы. Современная зарубежная психология. 2015. 4 (1): 91–108.
- Островский М.А., Шевелев И.А. Глава 14. Сенсорные системы. Физиология человека. Учебник (В двух томах. Т. II). Под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. 2-е изд., перераб. и доп. М.: 2003. 656 с.
- Равич-Щербо И.В. Психогенетика. М.: Аспект-Пресс. 2004. 447 с.
- Русалова М.Н. Асимметрия α -ритма при мысленном воспроизведении эмоциональных образов. Асимметрия. 2014. 8 (2): 5–20.
- Рябыкина Г.В., Соболев А.В. Анализ вариабельности ритма сердца. Кардиология. 1996. 36 (10): 87–97.
- Тхоревский В.И., Калашникова З.С., Герасева Т.С., Ямпольская Е.Г., Гамбашидзе Г.М. Влияние монотонной мышечной деятельности на функциональное состояние организма. Физиология человека. 1985. 11 (2): 280–285.
- Фетискин Н.П. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп : Учеб. пособие для студентов вузов. Н.П. Фетискин, В.В. Козлов, Г.М. Мануйлов. М.: Изд-во Ин-та Психотерапии, 2002. 488.
- Шадриков В.Д. Введение в психологию: эмоции и чувства. М.: Логос, 2002. – 156.
- Шевелев И.А., Барк Е.Д., Верхлютов В.М. Альфасканирование зрительной коры: данные ЭЭГ и магнитно-резонансной томографии. Рос. физиол. журн. 2001. 87 (8): 1050–1059.
- Bornkessel I., Fiebach C., Friederici A., Schleuwsky M. “Capacity” reconsidered: interindividual differences in language comprehension and individual alpha frequency. Experimental Psychology. 2004. 51 (4): 279–289.
<https://doi.org/10.1027/1618-3169.51.4.279>
- Buzsaki G. Theta oscillations in the hippocampus. Neuron. 2002. 33 (3): 325–340.
[https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00586-X](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00586-X)
- Clarke V.R.J., Collingridge G.L., Lauri S.E., Taira T. Synaptic kainate receptors in CA1 interneurons gate the threshold of theta-frequency induced long-term potentiation. J. Neurosci. 2012. 32 (50): 18215–18226.
<https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2327-12.2012>
- D’Hondt F., Billieux J., Maurage P. Electrophysiological correlates of problematic Internet use: critical review and perspectives for future research. Neurosci Biobehav Rev. 2015. 59: 64–82.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2015.10.005>
- Duven E.C., Müller K.W., Beutel M.E., Wöfling K. Altered reward processing in pathological computer gamers—ERP-results from a semi-natural Gaming-Design. Brain and Behavior. 2015. 5 (1): 13–23.
<https://doi.org/10.1002/brb3.293>
- Futagi Y., Ishihara T., Tsuda K., Suzuki Y., Goto M. Theta rhythms associated with sucking, crying, gazing and handling in infants. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1998. 106 (5): 392–399.
[https://doi.org/10.1016/S0013-4694\(98\)00002-9](https://doi.org/10.1016/S0013-4694(98)00002-9)
- Hallowell E. Overloaded circuits: why smart people underperform. Harvard business review. 2005. 83 (1): 54–62.
- Hasselmo M.E., Stern C.E. Theta rhythm and the encoding and retrieval of space and time. Neuroimage. 2014. 85: 656–666.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2013.06.022>
- Hooper G.S. Comparison of the distributions of classical and adaptively aligned EEG power spectra. Int. J. Psychophysiol. 2005. 55 (2): 179–189.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2004.07.008>
- Kim M., Lee T.H., Choi J.S., Kwak Y.B., Hwang W.J., Kim T., Lee J., Lim J., Park M., Kim Y., Kim S., Kim D., Kwon J. Neurophysiological correlates of altered response inhibition in internet gaming disorder and obsessive-compulsive disorder: perspectives from impulsivity and compulsivity. Sci Rep. 2017. 7: 41742
<https://doi.org/10.1038/srep41742>
- Klimesch W. Alpha-band oscillations, attention, and controlled access to stored information. Trends in cognitive sciences. 2012. 16 (12): 606–617.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.10.007>
- Klimesch W. The structure of long-term memory: A connectivity model of semantic processing. Psychology Press. 2013: 248 .
- Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: The inhibition – timing hypothesis. BrainRes. Rev. 2007. 53: 63–88.
<https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.06.003>
- Klimesch W., Schimke H., Pfurtscheller G. Alpha frequency, cognitive load and memory performance. Brain Topogr. 1993. 5 (3): 241–251.
<https://doi.org/10.1007/BF01128991>
- Kugler J., Laub M. “Puppet show” theta rhythm. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol. 1971. 31: 532.

- Liu Z., de Zwart J.A., Yao B., van Gelderen P., Kuo L., Duyn J. Finding thalamic BOLD correlates to posterior alpha EEG. *Neuroimage*. 2012. 63 (3): 1060–1069.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.08.025>
- Lopes da Silva F.H. Neural mechanisms underlying brain waves: from neural membranes to networks. *Clin. Neurophysiol.* 1991. 79: 81–93.
[https://doi.org/10.1016/0013-4694\(91\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0013-4694(91)90044-5)
- Nunez P., Wingeier B., Silberstein R. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of networks. *Hum. Brain Mapp.* 2001. 13 (3): 125–164.
<https://doi.org/10.1002/hbm.1030>
- Orekhova E.V., Stroganova T.A., Posikera I.N., Elam M. EEG theta rhythm in infants and preschool children. *Clin. Neurophysiol.* 2006. 117 (5): 1047–1062.
<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2005.12.027>
- Park J.H., Hong J.S., Han D.H., Min K.J., Lee Y.S., Kee B.S., Kim S. Comparison of QEEG findings between adolescents with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) without comorbidity and ADHD comorbid with Internet gaming disorder. *J Korean Med Sci.* 2017. 32: 514–521.
<https://doi.org/10.3346/jkms.2017.32.3.514>
- Park M., Choi J.S., Park S.M., Lee J., Jung H., Sohn B., Kim S., Kim D., Kwon J. Dysfunctional information processing during an auditory event-related potential task in individuals with Internet gaming disorder. *Transl. Psychiatry*. 2016. 6: e721.
<https://doi.org/10.1038/tp.2015.215>
- Peng X., Cui F., Wang T., Jiao C. Unconscious processing of facial expressions in individuals with Internet Gaming Disorder. *Front Psychol.* 2017. 8: 1059.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01059>
- Raichle M.E. The Brain's Default Mode Network. *Annual Review of Neuroscience*. 2015. (38): 433–447.
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030>
- Son K.L., Choi J.S., Lee J., Park S.M., Lim J.A., Lee J.Y., Kim S., Oh S., Kim D., Kwon J. Neurophysiological features of Internet gaming disorder and alcohol use disorder: a resting-state EEG study. *Transl. Psychiatry*. 2015. 5: e628.
<https://doi.org/10.1038/tp.2015.124>
- Stroganova T.A., Orekhova E.V., Posikera I.N. Externally and internally controlled attention in infants: an EEG study. *Int. J. Psychophysiol.* 1998. 30 (3): 339–351.
[https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(98\)00026-9](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(98)00026-9)
- Theorell T. Biological stress markers and misconceptions about them. *Stress and health*. 2003: 59–60.
<https://doi.org/10.1002/smi.960>
- Torkel K. The Overflowing Brain: Information Overload and the Limits of Working Memory: Information Overload and the Limits of Working Memory. Oxford University Press. 2008. 224.

COMPREHENSIVE STUDY OF THE FUNCTIONAL STATE CHANGES WHEN PERCEIVING MEDIA CONTENT OF DIFFERENT MODALITY

N. N. Lebedeva^a, E. D. Karimova^{a, #}, V. V. Potapov^b, and R. K. Potapova^c

^a Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia

^b Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

^c Moscow State Linguistic University, Moscow, Russia

[#]e-mail: e.d.karimova@gmail.com

Modern society spends a huge amount of time absorbing various types of information – media content that uses mainly visual and audio channels. Regular perception of media, often in parallel with other activities, can create additional emotional stress and overload the brain with information flow. The purpose of this study was to identify what neurophysiological and psychophysiological changes in functional state occur when media content of different modalities is perceived (including video, audio, and video with sound), and what type of media requires the greatest cognitive resource. The study involved 19 healthy subjects. 3 experiments were performed on different days with participation of each subject (“sound”, “video”, “video+sound”), the order of experiments was ranked. Before and after the sessions, sensory-motor reaction tests were performed; EEG was recorded before, after and during the sessions.

Analysis of results showed that only the EEG indicators revealed significant differences between stimuli sessions. The greatest cognitive stress was observed in the experiments with audio content: the power of alpha and beta2 rhythms decreased after the session, the peak frequency of alpha and beta rhythms increased; the power of theta and beta rhythms increased during the session. The perception of video without sound did not cause significant interest and attention: the alpha rhythm power at rest increased after the sessions and the peak frequency values decreased. The experiments with perception of video with sound showed moderate interest and attention: increase of the theta and beta rhythms power after the sessions, and increase of the beta rhythms power in the middle of the sessions. Obtained results suggest, that the most resource-intensive was the perception of audio content without video.

Keywords: media, EEG, HRV, sensorimotor reactions, functional state