

Психология и Психотехника

Правильная ссылка на статью:

Шляхов И.С., Горбунов И.А., Тихонова К.А. Спектральная динамика электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении: анализ этапов теста Рея // Психология и Психотехника. 2025. № 2. DOI: 10.7256/2454-0722.2025.2.74313 EDN: KDAFME URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=74313

Спектральная динамика электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении: анализ этапов теста Рея

Шляхов Иван Сергеевич

ORCID: 0000-0001-7801-382X

ассистент; кафедра Психология; Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова

аспирант; факультет психологии; Санкт-Петербургский государственный университет

199225, Россия, г. Санкт-Петербург, Василеостровский р-н, ул. Вадима Шефнера, д. 14 к. 1 стр. 1

✉ i.shlyakhov@spbu.ru



Горбунов Иван Анатольевич

ORCID: 0000-0002-7558-750X

кандидат психологических наук

старший преподаватель; факультет психологии; Санкт-Петербургский государственный университет

199178, Россия, г. Санкт-Петербург, Василеостровский р-н, линия 8-я В.О., д. 77

✉ i.a.gorbunov@spbu.ru



Тихонова Ксения Александровна

ORCID: 0009-0002-0148-7298

студент; институт медицинского образования; Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова

194356, Россия, г. Санкт-Петербург, Выборгский р-н, пр-кт Энгельса, д. 134 к. 3 литера А

✉ ksenia.tih@mail.ru



[Статья из рубрики "Потенциал интеллекта"](#)

DOI:

10.7256/2454-0722.2025.2.74313

EDN:

KDAFME

Дата направления статьи в редакцию:

03-05-2025

Дата публикации:

12-05-2025

Аннотация: Данное исследование посвящено анализу изменений спектральной мощности основных корковых ритмов (дельта: 1–4 Гц; тета: 4–8 Гц; альфа: 8–13 Гц; бета: 13–30 Гц; гамма: 30–50 Гц) у здоровых взрослых участников при выполнении теста вербального обучения Рея (RAVLT). Особое внимание уделяется топографическому распределению и динамике этих ритмов на этапах заучивания слов из вербального списка, введения интерферирующего списка, а также при немедленном и отсроченном воспроизведении материала. Исследование направлено на выявление нейрофизиологических маркеров начального кодирования, автоматизации запоминания, механизмов преодоления интерференции и процессов системной консолидации долговременной памяти. Полученные данные призваны уточнить временную организацию мнестических процессов и спектральные индикаторы когнитивной нагрузки, что может способствовать развитию диагностических и реабилитационных методик для оценки и коррекции вербальной памяти. В исследовании участвовали 60 здоровых испытуемых (18–44 лет), не имевших неврологических и психических расстройств. ЭЭГ регистрировалась по 19 каналам (система 10–20) с использованием энцефалографа «Мицар-202». Спектральный анализ проводился методом Вэлча, применялось логарифмирование мощности. Статистическая обработка включала RM-ANOVA с поправкой Холма ($\alpha = 0,05$). Изучение нейрофизиологических маркеров памяти и механизмов интерференции приобретает особую значимость в контексте оценки когнитивных нарушений. Оценка энцефалографических ритмов, сопровождающих процессы запоминания, интерференции и воспроизведения информации, позволяет глубже изучить механизмы перераспределения когнитивных ресурсов и оценить роль функциональной организации ритмов при реализации мнестических задач. Полученные результаты демонстрируют статистически значимые различия в мощности ЭЭГ-ритмов в зависимости от этапа выполнения теста RAVLT. Альфа- и бета-синхронизация связаны с активной переработкой информации и произвольным вниманием, в то время как снижение низкочастотных ритмов указывает на преодоление интерференции. Наблюдаемая динамика ритмов подтверждает функциональную специализацию корковых областей при выполнении вербальных задач различной сложности. Экспериментальные данные дополняют представления о временной и пространственной организации мнестических процессов и могут использоваться для оценки состояния когнитивных функций в клинической практике.

Ключевые слова:

Электроэнцефалография, Спектральный анализ, Дельта-ритм, Бета-ритм, Альфа-ритм, RAVLT, Вербальное обучение, Интерференция, Память, Когнитивные функции

Введение

Изучение спектральной динамики электроэнцефалограммы (ЭЭГ) при выполнении задач на вербальное обучение представляет собой важное направление современной нейронауки. Рост интереса к нейрофизиологическим основам памяти и когнитивного

контроля обусловлен не только академическим интересом, но и прикладными задачами по выявлению маркеров когнитивных нарушений, а также созданием нейрореабилитационных программ.

Несмотря на обилие исследований, посвящённых тесту вербального обучения Рея (Rey Auditory Verbal Learning Test, RAVLT) и памяти в целом, топографическая организация ритмов ЭЭГ в динамике всех фаз теста Рея до сих пор остается недостаточно изученной. В частности, не были систематически проанализированы спектральные изменения на всех ключевых этапах данной методики. Целью настоящего исследования является выявление и характеристика динамики спектральных изменений ЭЭГ на различных этапах выполнения теста вербального обучения Рея.

Полученные данные позволят расширить понимание функциональной роли корковых ритмов и топической организации когнитивных функций при выполнении сложных мнестических задач.

Задачи исследования:

1. Проанализировать спектральную мощность в диапазонах дельта, тета, альфа, бета и гамма при выполнении разных проб теста Рея;
2. Сравнить топографические распределения мощности между этапами: заучивание, интерференция, немедленное и отсроченное воспроизведение стимулов;
3. Выявить нейрофизиологические корреляты процессов запоминания, воспроизведения и преодоления интерференции.

Согласно системной концепции памяти, процессы консолидации и реконсолидации трактуются как неразрывные аспекты формирования индивидуального опыта. Они не ограничиваются стабилизацией следа, но включают перестройку ранее сформированных систем под воздействием новых поведенческих актов [\[1\]](#). Это положение особенно релевантно в контексте многоэтапного теста RAVLT, где память подвергается как усилению (заучивание), так и модифицирующему воздействию (интерференция), а также последующей актуализации (воспроизведение).

Кратковременная память (КП) представляет собой ограниченную емкость когнитивной системы по одновременному удержанию и обработке информации, которая составляет в среднем 7 ± 2 единицы восприятия. КП характеризуется сохранением информации, опираясь преимущественно на внешние физические характеристики стимулов. При превышении объема восприятия происходит субъективная организация материала, например, систематизация или группировка элементов для оптимизации запоминания [\[2\]](#).

КП выступает ключевым звеном в системе переработки информации, обеспечивая временное хранение и первичную обработку данных перед их передачей в долговременную память. Она выполняет роль «когнитивного фильтра», отбирая наиболее значимые данные через механизмы внимания [\[3\]](#).

Формирование кратковременной памяти связано с синхронизацией тета- и гамма-ритмов между гиппокампом, миндалиной и неокортексом в теменно-височных областях. Нарушение синхронизации между этими структурами приводит к снижению эффективности кратковременного воспроизведения, что подчеркивает роль тета-ритма при реализации процесса КП как нейрофизиологической основы кратковременного запоминания и актуализации информации [\[4\]](#).

Интерференция — когнитивный феномен, возникающий при одновременном выполнении двух задач, когда контроль основной задачи непроизвольно активирует выполнение дополнительной, подлежащей игнорированию. Это происходит вследствие взаимодействия процессов контроля над корректностью выполнения и выбора релевантного стимула, что вызывает когнитивный конфликт, приводящий к дальнейшим ошибкам. Интерференция обусловлена особенностями когнитивного контроля, а не ограниченностью внимания. Её выраженность уменьшается с ростом сложности основной задачи и усиливается при сходстве выполняемых задач, что подчеркивает роль ассоциативных связей и возникающего конфликта между различными задачами [\[5\]](#).

Альфа-ритм в диапазоне 10–12 Гц ассоциируется с процессами семантической обработки информации. Усиление альфа-активности в затылочных, теменных и лобных долях служит предиктором успешности выполнения мнестических задач, что указывает на функциональную значимость данного нейрофизиологического маркера в процессах памяти [\[6\]](#).

Альфа-десинхронизация в теменно-затылочных и лобных отделах коры головного мозга может служить маркером удержания и обработки информации в рабочей памяти [\[7\]](#).

С другой стороны Тета-волны являются маркерами активации насходящих воздействий со стороны фронтальной коры, а гамма-волны ассоциируются с процессами кодирования отдельных элементов, предъявляемых для запоминания, что впоследствии приводит их к объединению в целостные воспоминания [\[8\]](#).

Исследование Johnson E., подтверждает роль тета-активности (4–7 Гц) в кодировании и извлечении эпизодической информации. Синхронизация тета-волн между медиальной височной долей и префронтальной корой во время предъявления стимулов ассоциируется с последующим успешным воспроизведением материала. Однако тета-ритм также отражает общую когнитивную нагрузку, что осложняет его интерпретацию как исключительно маркера усвоения информации [\[9\]](#).

Экспериментальные данные показывают, что процесс усвоения и удержания информации сопровождаются специфическими изменениями корковой активности. Увеличение мнемонической нагрузки вызывает спектральные изменения в тета- и альфа-диапазонах с топической специфичностью: задняя кора активируется при усвоении, а фронтальные области — при удержании информации. Эти данные подчеркивают вовлечённость префронтальной коры в мнестические процессы [\[10\]](#).

При успешном разрешении интерференции наблюдается снижение мощности тета-активности в передней поясной коре, что служит нейрофизиологическим маркером эффективности процесса преодоления интерференции и указывает на вытеснение конкурирующих стимулов [\[11\]](#).

Синхронизация бета-ритмов между фронтальными и теменными областями мозга способствует улучшению производительности в задачах на рабочую память. Увеличение частоты и амплитуды бета-колебаний ассоциируется с повышением нагрузки на память и процессами обработки информации, а также коррелирует с индивидуальными различиями в успешности выполнения экспериментального задания [\[12\]](#).

Кроме того, увеличение бета-активности в префронтальной коре наблюдается в конце проб, когда необходимо удалить нерелевантную информацию из рабочей памяти, что

подчеркивает роль бета-ритма как нейрофизиологического маркера, отражающего процесс управления мнестическими процессами [\[13\]](#).

Увеличение дельта-активности наблюдается преимущественно в лобной коре и передней поясной, что говорит об участии этих зон в подавлении нерелевантных стимулов, что способствует фокусировке на основной задаче [\[14\]](#).

Методы:

В исследовании приняли участие 60 испытуемых в возрасте от 18 до 44 лет. Участники не имели в анамнезе неврологических или психиатрических патологий и не принимали фармакологические препараты, способные оказывать влияние на когнитивные функции.

В качестве экспериментальных стимулов использовались два набора слов. Каждый из наборов включал по 15 слов.

Участники размещались в комфортном кресле в звукоизолированной комнате с приглушённым светом. Перед каждым этапом участникам предоставлялись подробные инструкции.

В качестве экспериментальной методики использовался тест вербального обучения Рея. RAVLT — это классический тест для оценки слухоречевой (вербальной) памяти и процессов запоминания [\[15\]](#).

Исследования структуры RAVLT выявили его многокомпонентность, отражающую дифференциацию вербальной памяти на независимые когнитивные процессы [\[16\]](#).

Первая фаза теста предполагает обучение и систематизацию информации. Она осуществляется с помощью прогрессивного запоминания при повторных предъявлениях стимулов.

Этап включает пять последовательных предъявлений списка слов А (пробы 1–5), где активное заучивание происходит за счет семантической обработки и формирования ассоциативных связей в гиппокампе и медиальных височных долях [\[4\]](#). Суммарный показатель воспроизведения (попытка 1– попытка 5) отражает объем непосредственной памяти и устойчивость внимания, тогда как объем первого воспроизведения характеризует кратковременную память.

После этапа обучения испытуемым предлагается для запоминания список слов Б из 15 слов, слова в котором никак не связаны со списком слов А.

Babiloni С. в своем исследовании отмечает, что после интерференционного списка Б происходит стабилизация процесса запоминания, связанная с перемещением информации из гиппокампальных структур в корковые отделы [\[4\]](#). Ретроактивная интерференция (разница между пятой попыткой и седьмой попыткой) демонстрирует устойчивость к интерферирующему воздействию новой информации.

На этапе отсроченного воспроизведения происходит оценка долговременной памяти испытуемых.

RAVLT служит инструментом для дифференциальной диагностики когнитивных дефицитов, позволяя исследовать процесс обучения, удержания и извлечения информации. [\[17\]](#)

Исследование состояло из последовательных этапов. На первом этапе испытуемому

предъявлялся первый набор из 15 несвязанных существительных (список А). Далее список А зачитывался пять раз подряд, после каждого предъявления участник воспроизводил максимально возможное количество слов (пробы 1–5). Затем предъявлялся второй, интерферирующий список из 15 слов (список Б), который также необходимо было воспроизвести (проба 6). После этого испытуемый повторно воспроизводил слова из первого списка (проба 7). По истечении 20 минут осуществлялось отсроченное воспроизведение слов из списка А (проба 8).

Во время воспроизведения слов осуществлялась регистрация электроэнцефалограммы (ЭЭГ). Запись ЭЭГ проводилась по 19 каналам в монополярном отведении. Запись осуществлялась с использованием энцефалографа Мицар 202 с размещением электродов по системе 10–20. Обработка ЭЭГ осуществлялась в среде Python с использованием библиотек MNE-Python, SciPy и StatsModels. Сырые данные подвергались полосовой фильтрации в диапазоне 0.5–45 Гц.

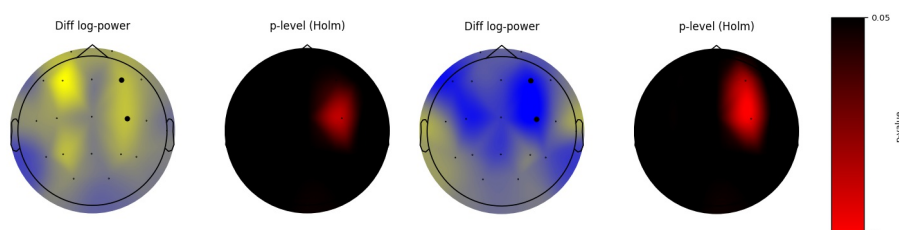
Для оценки спектральных характеристик мощности использовался метод Вэлча с применением окна Ханна. Расчёт спектральной плотности мощности (PSD) проводился отдельно для каждого канала. На основе PSD вычислялись относительная и логарифмическая мощности в следующих стандартных диапазонах: дельта (0.5–4 Гц), тета (4–8 Гц), альфа (8–13 Гц), низкий бета (13–20 Гц), высокий бета (20–30 Гц), гамма (30–45 Гц). Относительная мощность рассчитывалась как доля мощности в заданном диапазоне от общей мощности с помощью логарифмирования.

Анализ различий мощности между этапами вербального теста Рея (пробы 1, 5, 6, 7 и 8) проводился с использованием однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями (RM-ANOVA) по каждому сочетанию канал–диапазон. В случае статистически значимого эффекта ANOVA ($p < 0.05$) применялась поправка Холма на множественные сравнения. Все сравнения проводились на уровне значимости $\alpha = 0.05$.

Также осуществлялась визуализация топографических распределений мощности и статистической значимости с использованием топографических карт, отображающих логарифмированную мощность и уровни p -значений, полученных при попарных сравнениях.

Результаты

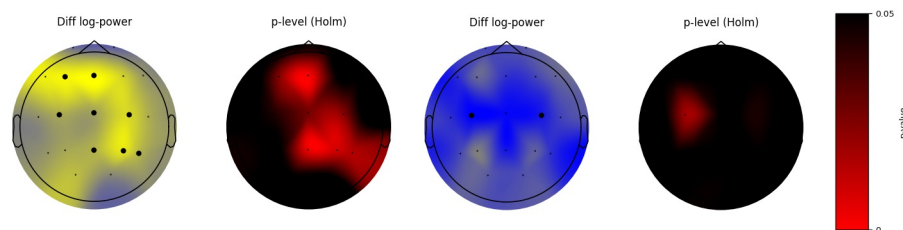
Рисунок 1 Топограммы различий мощностей низкочастотного бета-ритма(слева) и дельта-ритма(справа).



При сравнении первой и пятой попыток RAVLT выявлено изменение мощности ритмов в нескольких диапазонах и отведениях. В дельта-диапазоне мощность снизилась в правом лобном отведении и в правом центральном отведении (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.62$, $p = 0.007$ Holm F_4 : $p = 0.014$; Holm C_4 : $p = 0.003$)(Рис.1). В альфа-диапазоне мощность увеличилась в центральном лобном отведении (Канал Fz; RM-ANOVA: $F(4, 220) = 5.86$, p

= 0.001; Holm: $p = 0.026$). В низкочастотном бета-диапазоне мощность возросла в правом фронтальном отведении и правом центральном отведении (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.62$, $p = 0.007$; Holm F4: $p = 0.043$; Holm C4: $p = 0.014$) (Рис.1). В высокочастотном бета-диапазоне отмечено повышение мощности в правом центральном отведении (Канал C4; RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.53$, $p = 0.008$; Holm: $p = 0.026$).

Рисунок 2. Топограммы различий мощностей (1 проба vs 6 проба) альфа-ритма(слева) и дельта-ритма(справа).



При сравнении первой и шестой попыток RAVLT обнаружена десинхронизация дельта-ритма в левых и правых центральных отведениях (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.88$, $p = 0.005$; Holm C3: $p = 0.018$; Holm C4: $p = 0.045$) (Рис.2). Также была отмечена синхронизация альфа-ритма в фронтальных, центральных, парietальных и правом темпоральном отведениях (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 2.89$, $p = 0.023$; Holm F3: $p = 0.023$; Holm C3: $p = 0.044$; Holm C4: $p = 0.023$; Holm P4: $p = 0.009$; Holm P8: $p = 0.015$; Holm Fz: $p = 0.001$; Holm Cz: $p = 0.027$; Holm Pz: $p = 0.003$) (Рис.2). Были выявлены статистически значимые различия, указывающие на синхронизацию низкочастотного бета-ритма в правом центральном отведении и левом темпоральном отведении (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 5.04$, $p < 0.001$; Holm C4: $p = 0.029$; Holm T7: $p = 0.025$).

Рисунок 3. Топограммы различий мощностей (1 проба vs 7 проба) альфа-ритма(слева) и дельта-ритма(справа).

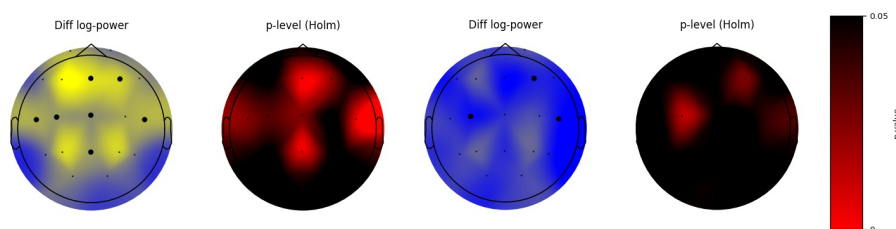
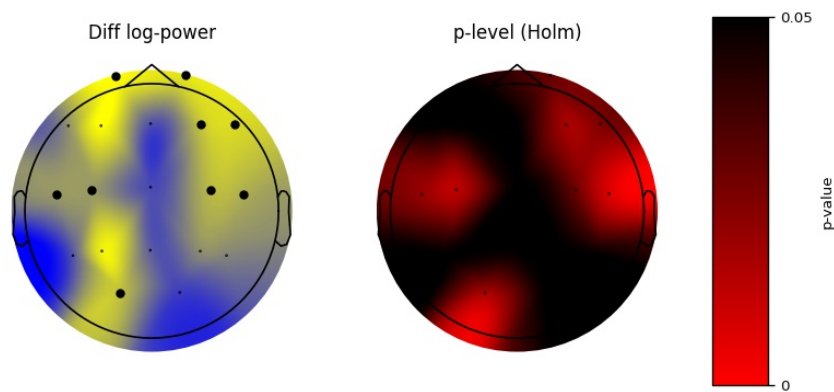
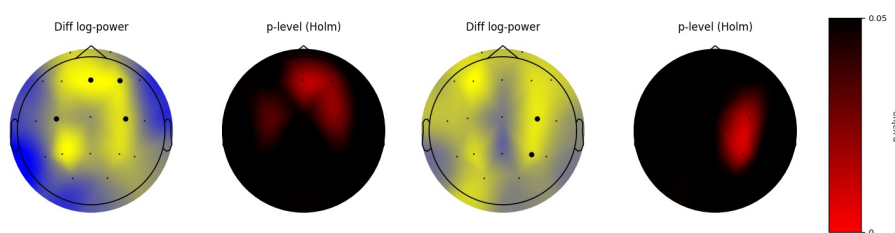


Рисунок 4. Топограммы различий мощностей (1 проба vs 7 проба) низкочастотного бета-ритма(слева).



При сравнении первой и седьмой попыток RAVLT была выявлена десинхронизация дельта-ритма в правом фронтальном, левом центральном и правом височно-затылочном отведениях (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.62$, $p = 0.007$; Holm F4: $p = 0.025$; Holm C3: $p = 0.014$; Holm T8: $p = 0.039$) (Рис.3). В ходе статистического анализа были выявлены статистически значимые различия, свидетельствующие о синхронизации альфа-ритма в фронтальном, центральном, темпоральном и центральном парietальном отведениях (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.81$, $p = 0.005$; Holm F4: $p = 0.022$; Holm C3: $p = 0.033$; Holm T7: $p = 0.025$; Holm T8: $p = 0.005$; Holm Fz: $p = 0.001$; Holm Cz: $p = 0.025$; Holm Pz: $p = 0.004$) (Рис.3). Также была отмечена синхронизация низкочастотного бета-ритма в фронтальном, левом затылочном и центральном отведениях (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.00$, $p = 0.019$; Holm Fp1: $p = 0.046$; Holm Fp2: $p = 0.030$; Holm F4: $p = 0.018$; Holm C3: $p = 0.013$; Holm C4: $p = 0.029$; Holm O1: $p = 0.018$; Holm F8: $p = 0.025$; Holm T7: $p = 0.054$; Holm T8: $p = 0.008$) (Рис.4).

Рисунок 5. Топограммы различий мощностей (1 проба vs 8 проба) альфа-ритма(слева) и низкочастотного бета-ритма(справа).



При сравнении первой и восьмой попыток RAVLT выявлена десинхронизация дельта-ритма в правом центральном отведении (Канал C4; RM-ANOVA: $F(4, 220) = 4.98$, $p < 0.001$; Holm: $p = 0.006$) и синхронизация альфа-ритма в фронтальном и центральном отведениях (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.81$, $p = 0.005$; Holm F4: $p = 0.025$; Holm C3: $p = 0.033$; Holm C4: $p = 0.025$; Holm Fz: $p = 0.015$) (Рис.5). Также была отмечена синхронизация низкочастотного бета-ритма в правом теменном отведении (Канал P4; RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.42$, $p = 0.010$; Holm: $p = 0.013$) и правом центральном отведении (Канал C4; RM-ANOVA: $F(4, 220) = 5.04$, $p < 0.001$; Holm: $p = 0.016$) (Рис.5). Также наблюдалась синхронизация высокочастотного бета-ритма в правом центральном отведении (Канал C4; RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.53$, $p = 0.008$; Holm: $p = 0.048$).

При сравнении пятой и седьмой попыток RAVLT обнаружена десинхронизация дельта-

ритма в левом темпоральном отведении Т8 (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 2.84$, $p = 0.025$; Holm Т8: $p = 0.039$), а также синхронизация низкочастотного бета-ритма в левом затылочном отведении О1 (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 3.60$, $p = 0.007$; Holm О1: $p = 0.031$). При сравнении седьмой и восьмой попыток RAVLT выявлена десинхронизация тета-ритма в центральном лобном отведении Fz (RM-ANOVA: $F(4, 220) = 2.68$, $p = 0.033$; Holm Fz: $p = 0.009$).

Обсуждение результатов

Полученные результаты демонстрируют специфическую динамику спектральных изменений ЭЭГ на различных этапах выполнения теста вербального обучения Рея, что позволяет уточнить нейрофизиологические механизмы, лежащие в основе кратковременного и долговременного запоминания, а также процессов интерференции и воспроизведения.

На этапе активного обучения (пробы 1–5) наблюдалось повышение альфа- и бета-активности в центральных и фронтальных отведениях, что согласуется с данными о вовлеченности этих ритмов в процессы семантической обработки материала [17]. Усиление низкочастотного и высокочастотного бета-ритма в правых фронтальных и центральных зонах может свидетельствовать о возрастающей когнитивной нагрузке и активации исполнительных функций, контролирующих удержание и переработку информации [6],[13]. Снижение дельта-активности в правых лобных и центральных отведениях отражает ослабление фокусировки внимания на задаче [14].

Появление десинхронизации дельта-ритма и синхронизации альфа- и бета-активности при предъявлении интерференционного списка (проба 6) указывает на актуализацию процессов когнитивного контроля и подавления нерелевантной информации. Эти изменения могут отражать попытку подавления ранее заученного материала и перераспределение когнитивных ресурсов для обработки новой информации, что согласуется с моделями ретроактивной интерференции [5],[11].

Возврат к воспроизведению первоначального списка (проба 7) сопровождался значительной альфа-синхронизацией в широком топографическом диапазоне (фронтальные, центральные, темпоральные и теменно-затылочные области), что, может быть связано с активацией механизмов поиска и актуализации ранее закодированной информации [6]. Сопутствующая синхронизация бета-ритма указывает на участие произвольного контроля, способствующего преодолению интерференции [12].

На этапе отсроченного воспроизведения (проба 8) сохраняется выраженная альфа- и бета-синхронизация, преимущественно в фронтальных, центральных и правых теменно-затылочных отведениях. Таким образом, синхронизация данных ритмов может являться маркером, визуализирующим актуализацию механизмов долговременного хранения и актуализации информации.

Также следует отметить роль десинхронизации тета-ритма в центральной фронтальной области при сравнении седьмой и восьмой проб. Это может свидетельствовать о снижении когнитивной нагрузки после успешной актуализации воспоминаний во время воспроизведения слов на седьмой пробе [9].

Заключение

Этапы теста вербального обучения Рея отражают не столько изолированные акты

запоминания, сколько последовательные фазы формирования, модификации и интеграции функциональных систем. Первоначальное предъявление списка А инициирует системогенез — формирование новой нейрональной организации, связанной с запоминанием материала. Повторные предъявления способствуют системной консолидации, в ходе которой новая система укрепляется и интегрируется в ранее существующую структуру опыта, что сопровождается увеличением воспроизведения усвоенных стимулов и стабилизацией когнитивной активности [11]. Данные этапы сопровождались повышением альфа- и бета-активности в фронтальных и центральных отделах, что отражает активную семантическую переработку и возрастающую когнитивную нагрузку. [6],[12]

Предъявление интерферирующего списка Б запускает механизм аккомодационной реконсолидации. Таким образом ранее сформированная система подвергается перестройке под влиянием новой информации. Возврат к первоначальному списку и воспроизведение стимулов после перерыва отражают устойчивость и гибкость памяти как системного образования. Эти этапы демонстрируют способность уже модифицированной системы к повторной актуализации, а также эффективность согласования старого и нового опыта. Данные этапы сопровождались десинхронизацией низкочастотных ритмов и синхронизацией альфа- и низкочастотного бета-ритма. Данные маркеры могут указывать на активацию механизмов произвольного контроля, следствием чего является успешное преодоление интерференционного воздействия списка Б. [11],[13]

Полученные данные подтверждают существующие теоретические представления о нейрофизиологических механизмах различных видов памяти и интерференции, а также расширяют их, указывая на динамическую и топическую перестройку корковой активности в зависимости от этапа RAVLT. Спектральный анализ ЭЭГ выявил значимую роль альфа- и бета-ритмов в осуществлении функции произвольного внимания, кодировании и актуализации информации, а также участие низкочастотных ритмов в процессах подавления нерелевантных стимулов и регуляции когнитивной нагрузки. Полученные данные дополняют представления о спектральной организации когнитивной активности и могут быть использованы как диагностические индикаторы состояния вербальной памяти, а также для разработки нейрореабилитационных программ для коррекции когнитивных нарушений.

Библиография

1. Созинов А. А., Диговцов Г. В., Лимонова О. О. Консолидация, реконсолидация памяти, угашение и забывание: обзор литературы // Российский психологический журнал. 2023. Т. 20. № 3. С. 131-156. DOI: 10.21702/rpj.2023.3.7. EDN: ENJUBJ.
2. Miller G. A. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information // Psychological Review. 1956. Vol. 63. № 2. P. 81-97.
3. Лимонова О. О., Диговцов Г. В. Особенности проявления памяти и её влияние на жизнь человека // Приоритетные научные направления: от теории к практике: сборник материалов XXXVIII Международной научно-практической конференции, Новосибирск, 28 апреля 2017 года. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, 2017. С. 88-91. EDN: YOLDQV.
4. Babiloni C., Vecchio F., Mirabella G. et al. Hippocampal, amygdala, and neocortical synchronization of theta rhythms is related to an immediate recall during Rey auditory verbal learning test // Hum Brain Mapp. 2009. Vol. 30. № 7. P. 2077-2089.
5. Аллахвердов М. В. Интерпретация интерференционных феноменов и теория "иронического" мышления Дэниела Вегнера // Петербургский психологический журнал.

2015. № 12. С. 16-37. EDN: VAAWBP.

6. Klimesch W. EEG-alpha rhythms and memory processes // International Journal of Psychophysiology. 1997. Vol. 26. № 1-3. P. 319-340.

7. Stipacek A., Grabner R. H., Neuper C., Fink A., Neubauer A. C. Sensitivity of human EEG alpha band desynchronization to different working memory components and increasing levels of memory load // Neuroscience Letters. 2003. Vol. 353. № 3. P. 193-196.

8. Nyhus E., Curran T. Functional role of gamma and theta oscillations in episodic memory // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2010. Vol. 34. № 7. P. 1023-1035. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2009.12.014. EDN: YPZMVS.

9. Johnson E. L., Yin Q., O'Hara N. B. et al. Dissociable oscillatory theta signatures of memory formation in the developing brain // Curr Biol. 2022. Vol. 32. № 7. P. 1457-1469.

10. Boonstra T. W., Powell T. Y., Mehrkanoon S., Breakspear M. Effects of mnemonic load on cortical activity during visual working memory: linking ongoing brain activity with evoked responses // Int J Psychophysiol. 2013. Vol. 89. № 3. P. 409-418.

11. Staudigl T., Hanslmayr S., Bäuml K. H. Theta oscillations reflect the dynamics of interference in episodic memory retrieval // J Neurosci. 2010. Vol. 30. № 34. P. 11356-11362.

12. Rodriguez-Larios J., Haegens S. Genuine beta bursts in human working memory: controlling for the influence of lower-frequency rhythms // BioRxiv. 2023.

13. Schmidt R. et al. Beta oscillations in working memory, executive control of movement and thought, and sensorimotor function // Journal of Neuroscience. 2019. T. 39. № 42. С. 8231-8238. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1163-19.2019. EDN: ISBHZS.

14. Harmony T. The functional significance of delta oscillations in cognitive processing // Frontiers in Integrative Neuroscience. 2013. T. 7. С. 83. DOI: 10.3389/fnint.2013.00083. EDN: SOIHMZ.

15. Алфимова М. В., Голимбет В. Е. Применение "Теста слухоречевой памяти Рея" у больных шизофренией: методические рекомендации. Москва: ГБУЗ "ПКБ № 1 ДЗМ", 2024. С. 29.

16. Vakil E., Blachstein H. Rey Auditory-Verbal Learning Test: structure analysis // J Clin Psychol. 1993. Vol. 49. № 6. P. 883-890. EDN: HIJLQX.

17. Rosenberg S. J., Ryan J. J., Prifitera A. Rey Auditory-Verbal Learning Test performance of patients with and without memory impairment // J Clin Psychol. 1984. Vol. 40. № 3. P. 785-787.

Результаты процедуры рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

На рецензирование представлена статья «Спектральная динамика электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении: анализ этапов теста Рея». Работа включает в себя вводную часть с определением цели и значимости исследования. Особое внимание уделено проведению теоретического обзора. Следующие разделы посвящены описанию методов и результатов исследования. Полученные данные представлены в виде рисунков и цифровых данных. Заканчивается статья обсуждением результатов.

Предмет исследования. Исследование направлено на выявление и характеристику динамики спектральных изменений электроэнцефалограммы (ЭЭГ) на различных этапах выполнения теста вербального обучения Рея.

Методологическая основа исследования.

В работе использованы методы теоретического анализа (литературный обзор), описано проведение и результаты эмпирического исследования. В исследовании приняли участие 60 испытуемых в возрасте от 18 до 44 лет. Участники не имели в анамнезе неврологических или психиатрических патологий и не принимали фармакологические препараты, способные оказывать влияние на когнитивные функции. В качестве экспериментальных стимулов использовалось два набора слов, каждый из которых включал в себя 15 слов. В качестве экспериментальной методики использовался тест вербального обучения Рея.

Анализ различий мощности между этапами вербального теста Рея (пробы 1, 5, 6, 7 и 8) проводился с использованием однофакторного дисперсионного анализа с повторными измерениями (RM-ANOVA) по каждому сочетанию канал-диапазон. В случае статистически значимого эффекта ANOVA ($p < 0.05$) применялась поправка Холма на множественные сравнения. Все сравнения проводились на уровне значимости $\alpha = 0.05$. Также осуществлялась визуализация топографических распределений мощности и статистической значимости с использованием топографических карт, отображающих логарифмированную мощность и уровни p -значений, полученных при попарных сравнениях.

Актуальность исследования. В статье актуальность и научная значимость исследования не обозначены.

Научная новизна исследования заключается в том, что полученные данные позволяют расширять понимание функциональной роли корковых ритмов и их топической организации когнитивных функций при выполнении сложных мнестических задач. В результате были уточнены нейрофизиологические механизмы, лежащие в основе кратковременного и долговременного запоминания, а также процессы интерференции и воспроизведения.

Стиль, структура, содержание. Стиль изложения соответствует публикациям такого уровня. Язык работы научный. Структура работы прослеживается, автором выделены основные смысловые части. Логика в работе имеется. Содержание статьи отвечает требованиям, предъявляемым к работам такого уровня. Объем работы небольшой, но достаточный для того, чтобы раскрыть предмет исследования.

Библиография. Библиография статьи включает в себя 16 отечественных и зарубежных источников, незначительное количество которых издано за последние три года. В список включены, в основном, статьи и тезисы, а также методические рекомендации. Источники не во всех позициях оформлены корректно и однородно. Так, не во всех литературных источниках есть указание на номер номера и количество страниц/диапазон страниц (например, в номерах 11,13,14).

Апелляция к оппонентам.

Рекомендации: 1). Оформить введение с выделением актуальности и научной значимости, а также задач и методологической основы исследования.

2). Оформить заключение, в котором представить подробные и аргументированные выводы по результатам проведенного исследования.

Выводы. Проблематика затронутой темы отличается несомненной актуальностью, теоретической и практической ценностью. Статья будет интересна специалистам, которые занимаются проблемами вербального обучения. Вопрос рассматривается через призму рассмотрения спектральных изменений электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении. Автором был представлен анализ этапов теста Рея. Статья может быть рекомендована к опубликованию. Однако важно учесть выделенные рекомендации и внести соответствующие изменения. Это позволит представить в редакцию научно-методическую и научно-исследовательскую работу, отличающуюся научной новизной и практической значимостью.

Результаты процедуры повторного рецензирования статьи

В связи с политикой двойного слепого рецензирования личность рецензента не раскрывается.

Со списком рецензентов издательства можно ознакомиться [здесь](#).

Предметом исследования в представленной статье является спектральная динамика электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении на примере анализа этапов теста Рея.

В качестве методологии предметной области исследования в данной статье были использованы дескриптивный метод, метод категоризации, метод анализа, экспериментальный метод, метод сравнения, а также, как отмечается в статье, «в качестве экспериментальной методики использовался тест вербального обучения Рея. RAVLT — это классический тест для оценки слухоречевой (вербальной) памяти и процессов запоминания», были применены «методы Вэлча с применением окна Ханна», «однофакторный дисперсионный анализ с повторными измерениями (RM-ANOVA)», топографические карты и необходимые приборы, оборудование, программные системы (энцефалограф Мицар 202, «среда Python с использованием библиотек MNE-Python, SciPy и StatsModels»).

Актуальность статьи не вызывает сомнения, поскольку спектральная динамика электроэнцефалограммы (далее - ЭЭГ) дает широкие возможности для исследования процессов при осуществлении вербального обучения, прежде всего, связанных с нейрофизиологией памяти и когнитивным контролем. Их изучение имеет важное значение не только в сфере исследовательского поиска, но и для решения многих практических задач. В этих контекстах исследование спектральной динамики электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении на примере анализа этапов теста Рея представляет научный интерес в сообществе ученых.

Научная новизна статьи заключается в проведении по авторской методике исследования, направленного на изучение спектральной динамики электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении на примере анализа этапов теста Рея. В исследовании приняли участие 60 человек без неврологических или психиатрических патологий, возраст испытуемых составил диапазон от 18 до 44 лет.

Статья написана языком научного стиля с применением в тексте исследования изложения научных позиций различных ученых по изучаемой проблеме и научной терминологии и дефиниций, характеризующих предмет исследования, а подробным описанием основных этапов исследования и наглядной демонстрацией результатов исследования.

Структуру статьи можно считать выдержанной с учетом основных требований, предъявляемых к написанию научных статей. В структуре данного исследования представлены такие элементы, как введение, методы, результаты, обсуждение результатов, заключение и библиография.

Содержание статьи отражает ее структуру. В частности, особую ценность представляет выявленные в ходе исследования и отмеченные тенденции, наглядно представленные на рисунках 1-5, а также подробно описанные в результатах исследования.

Библиография содержит только 17 источников, включающих в себя отечественные и зарубежные периодические и неперіодические издания.

В статье приводится описание научных подходов, характеризующих особенности спектральной динамики электроэнцефалографических ритмов при вербальном обучении на примере анализа этапов теста Рея. В статье содержится апелляция к различным

научным трудам и источникам, посвященным этой тематике, которая входит в круг научных интересов исследователей, занимающихся указанной проблематикой.

В представленном исследовании содержатся выводы, представленные в заключении, касающийся предметной области исследования. В частности, отмечается, что полученные в исследовании данные нашли свое подтверждение в уже имеющихся теоретических представлениях «о нейрофизиологических механизмах различных видов памяти и интерференции, а также расширяют их, указывая на динамическую и топическую перестройку корковой активности в зависимости от этапа RAVLT».

Материалы данного исследования рассчитаны на широкий круг читательской аудитории, они могут быть интересны и использованы учеными в научных целях, педагогическими работниками в образовательном процессе, психологами, нейропсихологами, медицинскими работниками, консультантами, аналитиками и экспертами.

В качестве недостатков данного исследования следует отметить, то, что при оформлении рисунков необходимо обратить внимание на требования действующего ГОСТа, оформить их в соответствии с этими требованиями. Целесообразно было бы сформулировать более подробные выводы по проведенному исследованию, а не ограничиваться только кратким заключением. Указанные недостатки не снижают научную и практическую значимость самого исследования, а скорее, относятся к особенностям изложения и оформления текста статьи. С учетом незначительности указанных замечаний и, конечно же, после их устранения, несомненно, рукопись рекомендуется опубликовать.