

УДК 612.822.3

**ЧАСТОТНА СТРУКТУРА ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМИ ЛЮДИНИ
ПІД ЧАС ЗАПАМ'ЯТОВУВАННЯ ВЕРБАЛЬНОЇ ІНФОРМАЦІЇ****Крижановський С. А., Тукаєв С. В., Піскорська Н. Г., Чернінський А. О., Зима І. Г., Макарчук М. Ю.***Київський національний університет імені Тараса Шевченка, біологічний факультет
e-mai:l lab@psylab.kiev.ua*

Надійшла до редакції 16.01.2010

Метою роботи було встановлення діапазону частот, що визначає зміни класичних низькочастотних діапазонів ЕЕГ-спектру при виконанні тестів на короткочасну пам'ять. Проведено аналіз змін густини спектральної потужності усіх частот в діапазоні 0,2-25 Гц (крок 0,2 Гц) під час виконання простої сенсомоторної реакції та тесту на короткочасну пам'ять. Співставлення отриманих даних показало, що активованість мнемонічних процесів пов'язана зі зменшенням густини спектральної потужності ЕЕГ-частот від 6,5 до 10,5 Гц, що не співпадає з рамками традиційних діапазонів.

Ключові слова: ЕЕГ, частотні діапазони, пам'ять, сенсомоторна реакція.

ВСТУП

В сучасних дослідженнях когнітивної діяльності людини поширеним і досить результативним є пошук окремих ритмічних компонентів електроенцефалограми, що могли б слугувати індикаторами стану тих або інших мозкових функцій. Як вказують в своїх роботах G. Buzsáki [7] та W. Klimesch [11], в рамках таких досліджень найчастіше застосовують методи фрагментації базових частотних діапазонів ЕЕГ з подальшим аналізом динаміки їх потужнісних характеристик за різних умов. Використання такого способу аналізу дозволило Краусе та співавторам [14] виявити неідентичність динаміки низькочастотних (8-10 Гц) та високочастотних (10-12 Гц) компонентів α -діапазону при активації короткочасної пам'яті. Ці ідеї розвинув у своїх роботах W. Klimesch, обгрунтувавши три базових положення про зв'язок компонентів ЕЕГ-спектру з когнітивними процесами: десинхронізація низькочастотного α -діапазону відбиває стан направленої уваги, високочастотного – реалізацію процесів семантичної пам'яті, а синхронізація у θ -діапазоні пов'язана з епізодичною пам'яттю та кодуванням нової інформації [11]. З іншого боку, М. Н. Русаловою [5] було виявлено залежність частоти домінуючого α -ритму від мотиваційно-емоційного фону діяльності – а такі перебудови обов'язково відбиваються на співвідношенні потужностей окремих діапазонів. В межах γ -діапазону було виявлено частотно-специфічні реакції, що відображають стан функції уваги [1].

Отже, можна констатувати, що функціональна гетерогенність класичних діапазонів є доведеною, і тепер доцільно вести пошук окремих складових частотного спектру ЕЕГ саме в цьому напрямку. На

нашу думку, більшість підходів до такого пошуку мають два суттєвих недоліки. По-перше, дослідники спочатку виділяють окремі піддіапазони, а потім вже розглядають їх функціональні особливості. Причому таке виділення, як правило, не має фізіологічного обгрунтування: наприклад, діапазон просто розділяють на дві рівні частини (α_1 – 8-10 Гц, α_2 – 10-13 Гц) [14, 17]. Іноді виділяють більше частин [11, 13], але у будь-якому разі межі кожного з таких нових піддіапазонів нічим не обгрунтовуються. Другою проблемою є те, що самі класичні діапазони ЕЕГ були виділені за принципами, не пов'язаними зі станом когнітивних функцій. Це частотні смуги, в межах яких у більшості людей спостерігається виражений специфічний ритм з відносно ідентичними амплітудно-часовими характеристиками у певному функціональному стані: спокої, активної діяльності, на різних фазах сну [7]. Тобто спосіб, у який виділялись рамки таких діапазонів, також не має прямого відношення до тих завдань, для яких вони зараз використовуються.

На нашу думку, вказану проблему можна вирішити, виділивши частотні діапазони ЕЕГ за іншим принципом – узгодженою реактивністю суміжних частот у відповідь на актуалізацію певної функції: направленої уваги, короткочасної пам'яті, орієнтувальної реакції тощо. Для цього оцінку пов'язаних з подією змін необхідно проводити окремо для кожної частоти спектру ЕЕГ з мінімальним кроком, що дозволяє отримати Фур'є-перетворення для запису даної тривалості. Цього можна досягти, використовуючи спектральну густину потужності усіх виділених частот ЕЕГ-спектру. На актуальність проведення подібного аналізу вказують у своїй статті А. Я. Каплан зі співавторами [4], із застосуванням

таких підходів описано частотні смуги, що можуть бути маркерами помилкових та правильних реакцій [8] і емоційних станів [2] у людини.

У даному дослідженні ми мали за мету виділення діапазону частот, що визначає зміни низькочастотних складових ЕЕГ-спектру при виконанні тестів на короткочасну пам'ять. Нами було обрано тест на запам'ятовування вербальної інформації, оскільки існують досить переконливі дані щодо існування низькочастотних ЕЕГ-корелятив процесів запам'ятовування слів [11], однак, незважаючи на високу популярність цієї проблеми в науковій літературі, сама структура та механізми даного зв'язку залишаються розкритими не до кінця. Зрозуміло, що виконання цього тесту супроводжується не тільки залученням мнемонічних процесів, але й неспецифічною активацією та посиленням довільної уваги. Тому, з метою виділення патернів ЕЕГ, що безпосередньо не пов'язані з запам'ятовуванням вербальної інформації, нами було застосовано методику виконання простої (автоматизованої) аудіомоторної реакції [1].

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У дослідженні як обстежувані взяли участь 48 добровольців – студентів Київського національного університету віком від 18 до 22 років, обох статей. Згідно самозвіту, всі волонтери були праворукими. Під час обстеження вони знаходились у затемненій звукоізолюваній камері у кріслі в зручному положенні напівлежачи із заплющеними очима. Було проведено дві окремі серії обстежень з реєстрацією ЕЕГ: під час тестування об'єму короткочасної пам'яті ($n=27$) та при виконанні простої аудіомоторної реакції ($n=21$).

В першій серії обстежень на початку протягом трьох хвилин записували ЕЕГ обстежуваних у вихідному стані спокою (запис проводили щохвилини у вигляді 20-секундних проб). Далі через мікрофон подавалася інструкція: “Ви маєте запам'ятовувати продиктовані слова і повторювати їх вголос після відповідної команди”, після чого починалося тестування. Усі використані в тесті слова містили малу кількість складів (один або два), були іменниками у називному відмінку однини і позначали конкретні предмети. В кожній пробі пред'являлось 10 слів у темпі 1 слово за 2 с, слова в різних пробах не повторювались. Тест на об'єм короткочасної пам'яті виконувався п'ять разів і складався з послідовних етапів: запам'ятовування слів (етап “запам'ятовування”, 20 с), утримання слів у пам'яті (етап “утримання”, 20 с), повторення слів, що вдалося запам'ятати (7-15 с). Між окремими виконаннями тесту робилась пауза тривалістю 20 с (етап “пауза”).

Під час повторення обстежуваним слів ЕЕГ не записували через численні артефакти, на всіх інших етапах реєстрували ЕЕГ у вигляді окремих 20-секундних проб.

У другій серії обстежень на початку досліджу також протягом трьох хвилин записували щохвилини проби ЕЕГ у стані спокою. Далі кожен обстежуваний отримував інструкцію: “У відповідь на звуковий сигнал якнайшвидше натискайте на клавішу великим пальцем правої руки”, після чого починалось виконання тесту. В якості сигналу використовували звуковий тон (1000 Гц, 60 Дб), інтервали між стимулами становили 3 ± 1 с. Виконання аудіомоторної реакції тривало 5 хвилин, причому запис ЕЕГ здійснювали щохвилини. Всі записані проби ЕЕГ мали тривалість 20 с.

Реєстрацію та первинний аналіз ЕЕГ проводили за допомогою електроенцефалографічного комплексу EEG-16S (Медікор, Угорщина) – IBM PC AT. ЕЕГ реєстрували від симетричних лобних (F3, F4), тім'яних (P3, P4), потиличних (O1, O2) та скроневих (T3, T4) відведень за міжнародною схемою 10-20 %. У якості референтного використовували об'єднаний вушний електрод. Частота дискретизації сигналу становила 100 Гц. Після видалення артефактних фрагментів аналіз спектрального складу окремих реалізацій ЕЕГ проводили за допомогою швидкого перетворення Фур'є (епоха аналізу 5,12 с, перекриття епох – 50 %). Отримані значення спектральної густини потужності (СГП, $\text{мкВ}^2/\text{Гц}$) [16] усіх частот від 4 Гц до 25 Гц із кроком 0,2 Гц (4 Гц, 4,2 Гц, 4,4 Гц і т.д.) усереднювали для однотипних реалізацій ЕЕГ. Результати усереднень підлягали статистичному порівнянню з використанням рангового критерію Вілкоксона; як значущі розглядали відмінності, для яких $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як і слід було очікувати, виходячи з наведених вище літературних даних [11, 14], активне усвідомлене запам'ятовування слів в наших дослідках супроводжувалось вираженням зниженням потужності низькочастотних компонентів ЕЕГ-спектру. Аналіз змін СГП ЕЕГ-спектру показав, що частотні рамки цієї реакції не співпадають із загальноприйнятими рамками α -діапазону – 8-13 Гц. Переважна більшість значущих змін для всіх відведень стосувалась інтервалу від 6,5 до 10,5 Гц. Найбільш виразні та однозначні кореляти процесів запам'ятовування реєструвались у симетричних потиличних ділянках неокортексу: тут на всіх частотах вказаного діапазону (6,5-10,5 Гц) реєструвалось значуще зниження СГП (Рис. 1, а).

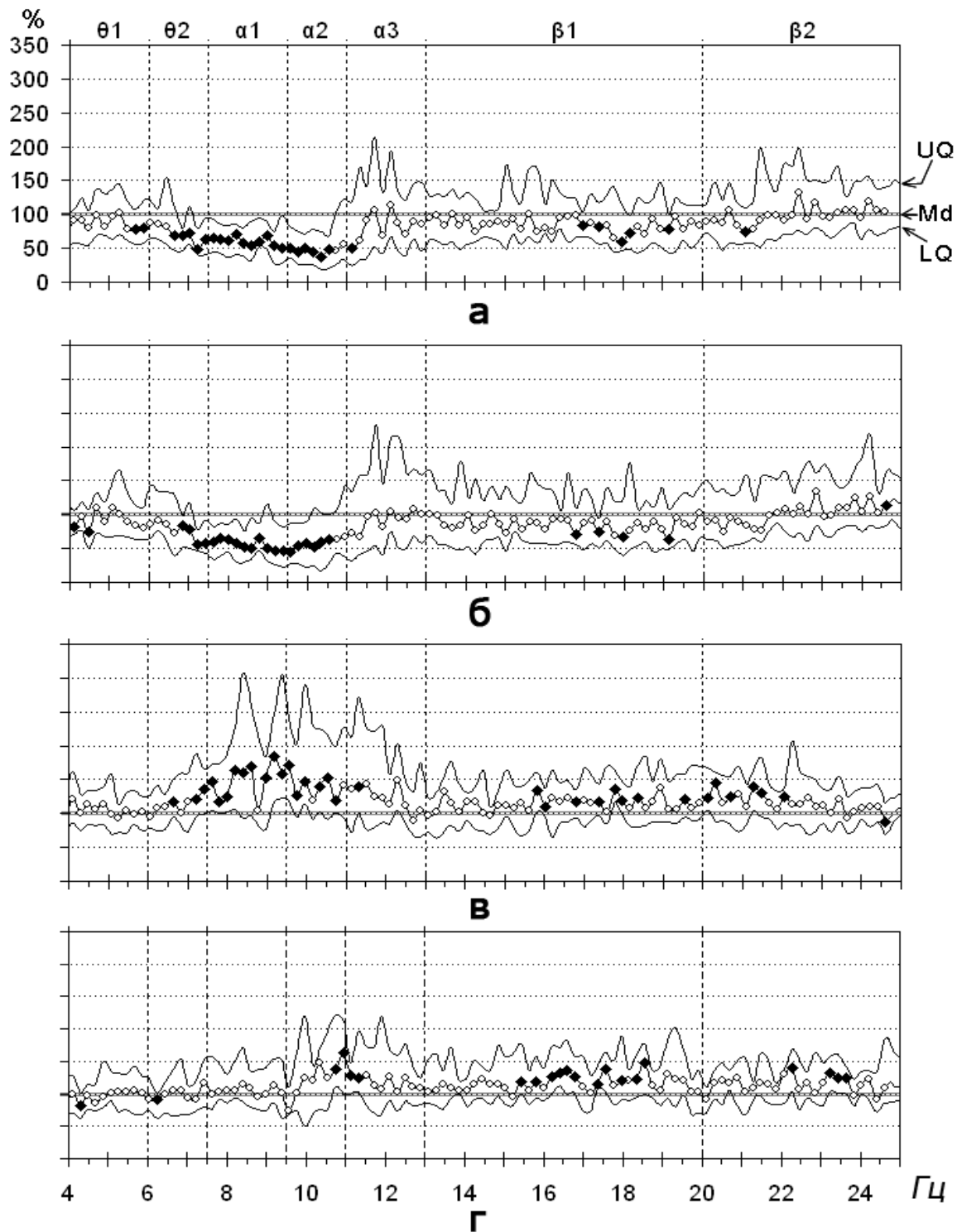


Рис. 1. Зміни густини спектральної потужності різних частот ЕЕГ (крок 0,2 Гц) у відведенні О1 під час запам'ятовування слів (а) і утримання їх у пам'яті (б) відносно вихідного фону, паузи після виконання тесту відносно стану уримання слів у пам'яті (в), виконання простої аудіомоторної реакції відносно вихідного фону (г): UQ – верхня квартиль, LQ – нижня квартиль, Md – медіана, ◆— значуща відмінність від 100 % ($p < 0,05$), ◊— відсутність змін.

У симетричних скроневих та тім'яних зонах в діапазоні 6,5-10,5 Гц спостерігалась значуща депресія СГП більшості, але не всіх, частот. У лобних відведеннях значущі зміни взагалі носили поодинокий характер. На нашу думку, такі топографічні особливості вказують на те, що описана ЕЕГ-реакція розвивалась саме в потиличних ділянках неокортексу,

а в інших відведеннях отримані зміни носили, очевидно, вторинний характер або були відсутні зовсім. Виходячи з цього, ми навели в якості ілюстративного матеріалу дані по лівій потиличній ділянці (відведення О1) (Рис. 1). Підкреслимо, що повністю аналогічні реакції реєструвались і в симетричній ділянці О2.

Крім описаної генералізованої депресії на частотах 6,5-10,5 Гц у тім'яно-потиличних зонах неокортексу, нами було відмічено поодинокі, але значущі зміни в інших зонах та для інших складових спектру ЕЕГ. Зокрема, у фронтальних ділянках реєструвалось зниження СГП вузької частотної смуги 9,0-9,6 Гц ($p < 0,05$). В окципітальних відведеннях під час запам'ятовування розвивалась депресія окремих частот, що відповідали β -діапазону (Рис. 1, а).

Наступним етапом в тесті було утримання інформації в пам'яті: протягом 20 с людина мала не забути почуті слова. Характер динаміки мозкової активності у цей час є дуже важливим для розуміння функціонального значення описаної вище реакції. З одного боку, в цей час у обстежуваного залишаються активованими механізми короткочасної пам'яті. З іншого – при цьому значно послаблюються процеси направленої уваги, пов'язані з відстежуванням зовнішніх релевантних стимулів, оскільки вихідна установка змінюється з “слухати і запам'ятовувати” на “утримувати інформацію в пам'яті”. Як вказує Д. Канеман [3], в цей час відбувається значне зростання концентрації уваги на внутрішній психічній діяльності. Таким чином, згадані два етапи тестування є нерівнозначними за ступенем залучення уваги. До того ж процеси уваги, як і процеси пам'яті, також можуть помітно видозмінювати спектрально-потужнісні характеристики ЕЕГ-сигналу [1, 9, 11]. Отже, дуже важливо розділити прояви цих двох когнітивних функцій і з'ясувати, яка з них робить більший внесок у розвиток описаної нами реакції.

Виявилось, що послаблення направленої уваги (тобто перехід до утримання інформації в пам'яті) не викликало помітних змін у діапазоні 6,5-10,5 Гц: картина депресії СГП відносно вихідного стану спокою залишалась такою ж, як і при запам'ятовуванні. Ця реакція також була максимальною в потиличних відведеннях, у дещо послабленому вигляді спостерігалась у скроневих та тім'яних зонах кори, а лобні ділянки зовсім не демонстрували таких змін. У відведенні О1, як показано на малюнку, відбувалось значуще зниження СГП усіх частот від 6,5 до 10,5 Гц (Рис. 1, б). Крім того, співставлення між собою спектрограм ЕЕГ під час запам'ятовування та утримання інформації в пам'яті не виявило відмінностей між цими двома станами. Таким чином, описана нами депресія в діапазоні 6,5-10,5 Гц не залежала від характеру реалізації функції уваги.

Пауза після роботи з тестом характеризувалась протилежною картиною змін: на більшості частот діапазону 6,5-10,5 Гц реєструвалось значуще збільшення СГП, і аналогічні зміни відбувались в межах β -діапазону (Рис. 1, в). Останній факт, на нашу думку, вказує на те, що пауза між тестами супроводжувалась певними елементами внутрішньої психічної діяльності (наприклад, внутрішня мова), що й викликало певне зростання рівня активації. З іншого боку, відомо, що експресія низькочастотних

компонентів α -діапазону пов'язана з процесами релаксації та нормалізації стану нейронів кори [7]. Виходячи з цього, можна припустити, що в цей час відбувалось відновлення вихідного функціонального стану неокортексу, і зокрема – встановлення потужності низькочастотних компонентів ритмічної активності мозку на рівні, характерному для стану спокою. Таким чином, викликані тестом зміни не носили тривалого, тонічного характеру. Це дає нам право зробити висновок, що вони не пов'язані виключно з роботою неспецифічних активуючих систем мозку (як це може здатися з класичних поглядів про α -активність як індикатор рівня функціонального стану неокортексу [7]) і певною мірою відображають роботу структур, відповідальних за організацію короткочасної пам'яті.

Однак загальновідомо, що неспецифічні активаційні процеси є компонентами будь-якої когнітивної діяльності. Тому виникла необхідність окремо розглянути їх зв'язок з динамікою потужності виділеного нами частотного діапазону. Для цього ми використали результати другої серії досліджень, в якій обстежувані виконували просту аудіомоторну реакцію протягом такого ж часу, що й у тесті на короткочасну пам'ять – 5 хвилин. Цей тип діяльності не потребує залучення мнестичних механізмів і в той же час, безперечно, супроводжується ростом тону неспецифічних активаційних структур головного мозку.

Виявилось, що в усіх ділянках неокортексу у діапазоні 6,5-10,5 Гц виконання даного тесту не викликало жодних значущих змін. Зокрема, у лівому потиличному відведенні (Рис. 1, г) функціональні перебудови стосувались переважно β -діапазону, а саме – частот у смузі 15,5-18,5 Гц, в якій реєструвалось значуще зростання СГП 11 з 17 частот. Це цілком закономірно, оскільки загальновідомо, що значне напруження завжди супроводжується експресією β -діапазону ЕЕГ [7]. Іншим цікавим феноменом стало зростання СГП коливань частотою біля 11 Гц (Рис. 1, г). Спираючись на дані Русалової [5], можна припустити, що в ході роботи у обстежуваних змінювався емоційний фон переживань, що обумовлювалось, очевидно, специфікою виконуваної діяльності. На можливість розвитку певного емоційного напруження вказує і зростання СГП у ділянці 22-24 Гц (Рис. 1, г), оскільки існують дані про зв'язок експресії високочастотних складових β -діапазону з емоційною активацією [6]. І, нарешті, показано, що для цілого ряду частот β -діапазону (13, 14, 15, та 17 Гц) характерне зростання вираженості під час виникнення у людини, що працює, помилкових реакцій [8].

Якщо співставити спектральні ЕЕГ-патерни, характерні для запам'ятовування слів (Рис. 1, а) та для виконання сенсомоторної реакції (Рис. 1, г), стає очевидним, що виявлена під час запам'ятовування депресія діапазону 6,5-10,5 Гц безпосередньо не пов'язана з неспецифічними активаційними

процесами, оскільки в такому випадку вона мала б рееструватись в обох серіях досліджень.

Таким чином, в даній роботі нам вдалося визначили межі частотного діапазону, зміни в якому обумовлюються активацією короткочасної пам'яті. Виявилось, що ці межі не співпадають з рамками традиційних діапазонів [7]. Фактично, отриманий діапазон одночасно входить і в θ -, і в α -діапазони ЕЕГ, які традиційно розглядають як різні за походженням та функціональним значенням. Отже, можна сказати, що в окремих випадках виділення цілісного діапазону частот для діагностики швидких змін когнітивних процесів може бути більш інформативним, ніж аналіз змін спектральної потужності із застосуванням класичних ЕЕГ-діапазонів.

Крім наведених висновків, продемонстровані в дослідженні факти викликають ряд важливих запитань. Так, ми фактично виявили депресію частини θ -діапазону під час запам'ятовування слів. В той же час існують дані про те, що процеси кодування нової інформації супроводжуються зокрема зростанням θ -активності в результаті посилення кортико-гіпокамальної взаємодії [11]. Отже, можна припустити, що описані в даній роботі реакції не пов'язані напряму з діяльністю θ -систем гіпокампу. На користь цього говорить і їх локалізація, адже у фронтальних зонах було виявлено найменшу кількість змін.

Залишається також не до кінця зрозумілим, чому найбільш виражені та генералізовані зміни рееструвались саме у потиличних відведеннях, фактично – в межах первинної зорової кори? Ця особливість потребує окремого вивчення, однак можна припустити, що в даному випадку топографія змін обумовлена характером стимульного матеріалу. Нагадаємо, що в тесті були використані слова, що позначають конкретні поняття. Згідно самозвітів обстежуваних, одна із стратегій, використаних ними для запам'ятовування, полягала в уявленні цілісних зорових образів, що включали в себе зображення, пов'язані з окремими почутими словами. Отже, виявлена нами реакція може відбивати специфічну активацію зорової кори як функціонального компонента системи короткочасної пам'яті.

Таке припущення частково підтверджується даними літератури: так, Grace Hwang із співавторами [10] показали, що існують виражені відмінності у потужнісних ЕЕГ-корелятах запам'ятовування вербальної та невербальної інформації. Крім того, специфіка семантичної структури слів, що запам'ятовуються, також впливає на характер викликаних ЕЕГ-паттернів [12]. Іще одним аргументом на користь нашого припущення можуть бути результати кореляційного аналізу ЕЕГ- та фМРТ-показників, згідно яких потужнісні характеристики α -діапазону відбивають не стільки функціональний стан мозку в цілому, скільки активність окремих мозкових ділянок, включених до діючих функціональних систем [15].

Виходячи з цього, в подальших дослідженнях необхідно в першу чергу зосередити увагу на аналізі взаємодії різних ділянок неокортексу в межах діапазону 6,5-10,5 Гц, що допоможе встановити мозковий субстрат ритмічної активності на цих частотах, та, можливо, з'ясувати їх роль для мнемонічних процесів.

ВИСНОВКИ

1. Запам'ятовування слів, що сприймаються на слух, супроводжується зниженням в потиличних ділянках неокортексу спектральної густини потужності ЕЕГ-частот в діапазоні 6,5-10,5 Гц. Дана реакція триває протягом виконання тесту на запам'ятовування і зникає після його закінчення.

2. Виконання іншого тесту, не пов'язаного із запам'ятовуванням вербальної інформації (проста сенсомоторна реакція), не викликає змін густини спектральної потужності частот діапазону 6,5-10,5 Гц.

3. Отримані результати дозволяють припустити, що депресія потужності коливань в діапазоні 6,5-10,5 Гц обумовлюються активацією механізмів короткочасної пам'яті.

Література

1. Данилова Н. Н. Частотная специфичность осцилляторов гамма-ритма. // Российский психологический журнал. – 2006. – Т. 3, №2. – С. 35-60.
2. Ильющенок И. Р., Савостьянов А. Н., Валеев Р. Г. Динамика спектральных характеристик тета- и альфа-диапазонов ЭЭГ при негативной эмоциональной реакции // Журн. высш. нервн. деятельности. – 2001. – Т. 51, № 5. – С. 563-571.
3. Канеман Д. Внимание и усилие – М.: Смисл, 2006. – 287 с.
4. Каплан А. Я., Борисов С. В., Шишкин С. Л., Ермолаев В. А. Анализ сегментной структуры α -активности ЭЭГ человека // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. – 2002. – Т. 88, № 4. – С. 432-442.
5. Русалова М. Н. Функциональная асимметрия мозга: эмоции и активация. // Успехи физиологических наук. – 2003. – Т. 34., № 5. – С. 93-112.
6. Стрелец В. Б., Голикова Ж. В., Новотоцкий-Власов В. Ю., Салманов П. Л., Самко Н. Н. Исследование уровня внутрикоркового взаимодействия в β 2-диапазоне при экзамена-ционном стрессе // Журн. высш. нервн. деятельности. – 2002. – Т 52, № 4. – С. 417-427.
7. Buzsáki G. Rhythms of the brain –Oxford University Press, 2006. – 448 p.
8. Fernandez T., Harmony T., Silva-Pereyra J. Specific EEG frequencies at specific brain areas and performance // Neuroreport. – 2000. – Vol. 11, № 12. – P. 2663-2668.
9. Harry W. Cole, William J. Ray EEG correlates of emotional tasks related to attentional demands // International Journal of Psychophysiology. – 1985. – № 3. – P. 33-41.
10. Hwang G., Jacobs J., Geller A., Dankerl J., Sekulerl R., Kahana M. J. EEG correlates of verbal and nonverbal working memory // Behavioral and Brain Functions. – 2005. – № 1. – P. 20-26.
11. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis // Brain Research Reviews. – 1999. – Vol. 29. – P. 169-195.

12. Klimesch W., Doppelmayr M., Pachinger T., Russegger H. Event-related desynchronization in the alpha band and the processing of semantic information // *Cognitive Brain Research*. – 1997. – Vol. 6, № 2. – P. 83-94.
13. Knyazev G. G., Savostyanov A. N., Levin E. A. Alpha synchronization and anxiety: implications for inhibition vs alertness hypotheses // *International Journal of Psychophysiology*. 2006. – Vol. 59, № 2. – P. 151-158.
14. Krause C., Lang H., Laine M, Kuusisto M, Pörn B. Cortical processing of vowels and tones as measured by event-related desynchronization // *Brain Topography*. – 1995. – Vol. 8, № 1. – P. 47-56.
15. Laufs H., Krakow K., Sterzer P., Eger E., Beyerle A., Salek-Haddadi A., Kleinschmidt A. Electroencephalographic signatures of attentional and cognitive default modes in spontaneous brain activity fluctuations at rest // *PNAS*. – 2003. – Vol. 100, № 19. – P. 11053–11058.
16. Niedermeyer E., da Silva F. L. *Electroencephalography* – Lippincott Williams & Wilkins, 2005. – 1309 p.
17. Srinivasan N. Cognitive neuroscience of creativity: EEG based approaches // *Methods*. – 2007. – Vol. 42. – P. 109–116.

ЧАСТОТНАЯ СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ЗАПОМИНАНИИ ВЕРБАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Крижановский С. А., Тукаев С. В., Пискорская Н. Г., Чернинский А. А., Зима И. Г., Макаrchук М. Е.

Целью работы было выделение диапазона частот, определяющего изменения низкочастотных составляющих ЭЭГ-спектра при выполнении тестов на кратковременную память. Проведен анализ изменений плотности спектральной мощности всех частот в диапазоне 0,2-25 Гц (шаг 0,2 Гц) во время выполнения простой сенсомоторной реакции и теста на кратковременную память. Сопоставление полученных данных показало, что активированность мнемонических процессов связана с уменьшением плотности спектральной мощности всех ЭЭГ-частот от 6,5 до 10,5 Гц, что не совпадает с рамками традиционных диапазонов.

Ключевые слова: ЭЭГ, частотные диапазоны, память, сенсомоторная реакция.

SHORT-TERM MEMORY PROCESSES REFLECTION IN THE HUMAN EEG FREQUENCY STRUCTURE

Kryzhanovskiy S., Tukaev S., Piskorska N., Cherninskyj A., Zyma I., Makarchuk M.

It is the purpose of the present article to find the frequency band, which determines the short-term memory specified low-frequency EEG desynchronization. Spectral power density dynamics during the performance of simple reaction task and short-term memory test were analyzed. The received data show, that mnemonic processes have the effect on all EEG-frequencies power in 6,5 - 10,5 Hz band, that does not correspond to the traditional EEG bands.

Key words: EEG, frequency band, memory, sensomotor reaction.
