

УДК 612.822.3

ЭЭГ-КОРРЕЛЯТЫ ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО И НЕЦЕЛЕНАПРАВЛЕННОГО МЕНТАЛЬНОГО ВНИМАНИЯ ПРИ НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

© 2020 г. Ю. А. Бойцова¹ *, С. Г. Данько¹, М. Л. Соловьева¹

¹ФГБУН Институт мозга человека имени Н.П. Бехтеревой РАН,
Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: Boytsova.ihb@gmail.com

Поступила в редакцию 12.01.2019 г.

После доработки 25.05.2019 г.

Принята к публикации 03.09.2019 г.

Данная работа продолжает исследования ЭЭГ-коррелят внешне направленного, сенсорного и внутренне направленного, ментального внимания. Задания с доминированием целенаправленного сенсорного внимания и целенаправленного ментального внимания предъявлялись в нестационарном режиме — блоками по 80 или 40 проб. Каждая проба содержала 2 вида стимулов: зрительно предъявляемые слова конкретизировали варианты заданий, предъявление изображений или пустого экрана сигнализировало начало интервалов запоминания или вспоминания, воображения. К заданиям с доминированием ментального внимания в качестве контрольного предъявлялся блок, содержащий аналогичные пробы (слова и пустой экран), но от испытуемых не требовалось выполнения каких-либо заданий, испытуемые пассивно наблюдали irrelevantные зрительные стимулы (нецеленаправленное ментальное внимание). В работе показано, что при нестационарном режиме исследования нецеленаправленное ментальное внимание характеризуется специфическим паттерном ЭЭГ, который отличается как от паттерна в состоянии покоя (ГО), так и от паттернов при выполнении когнитивных заданий при целенаправленном ментальном внимании и при целенаправленном сенсорном внимании. Многократное повторение зрительных стимулов при нестационарном режиме исследования ментального внимания, оказывает маскирующее воздействие на динамику синхронизации ЭЭГ в α_2 -диапазоне. Этот маскирующий эффект проявляется только в случае целенаправленного ментального внимания (когда ментальные задания запускаются релевантными сенсорными стимулами), но не проявляется, если такие стимулы irrelevantны, т.е. в случае нецеленаправленного ментального внимания. Также выявлен возможный признак, специфический для целенаправленного образного ментального внимания — это различная направленность изменений мощности ЭЭГ высокочастотных диапазонов (β_2 и γ) в передних и задних зонах коры.

Ключевые слова: ЭЭГ, целенаправленное и нецеленаправленное внимание, сенсорное и ментальное внимание.

DOI: 10.31857/S013116462001004X

В психофизиологической литературе [1] выделяется три вида внимания — сенсорное, моторное и ментальное, при этом термин “ментальное внимание” используется для внимания, которое обеспечивает контроль процесса мышления на основе целеполагания. Термины “ментальное” и “сенсорное” внимание могут быть также сопоставлены с терминами “интеллектуальное” и “перцептивное” внимание, используемыми в психологической литературе [2, 3], где “интеллектуальное внимание” поведенчески определяется как внимание в отсутствии внешних воздействий.

В данной работе, при нестационарном режиме, задания на сенсорное или ментальное внима-

ние выполнялись испытуемыми на относительно коротких интервалах времени (до 5 с), при многократном предъявлении различных вариантов этих когнитивных заданий (различных проб), как обычно имеет место при исследованиях вызванной ЭЭГ-активности. При этом, под стационарным режимом исследования понимают режим выполнения заданий на длительных промежутках времени (до 3 мин), когда испытуемые имеют возможность “погрузиться” во внутренние процессы.

Ранее были представлены данные [4], показывающие, что нестационарный режим исследования существенно влияет на ЭЭГ-корреляты внутренне ориентированного ментального внимания,

если сравнивать их с коррелятами, получаемыми при стационарном режиме исследований [5]. Было высказано предположение, что при нестационарном режиме исследования, ЭЭГ-корреляты ментального внимания частично маскируются коррелятами внешнего внимания, необходимого для “считывания” информации, конкретизирующей предъявляемые когнитивные задания.

В данном сообщении ранее опубликованные данные [4] дополнены результатами анализа спектральной мощности ЭЭГ, зарегистрированной в задании, когда на мониторе компьютера предъявлялась аналогичная зрительная информация, но от испытуемых не требовалось выполнения каких-либо когнитивных заданий, т.е. не требовалось активации целенаправленного, произвольного ментального внимания. Это задание можно рассматривать как контрольное по отношению к остальным внутренне ориентированным ментальным заданиям. Можно полагать, что введение в рассмотрение контрольного задания поможет в некоторой степени разделить корреляты ментального внимания, обеспечивающего выполнение собственно когнитивных заданий, и корреляты внешних условий их выполнения. В свою очередь, это сделает более обоснованной предполагаемую причину изменений ЭЭГ при выполнении ментальных заданий в нестационарном режиме исследования относительно ЭЭГ при выполнении аналогичных заданий в стационарном режиме. Таким образом, целью данной работы было сопоставить ЭЭГ-корреляты целенаправленного и нецеленаправленного ментального внимания в условиях нестационарного режима исследования.

МЕТОДИКА

Исследование проводили в два этапа с модифицированными заданиями (простые цветные изображения или развернутые цветные изображения), на двух группах испытуемых: первая группа – 23 добровольца, вторая группа – 22 добровольца. В результате, с использованием модифицированных заданий, и на разных группах испытуемых, показали воспроизводимость основных результатов. Важно подчеркнуть этот факт, поскольку проблема повторения исследований и воспроизводимости результатов в последнее время занимает серьезное место в литературе [6, 7]. Так как в группах получили качественно воспроизводимые результаты, целесообразно использовать сводные данные для оценки статистической значимости выявляемых различий и приводимых иллюстраций.

В работе использовали схему проведения эксперимента с нестационарным режимом выполнения заданий, т.е. задания предъявляли однородными блоками (для каждого типа заданий), кото-

рые включали в себя 80 или 40 проб. В каждой пробе предъявляли два вида стимулов: вербальный стимул и изображение. Как и в предыдущей работе [4], блок заданий с доминированием сенсорного внимания (ДСВ) направляли на поддержание внешне ориентированного внимания, связанного с восприятием внешних сенсорных зрительных стимулов; блок заданий с доминированием ментального внимания (ДМВ) был связан с внутренне ориентированным вниманием, направленным на работу с информацией, которая уже находится в мозге (процессы вспоминания и воображения).

В первой группе испытуемых в блоке заданий ДСВ в каждой пробе последовательно предъявляли два стимула: слово-существительное и соответствующее ему простое цветное изображение на белом фоне, испытуемые запоминали слово и изображение. В блоках заданий ДМВ использовали задания на репродуктивное воображение (ДМВр) и на продуктивное воображение (ДМВп). В блоке ДМВр в каждой пробе последовательно предъявляли стимулы: слово и белый экран, с заданием вспомнить и представить на экране соответствующее слову изображение. В блоке ДМВп в каждой пробе предъявляли два слова одновременно, с заданием представить на белом экране изображение-химеру, состоящее из деталей изображений, которые соответствуют предъявленным словам.

Во второй группе испытуемых в блоке заданий ДСВ в каждой пробе последовательно предъявлялись два стимула: фраза из 2-х слов и соответствующие ей развернутое цветное эмоционально-положительное изображение из международной системы изображений – *IAPS (International Affective Picture System)* [8], испытуемых просили запомнить фразу и соответствующее ей изображение. В блоке заданий ДМВр испытуемые вспоминали и визуализировали на белом экране изображение, соответствующее предъявленной фразе. В блоке заданий ДМВп испытуемые воображали и визуализировали картину, соответствующую предъявленной фразе.

Контрольное задание в обеих группах испытуемых также состояло из предъявления блоков из 80 или 40 проб, в каждой пробе последовательно предъявляли зрительные стимулы: вербальный стимул – одно или два слова и белый экран. Тем самым воспроизводили зрительную обстановку заданий в блоке ДМВ, но с инструкцией – пассивного наблюдения экрана монитора (контрольное состояние – КС).

Длительность предъявления вербальных стимулов – 500 мс, длительность предъявления второго стимула (изображение или белый экран) – 5000 мс, интервал между стимулами в паре –

800 мс. Интервал между пробами варьировал от 700 до 1000 мс.

В конце пробы в заданиях ДМВ испытуемые нажимали на кнопку, если им удавалось вспомнить или придумать изображение, анализу подвергали только те пробы, в которых были нажатия. В контрольном задании и в задании ДСВ испытуемые также нажимали на кнопку в конце каждой пробы. Состояние покоя с открытыми глазами (ПГО) использовали в качестве референтного.

Запись ЭЭГ выполняли в полосе пропускания 0–70 Гц с частотой дискретизации 500 Гц. Использовали электроэнцефалограф “*Mitza EEG202*” с программным пакетом *WinEEG* (авторские права В.А. Пономарев, Ю.Д. Кропотов, № гос. регистрации 2001610516, 08.05.2001). Регистрацию ЭЭГ проводили от 19 зон поверхности головы, монополярно с объединенными референтными электродами на мочках ушей. Метод независимых компонент (ICA) применяли для коррекции артефактов. Анализ спектральной мощности для состояния ПГО проводили на участке записи длительностью 3 мин. Для тестовых и контрольных заданий анализ мощности проводили на участках длительностью 5 с в каждой пробе во время предъявления слайдов или белого экрана. Эпоха анализа спектров ЭЭГ составила 1 с. Средние оценки абсолютной мощности рассчитывали для каждого испытуемого в каждом состоянии, в каждом из отведений. Нормализацию полученных данных проводил логарифмированием ($Y = \lg X$). Статистическую обработку ЭЭГ-данных проводили с использованием дисперсионного анализа ANOVA в программе STATISTICA 11.0, № АХА207F396330FA-5. В анализе использовали посубъектные факторы (*within subjects factors*): D – 7 частотных диапазонов ЭЭГ, S – 2 сравниваемых состояния, Z – 19 ЭЭГ-отведений. Оценку достоверности влияния основных факторов и их взаимодействий проводили с учетом поправки Гринхауза-Гайзера. Оценивали также мощность эффекта (η^2). Значимые различия средних величин в конкретных зонах выявляли посредством множественных сравнений (*post-hoc comparisons*) с использованием критериев Fisher LSD (более чувствительного) или Tukey HSD (более жесткого).

В данной публикации представлены результаты статистических оценок по объединенной группе испытуемых в частотных диапазонах Δ (1.5–4 Гц), θ (4–7 Гц), α_1 (7–10 Гц), α_2 (10–13 Гц), β_1 (13–18 Гц), β_2 (18–30 Гц) и γ (30–40 Гц).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При сравнении мощностей ЭЭГ при выполнении когнитивных заданий и контрольного задания с мощностью ЭЭГ в состоянии покоя ПГО

(рис. 1) статистический анализ $7 \times 2 \times 19$ ANOVA показал достоверное влияние взаимодействия рассматриваемых факторов во всех парных сравнениях, т.е. мощность ЭЭГ в тестовых заданиях и в контрольном задании, достоверно отличается от мощности в состоянии покоя. По характеру различий задание ДСВ отличается от заданий ДМВ и контрольного задания. Для различий заданий ДСВ и ПГО (рис. 1, Γ) характерна десинхронизация в α_2 -диапазоне ЭЭГ в задних отделах коры наряду с синхронизацией в Δ - и θ -диапазонах в лобных отделах и с синхронизацией в правом затылочном отведении в θ - и α_1 -диапазонах. Анализ с использованием критерия Tukey HSD для оценки зонального распределения ЭЭГ-различий выявил изменения в некоторых диапазонах только в отдельных зонах коры. При использовании менее жесткого критерия Фишера значимые различия проявляются в большем числе зон.

Различия мощности ЭЭГ в задании КС относительно мощности в состоянии ПГО (рис. 1, A) по своей выраженности и характеру ближе к различиям при сравнении заданий ДМВ и состояния ПГО (рис. 1, B, B). Задания ДМВ и КС отличаются от состояния ПГО синхронизацией α_2 -мощности в затылочно-париетальных отделах и десинхронизацией ЭЭГ в Δ -, θ -, и α_1 -диапазонах. Однако эти отличия от ПГО выражены в разной степени для заданий ДМВ и задания КС (рис. 1).

При сравнении мощностей ЭЭГ при выполнении когнитивных заданий ДМВ с мощностью ЭЭГ в контрольном задании КС (рис. 2, A, B) статистический анализ $7 \times 2 \times 19$ ANOVA показал достоверное влияние взаимодействия рассматриваемых факторов. Из результатов, приведенных на рис. 2, A, B видно, что оба задания ДМВ по отношению к заданию КС характеризуются меньшими значениями мощности ЭЭГ во всех зонах коры и в большинстве частотных диапазонов (в том числе в α -диапазоне) за исключением β_1 - и β_2 -диапазонов, где более высокие значения мощности проявляются только в задних отделах коры.

На рис. 2, B – D отображены результаты сравнения мощности ЭЭГ при выполнении заданий ДМВ и КС с мощностью в задании ДСВ. Паттерны различий сходны во всех трех парных сравнениях. Их характерной общей чертой можно считать проявления более высоких значений мощности ЭЭГ в α_2 -диапазоне и уменьшение мощности в низкочастотных Δ -, θ -, и α_1 -диапазонах. Некоторой особенностью задания КС явилось отсутствие проявлений увеличения мощности в высокочастотных диапазонах (β_2 и γ) в теменно-затылочных зонах коры, регистрируемое в заданиях ДМВ.

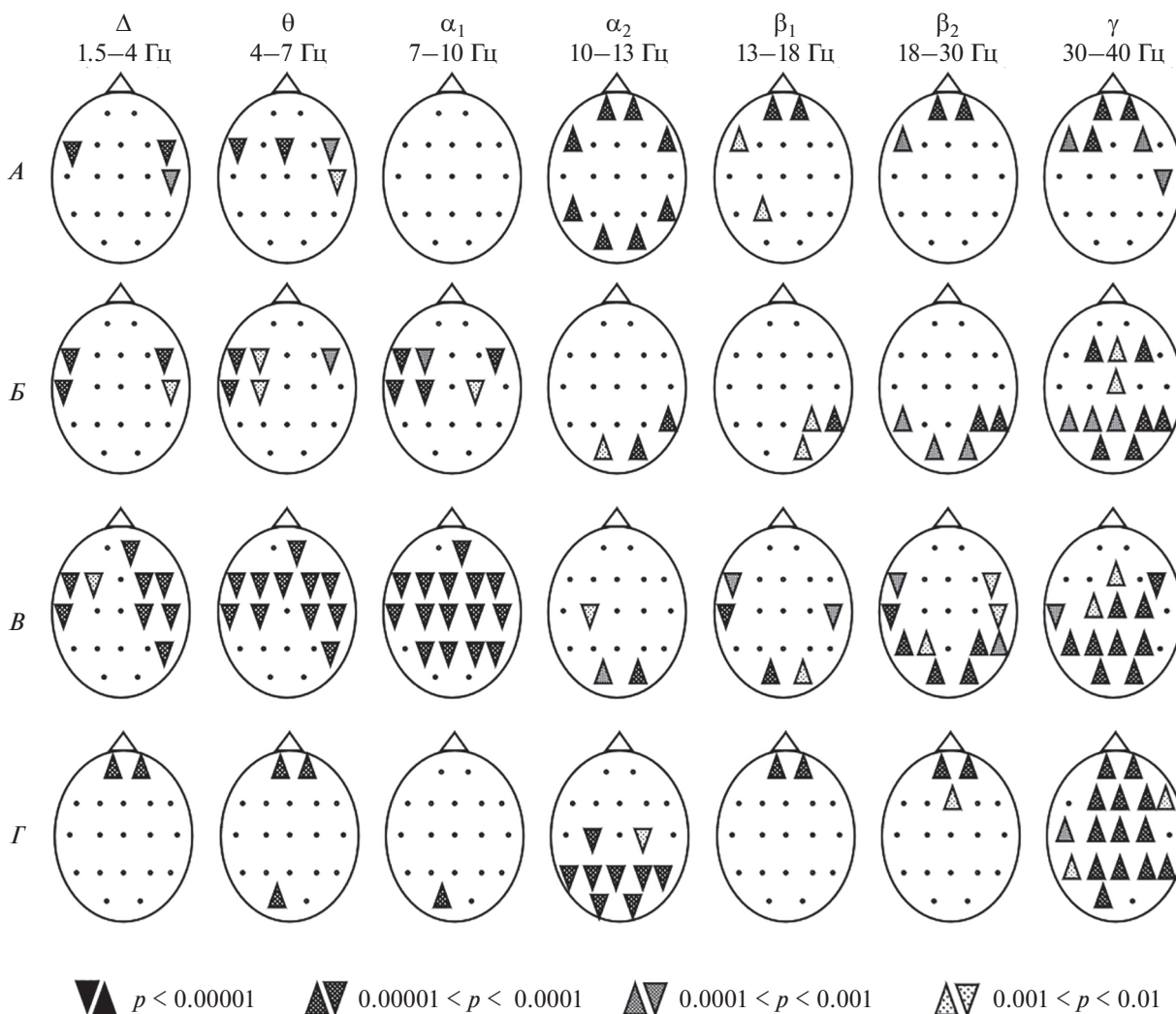


Рис. 1. Различия спектральной мощности ЭЭГ при сравнении когнитивных заданий в состоянии покоя.

A – ЭЭГ в состоянии КС относительно состояния покоя с открытыми глазами – ПГО ($F(108, 4752) = 3.41, p < 0.00006, \eta^2 = 0.072$); *B* – ЭЭГ в состоянии ДМВр относительно состояния ПГО ($F(108, 4752) = 2.42, p < 0.0051, \eta^2 = 0.052$); *B* – ЭЭГ в состоянии ДМВп относительно ПГО ($F(108, 4752) = 3.49, p < 0.000056, \eta^2 = 0.073$); *Г* – ЭЭГ в состоянии ДСВ относительно ПГО ($F(108, 4752) = 4.1, p = 0.00001, \eta^2 = 0.085$). Треугольник, направленный вверх – большие значения мощности, треугольник, направленный вниз – меньшие значения мощности, заливка треугольника отражает степень статистической достоверности зональных различий. Зональные различия (*post-hoc comparisons*) показаны с использованием критерия более жесткого критерия *TukeyHSD*.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Прежде всего, отметим, что оценка мощности ЭЭГ в задании КС дала результаты, значительно отличающиеся от результатов в референтном состоянии ПГО (рис. 1, *A*). Нестационарные условия эксперимента способствовали формированию в задании КС особого функционального состояния, отличного как от состояния ПГО (рис. 1, *A*), так и от заданий ДМВ и ДСВ (рис. 2, *A–B*). Общим для заданий ДМВ и КС (относительно состояния ПГО) являются уменьшения мощности в низкочастотных (Δ , θ , и α_1) диапазонах и увели-

чение α_2 -мощности (рис. 1, *A–B*); для заданий ДСВ и КС общим (относительно ПГО) является увеличение мощности в высокочастотных β - и γ -диапазонах в передних отделах (рис. 1, *A, Г*). Более того, именно в задании КС (относительно ПГО) наиболее выражено возрастание мощности в α_2 -диапазоне (рис. 1, *A*), неоднократно признававшееся признаком внутренней ориентации внимания [9–15]. Возможно, в задании КС периодическое предъявление irrelevant зрительных стимулов приводит к утомлению зрительного анализатора и непроизвольному возрастанию

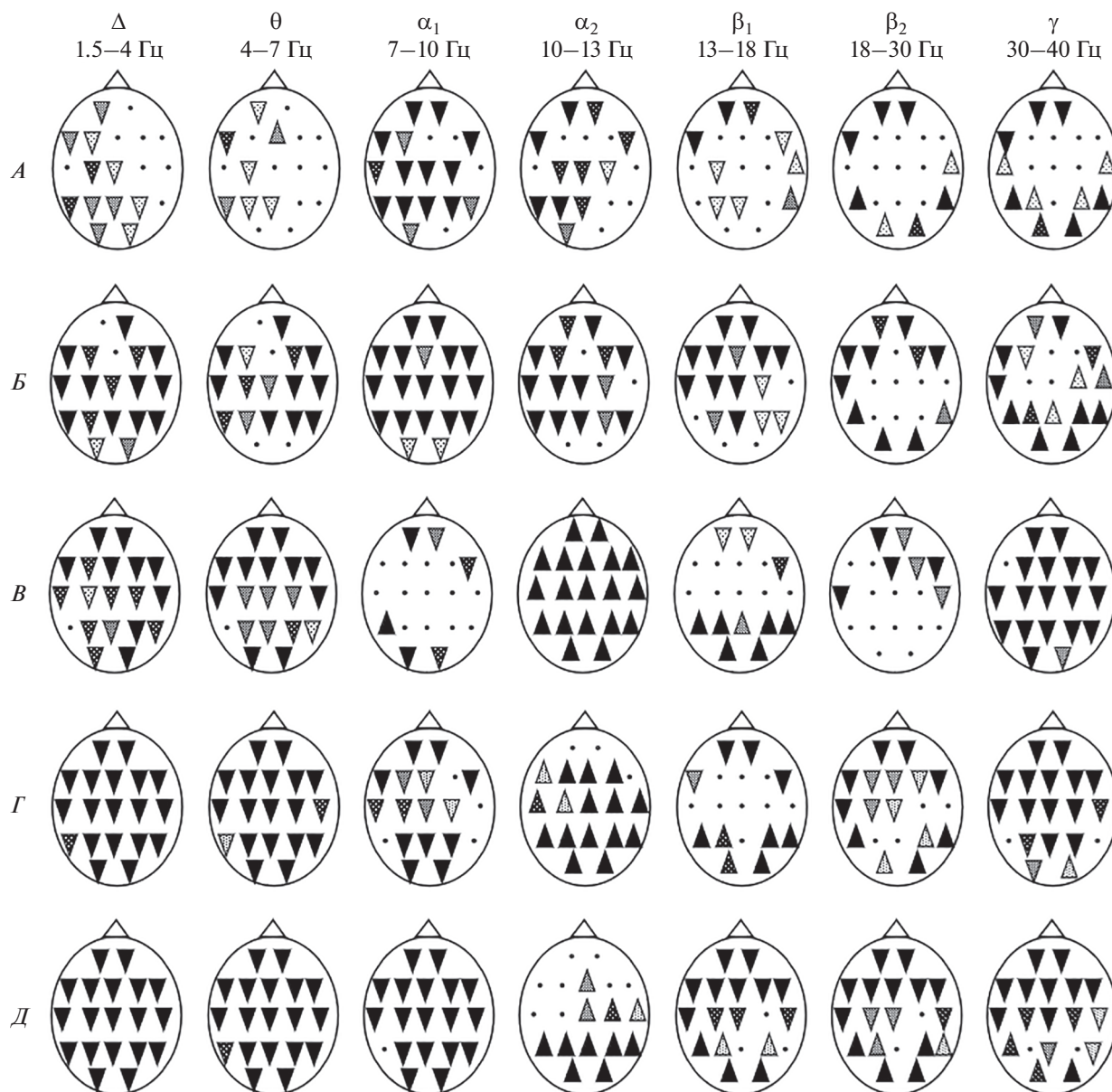


Рис. 2. Различия спектральной мощности ЭЭГ при сравнении когнитивных заданий между собой.

A – ЭЭГ в состоянии ДМВр относительно состояния КС ($F(108, 4644) = 4.37, p = 0.00001, \eta^2 = 0.092$); *Б* – ЭЭГ в состоянии ДМВр относительно КС ($F(108, 4644) = 2.5, p = 0.0034, \eta^2 = 0.055$); *В* – ЭЭГ в состоянии КС относительно состояния ДСВ ($F(108, 4644) = 3.63, p = 0.00002, \eta^2 = 0.077$); *Г* – ЭЭГ в состоянии ДМВр относительно ДСВ ($F(108, 4752) = 4.487, p < 0.00001, \eta^2 = 0.092$); *Д* – ЭЭГ в состоянии ДМВр относительно ДСВ ($F(108, 4752) = 5.82, p < 0.00001, \eta^2 = 0.116$). Обозначения см. рис. 1. Зональные различия (*post-hoc comparisons*) показаны с использованием более чувствительного критерия *Fisher LSD*.

внутренне ориентированного внимания, увеличению мощности в α_2 -диапазоне. Таким образом, при нестационарных условиях эксперимента просто отсутствие целенаправленных когнитивных заданий в задании КС не обеспечивает состояния покоя, аналогичного состоянию ПГО.

Если ранжировать задания, представленные на рис. 1 по предполагаемому возрастанию вклада

внутренне ориентированного, внимания, то можно увидеть следующее. Состояние ПГО по отношению к ДСВ (обратный контраст, представленный на рис. 1, *Г*) характеризуется уменьшением мощности в низкочастотных (Δ, θ) и высокочастотных (β, γ) диапазонах ЭЭГ, в α_2 -диапазоне, являющемся индикатором направленности внимания [9–15], происходит возрастание мощно-

сти. Задание КС по отношению к состоянию ПГО характеризуется аналогично направленной динамикой в Δ - и θ -диапазонах, нечеткой динамикой в α_1 -диапазоне и четким возрастанием мощности ЭЭГ в диапазонах α_2 , β и γ (рис. 1, А). Однако задания ДМВ (которые должны характеризоваться максимальной выраженностью произвольного ментального внимания) по отношению к заданию КС характеризуются такой же направленностью различий только в Δ - и θ -диапазонах (рис. 2, А, Б), в индикаторных α -диапазонах в этих сравнениях отмечается хорошо выраженная десинхронизация, а в диапазонах β_2 и γ — пространственная дифференциация—десинхронизация в передних отделах коры и синхронизация в задних. Таким образом, в заданиях ДМВ не видно признаков усиления ментального внимания (увеличения α -мощности) относительно задания КС (рис. 2, А, Б), но видны скорее признаки усиления внешне направленного, сенсорного внимания (уменьшения α -мощности). Эта, достаточно неожиданная ситуация, может быть следствием следующих процессов. В задании КС, так же как и в заданиях ДМВ, активируются механизмы блокирования irrelevantной внешней сенсорной информации, что характерно для внутренне ориентированного внимания [12, 13]. Однако, если в задании КС (нецеленаправленное ментальное внимание) повторяющиеся зрительные стимулы в каждой пробе носят irrelevantный характер и не мобилизуют внешне направленное сенсорное внимание, то в заданиях ДМВ происходит более сложный процесс. С одной стороны, выполнение заданий ДМВ (целенаправленное ментальное внимание) требует активации внутренне направленного внимания для процессов вспоминания и воображения, с другой стороны каждая проба в заданиях ДМВ запускается и управляется зрительными стимулами, что вынуждает поддерживать необходимый уровень внешне направленного сенсорного внимания при выполнении заданий. Таким образом, в данной работе подтверждаются ранее высказанные предположения о том, что в заданиях ДМВ ЭЭГ-признаки усиления ментального внимания маскируются признаками сенсорного внимания, что связано с нестационарным режимом исследования. Как подтверждение сказанного выше можно рассматривать тот факт, что задания ДМВ все же сохраняют свое положение заданий, характеризующихся внутренне ориентированным вниманием относительно задания ДСВ (рис. 2, Г, Д), а именно — задания ДМВ показывают более высокие значения мощности в α_2 -диапазоне. Это позволяет не ставить под сомнение значимость возрастания α_2 -мощности как признака внутренней направленности внимания и, соответственно, как существенного признака ДМВ. Но если при стационарном режиме проведения исследования [5] этот признак

проявлялся более четко, то при нестационарном режиме он проявился меньше, будучи перекрыт признаками сенсорного внимания.

Полученные данные позволяют указать на другой специфический признак заданий ДМВ. Из рис. 1 видно, что положительные различия в β_2 - и γ -диапазонах в лобных отведениях наблюдаются только при сравнении задания КС (нецеленаправленное ментальное внимание) с ПГО (рис. 1, А) и при сравнении задания ДСВ (целенаправленное сенсорное внимание) с ПГО (рис. 1, Г). Положительные различия в β_2 - и γ -диапазонах в теменно-затылочных зонах наблюдаются только при сравнении заданий ДМВ (целенаправленное ментальное внимание) с ПГО (рис. 1, Б, В). Наглядность этого эффекта возрастает, если рассмотреть сравнения заданий ДМВ относительно задания КС (рис. 2, А, Б), где отрицательные различия в передних зонах сопровождаются положительными различиями в задних зонах коры. Возможно, показанное увеличение мощности в β_2 - и γ -диапазонах в теменно-затылочных зонах, характерное для выполнения заданий ДМВ (в отличие от задания КС) может быть связано именно с целенаправленным внутренне ориентированным вниманием, связанным с формированием ментальных зрительных образов (вспоминание или воображение зрительных образов).

В качестве определенных ограничений работы следует отметить, что используемые авторами задания для модуляции внешнего и внутреннего внимания различаются не только направленностью внимания, но и типом когнитивной деятельности. При рассмотрении полученных различий нельзя исключить вклад разных мнестических процессов, однако характер полученных различий все же позволяет предположить, что именно различия связаны со вкладом направленности внимания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нецеленаправленное ментальное внимание (в задании КС) при нестационарном режиме исследования характеризуется специфическим паттерном ЭЭГ, который отличается как от паттерна в референтном состоянии покоя (ПГО), так и от паттернов в процессе выполнения когнитивных заданий при целенаправленном ментальном внимании (ДМВ) и при целенаправленном сенсорном внимании (ДСВ). Многократное повторение зрительных стимулов при нестационарном режиме исследования оказывает маскирующее воздействие на динамику синхронизации ЭЭГ в α_2 -диапазоне во время выполнения ментальных заданий. Этот маскирующий эффект проявляется только в случае целенаправленного ментального внимания (когда ментальные задания запускают-

ся релевантными сенсорными стимулами), но не проявляется, если такие стимулы иррелевантны, т.е. в случае нецеленаправленного ментального внимания. Различная направленность изменений мощности ЭЭГ высокочастотных диапазонов (β_2 и γ) в передних и задних зонах коры может быть специфическим признаком целенаправленного ментального внимания.

Этические нормы. Все исследования проведены в соответствии с принципами биомедицинской этики, сформулированными в Хельсинкской декларации 1964 г. и ее последующих обновлениях, и одобрены локальным биоэтическим комитетом Института мозга человека им. Н.П. Бехтерева РАН (Санкт-Петербург).

Информированное согласие. Каждый участник исследования представил добровольное письменное информированное согласие, подписанное им после разъяснения ему потенциальных рисков и преимуществ, а также характера предстоящего исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией данной статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилова Н.Н. Психофизиология: Учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2004. 95 с.
2. Фаликман М.В. Внимание. Университетский учебник по психологии. М.: ACADEMIA, 2006. Т. 4. 155 с.
3. Дормашев Ю.Б., Романов В.Я. Психология внимания. М.: Тривола, 1995. 347 с.
4. Бойцова Ю.А., Данько С.Г., Соловьева М.Л. ЭЭГ-корреляты ментального внимания модифицируются режимом предъявления конкретизирующих зрительных сигналов // Физиология человека. 2018. Т. 44. № 5. С. 123.
5. Бойцова Ю.А., Данько С.Г., Соловьева М.Л. Отражение состояния продуктивного и репродуктивного воображения в локальной синхронизации тета и альфа диапазонов ЭЭГ// Физиология человека. 2017. Т. 43. № 3. С. 132.
6. Stevens J.R. Replicability and Reproducibility in Comparative Psychology // *Frontiers in Psychology*. 2017. V. 8. Article 862. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00862>
7. Heino M.T.J., Fried E.I., LeBel E.P. Commentary: Reproducibility in Psychological Science: When Do Psychological Phenomena Exist? // *Frontiers in Psychology*. 2017. V. 8. Article 879. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00879>
8. Bradley M.M., Lang P.J. The International Affective Picture System (IAPS) in the study of emotion and attention / *Handbook of Emotion Elicitation and Assessment* // Eds. Coan J.A., Allen J.J.B. N.Y.: Oxford University Press, 2007. P. 29.
9. Ray W.J., Cole H.W. EEG activity during cognitive processing: influence of attentional factors // *Int. J. Psychophysiol.* 1985. V. 3. № 1. P. 43.
10. Cooper N.R., Croft R.J., Dominey S.J.J. et al. Paradox lost? Exploring the role of alpha oscillations during externally vs. internally directed attention and the implications for idling and inhibition hypotheses // *Int. J. Psychophysiol.* 2003. V. 47. № 1. P. 65.
11. Cooper N.R., Burgess A.P., Croft R.J., Gruzelier J.H. Investigating evoked and induced electroencephalogram activity in task-related alpha power increases during an internally directed attention task // *Neuroreport*. 2006. V. 17. № 2. P. 205.
12. Benedek M., Schickel R.J., Jauk E. et al. Alpha power increases in right parietal cortex reflects focused internal attention // *Neuropsychologia*. 2014. V. 56. № 100. P. 393.
13. Bartsch F., Hamuni G., Miskovic V. et al. Oscillatory brain activity in the alpha range is modulated by the content of word-prompted mental imagery // *Psychophysiology*. 2015. V. 52. № 6. P. 727.
14. Bonnefond M., Jensen O. The role of gamma and alpha oscillations for blocking out distraction // *Commun. Integr. Biol.* 2013. V. 6. № 1. P. 1.
15. Klimesch W. A-band oscillations, attention, and controlled access to stored information // *Trends Cogn. Sci.* 2012. V. 16. № 12. P. 606.

EEG-Correlates of Voluntary and Involuntary Mental Attention in Non-Stationary Research Mode

Yu. A. Boytsova^{a,*}, S. G. Dan'ko^a, M. L. Solov'yeva^a

^a*Bechtereva Institute of the Human Brain RAS, St. Petersburg, Russia*

*E-mail: Boytsova.ihb@gmail.com

We continued the study of EEG-correlates of the cognitive states with different contributions of sensory and mental attention in non-stationary research mode. Tasks for sensory and mental attention were presented in the series of 80 or 40 trials. Each trial contained 2 types of stimuli: visually presented words concretized the variants of task; the presentation of images or a blank screen indicated the beginning of memorization or recall (imagination). Along with the tasks, a series of similar stimuli (words and blank screen) was presented, but the subjects were not asked to perform any tasks. In the latter case, the subjects passively observed irrelevant visual stimuli and, apparently, were withdrawn to their inner world (mind-wandering state). This condition is characterized by a specific EEG pattern, which differs from the patterns observed at rest and during cognitive tasks involving sensory and mental attention. Repetition of visual stimuli in the non-stationary research

mode of mental attention has a masking effect on the dynamics of EEG synchronization in the α_2 range. This masking effect is developed only if cognitive tasks are triggered by relevant sensory stimuli, but not by irrelevant stimuli. The findings support the opinion that synchronization in the α -range is an essential sign of mental attention. A possible EEG-pattern specific for voluntary figurative mental attention, was also observed; this specific pattern includes a different direction of changes of high-frequency EEG bands (β_2 and γ) in the anterior and posterior areas of the cortex.

Keywords: EEG, voluntary and involuntary attention, sensory and mental attention.