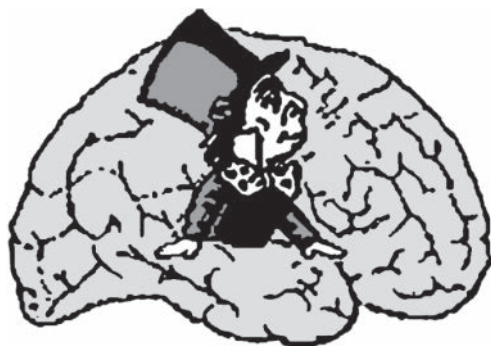


КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ
НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ



**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ
2017**

ПОД РЕД. Е.В. ПЕЧЕНКОВОЙ, М.В. ФАЛИКМАН

УДК 159.9

ББК 81.002

К57

К57 Коллективный

Когнитивная наука в Москве: новые исследования. Материалы конференции 15 июня 2017 г.

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман. – М.: ООО «Буки Веди», ИППИП. 2017 г. – 596 стр.

Электронная версия

ISBN 978-5-4465-1509-7

УДК 159.9

ББК 81.002

ISBN 978-5-4465-1509-7

© Авторы статей, 2017

МОЗГОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРЕДВОСХИЩАЮЩЕГО МОДАЛЬНО-СПЕЦИФИЧЕСКОГО ВНИМАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ПРЕДНАСТРОЙКЕ И ИМПЛИЦИТНОМ НАУЧЕНИИ: АНАЛИЗ КОГЕРЕНТНОСТИ АЛЬФА-РИТМА В ПРОСТРАНСТВЕ ИСТОЧНИКОВ

И. В. Талалай*, А. В. Курганский, Р. И. Мачинская
etalalay.et@gmail.com
Институт возрастной физиологии РАО, Москва

Аннотация. У здоровых взрослых испытуемых-правшей ($N=24$, средний возраст 22 ± 4.75 лет) анализировали функциональную организацию коры головного мозга при подготовке к решению зрительных и слуховых сенсорных задач в трех условиях: 1) при ожидании целевого зрительного или слухового сигнала после предупреждения о его модальности (направленное предвосхищающее внимание); 2) при имплицитном предвосхищении, формирующемся в ходе многократного повторения фиксированной последовательности зрительных и слуховых стимулов; 3) при случайном предъявлении целевых зрительных и слуховых стимулов (референтная ситуация). Во всех условиях испытуемые решали одну и ту же задачу – определяли порядок следования стимулов (зрительных или слуховых) в мономодальной паре. В предстимульный период в альфа-диапазоне частот оценивалась когерентность корковых источников, соответствующих заранее выбранным корковым областям (областям интереса). При направленном внимании наблюдалось усиление функционального взаимодействия теменных и префронтальных зон коры как по отношению к референтному условию, так и по отношению к имплицитному предвосхищению, и было больше выражено в правом полушарии. Имплицитное предвосхищение сопровождалось усилением функционального взаимодействия теменных зон с вентральными и медиальными премоторными зонами. В отличие от направленного внимания, изменения фронто-париетальных функциональных связей не были выявлены. Было установлено, что направленное внимание и имплицитное предвосхищение характеризуются формированием модально-специфических корково-корковых функциональных связей с вовлечением проекционных зон коры в соответствии с модальностью ожидаемого стимула.

Ключевые слова: направленное модально-специфическое внимание, имплицитное предвосхищение, зрительные и слуховые сенсорные задачи, когерентность ЭЭГ в пространстве источников, альфа-ритм

Введение

Предварительное информирование испытуемых о целевом сигнале приводит к формированию направленного предвосхищающего внимания, что, в свою очередь, способствует росту эффективности решения сенсорных задач разных модальностей (Spence, Driver, 1997; Brunia, 2004; Posner, Fan, 2008). Есть основания полагать, что регулярное предъявление фиксированной последователь-

ности сенсорных событий также может способствовать формированию предвосхищающего внимания. Исследования с использованием сенсорных сигналов разных модальностей демонстрируют увеличение скорости и точности ответов испытуемых в процессе имплицитного научения, которое достигается при многократном предъявлении фиксированной последовательности целевых стимулов (Nissen, Bullemer, 1987; Conway, Christiansen, 2005; Boutin et al., 2013). В работе Клерманса и соавторов (Cleermans et al., 1998) показано, что регулярное изменение положения целевых зрительных стимулов на экране приводит к тому, что испытуемые не только реагируют на них быстрее, но и ожидают появления следующего изображения в определенном месте, не осознавая этого. Направленное и имплицитное предвосхищающее внимание актуализируются в различных по своей структуре видах деятельности, что позволяет предположить разный механизм подготовки мозга к анализу значимой информации.

Цель исследования

В исследовании проверялись *две основные гипотезы*: 1) мозговая организация предвосхищающего внимания при произвольной преднастройке, направляемой инструкцией, отличается от мозговой организации предвосхищающего внимания, которое формируется при имплицитном научении; 2) мозговая организация предвосхищающего внимания как при произвольной, так и при имплицитной преднастройке носит избирательный характер и зависит от модальности целевой информации. Для исследования мозговой организации предвосхищающего внимания использовался анализ функционального взаимодействия корковых зон по показателю когерентности (КОГ) ритмических составляющих альфа-диапазона ЭЭГ в пространстве источников. В нашем предыдущем исследовании (Мачинская и др., 2015) были продемонстрированы особенности динамики корково-корковых связей при направленном внимании (сопоставлялись показатели КОГ в период модально-специфической преднастройки к решению целевой задачи и при неспецифическом удержании внимания) и при формировании имплицитного научения (сопоставлялись первые 10 и последние 10 из 30 повторяющихся последовательностей зрительных и слуховых задач). В данном исследовании в экспериментальную модель была включена референтная сессия и проведено прямое статистическое сопоставление КОГ при направленном и имплицитном предвосхищающем внимании по сравнению с референтным условием и между собой.

Методы

В исследовании приняли участие 24 здоровых испытуемых – правойшей (9 мужчин и 15 женщин) в возрасте 22 ± 4.75 лет с нормальным или скорректированным до нормального зрением и нормальным слухом.

Стимулы. Зрительные и слуховые стимулы предъявлялись парами, в которых сигналы одной модальности следовали друг за другом с интервалом в 40 мс. Зрительные стимулы – вытянутые прямоугольники двух оттенков серого (светлого и темного) появлялись в центре черного экрана под углом 90 гра-

дусов друг к другу, длительность каждого стимула составляла 15 мс. Слуховые стимулы — короткие звуки комфортной громкости двух разных частот (300 Гц и 3000 Гц) предъявлялись бинаурально, длительность каждого стимула в паре составляла 25 мс. В исследовании использовались также стимулы-подсказки — схематические изображения глаза или уха. Порядок следования целевых стимулов внутри мономодальных пар чередовался псевдослучайным образом.

Экспериментальная процедура. Каждый испытуемый участвовал в экспериментальном исследовании, состоящем из трех сессий: *Направленное внимание*, *Серийное научение*, *Референтное условие*. Порядок следования сессий чередовался от испытуемого к испытуемому. В сессии *Направленное внимание* появлению целевых стимулов предшествовали стимулы-подсказки. Зрительные и слуховые задачи (по 40 предъявлений) чередовались в ходе сессии в псевдослучайном порядке. Сенсорные задачи с такими же характеристиками использовались в сессии *Серийное научение*. Особенность этой сессии заключалась в отсутствии стимулов-подсказок и периодическом повторении наборов экспериментальных проб с фиксированным порядком следования слуховых и зрительных задач. Сессия *Серийное научение* включала 30 повторений набора из 8 проб (блок). В сессии *Референтное условие* зрительные и слуховые стимульные пары чередовались в ходе сессии в псевдослучайном порядке с переменными интервалами между пробами и без предупреждающих стимулов, а количество зрительных и слуховых задач было одинаковым (40 предъявлений). Задача испытуемого во всех трех сессиях была одной и той же и состояла в определении порядка следования стимулов в мономодальных парах (temporal order judgment task).

Регистрация и анализ ЭЭГ. ЭЭГ регистрировалась с помощью компьютерной системы EGI (Electrical Geodesics, Inc.) от 128 датчиков с вертексным референтным электродом. Частота оцифровки составляла 250 Гц, частота пропуска сигнала — 0.5–70 Гц. Функциональные корково-корковые связи анализировались по отрезкам ЭЭГ, записанным в течение 3 секунд перед целевой стимульной парой во всех экспериментальных сессиях для проб, соответствующих правильным решениям сенсорной задачи. Для оценки функциональных связей при имплицитном превосхищающем внимании использовались последние 10 из повторяющихся последовательностей сенсорных задач, для которых при анализе психометрических показателей был выявлен эффект имплицитного научения (Talalay, Machinskaya, 2014). С помощью метода минимальной нормы (MNE) вычислялись сигналы в единице объема корковой ткани (вокселе). Из всего множества сигналов в отдельных вокселях отбирались те, которые соответствовали 14 симметричным областям интереса (ОИ). Для локализации ОИ использовались MNI-координаты. Все воксели, расположенные внутри шара с радиусом 10 мм с центром, соответствующим центру ОИ, рассматривались как принадлежащие этой ОИ. Для последующей оценки функциональных связей каждая ОИ была представлена одним характеристическим сигналом (источником). Для пар источников, соответствующих ОИ, вычислялись оценки функции когерентности (КОГ) в диапазоне альфа-частот в трех экспериментальных условиях, описанных выше. Все возможные пары

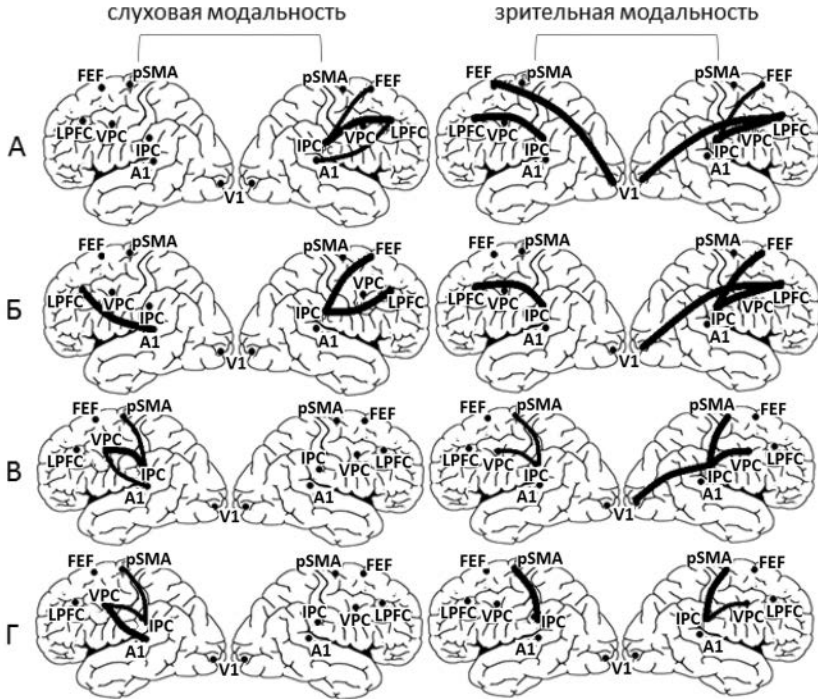


Рисунок 1. Линиями соединены зоны коры, для которых выявлен значимый рост альфа КОГ в предстимульный период: А – при направленном внимании по сравнению с референтным условием; Б – при направленном внимании по сравнению с имплицитным научением; В – при имплицитном научении по сравнению с референтным условием; Г – при имплицитном научении по сравнению с направленным вниманием

областей были разделены на 5 подмножеств, для каждого из которых был проведен дисперсионный анализ с внутригрупповыми факторами УСЛОВИЕ (3 уровня), МОДАЛЬНОСТЬ (2 уровня), ПОЛУШАРИЕ (2 уровня), ЛОКАЛИЗАЦИЯ (количество уровней определялось количеством пар в данном подмножестве областей). В отдельные подмножества вошли следующие одноименные пары отведений правого и левого полушарий: 1) V1-IPC, V1-A1, V1-pSMA, V1-VPC; 2) A1-pSMA, A1-VPC, A1-LPFC, A1-FEF, A1-IPC; 3) V1-LPFC, V1-FEF, IPC-LPFC, IPC-FEF; 4) IPC-pSMA, IPC-VPC, pSMA-VPC; 5) SMA-LPFC, pSMA-FEF, VPC-LPFC, VPC-FEF, LPFC-FEF.

Результаты исследования

Наличие статистически значимых взаимодействий факторов УСЛОВИЕ, МОДАЛЬНОСТЬ, ПОЛУШАРИЕ и ЛОКАЛИЗАЦИЯ для большинства подмножеств областей позволило провести статистическое сопоставление значений КОГ

в каждой паре областей обоих полушарий для каждой модальности в трех экспериментальных условиях. Значимые, с учетом поправки на множественные сравнения ($p < .0012$), различия альфа КОГ в трех экспериментальных условиях представлены на рис. 1.

Выводы

1. Направленное предвосхищающее внимание сопровождается усилением функционального взаимодействия теменных и префронтальных зон коры как по отношению к референтному условию, так и по отношению к имплицитному предвосхищению.
2. Имплицитное предвосхищение сопровождается усилением функционального взаимодействия теменных зон с вентральными и медиальными пре-моторными зонами. В отличие от направленного внимания изменения фронто-париетальных функциональных связей не выявлены.
3. Как направленное внимание, так и имплицитное предвосхищение характеризуются формированием модально-специфических корково-корковых функциональных связей с вовлечением проекционных зон коры в соответствии с модальностью ожидаемого стимула.

Литература

Мачинская Р.И., Талалай И.В., Курганский А.В. Функциональная организация коры головного мозга при направленном и имплицитном модально-специфическом предвосхищающем внимании. Анализ когерентности альфа-ритма в пространстве источников // Журнал ВНД. 2015. Т. 65. № 6. С. 661 – 675.

Boutin A., Massen C., Heuer H. Modality-specific organization in the representation of sensorimotor sequences // *Frontiers in Psychology*. 2013. Vol. 4. URL: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpsyg.2013.00937/full>.

Brunia C.H., van Boxtel G.J. Anticipatory attention to verbal and non-verbal stimuli is reflected in a modality-specific SPN // *Experimental Brain Research*. 2003. Vol. 156. No.2. P. 231 – 239. doi:10.1007/s00221-003-1780-2

Cleeremans A., Destrebecqz A. Implicit learning: News from the front // *Trends in Cognitive Sciences*. 1998. Vol. 2. No.10. P. 406 – 416. doi:10.1016/s1364-6613(98)01232-7

Conway C.M., Christiansen M.H. Modality-constrained statistical learning of tactile, visual, and auditory sequences // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 2005. Vol. 31. No.1. P. 24 – 39. doi:10.1037/0278-7393.31.1.24

Nissen M.J., Bullemer P. Attentional requirements of learning: Evidence from performance measures // *Cognitive Psychology*. 1987. Vol. 19. No.1. P. 1 – 32. doi:10.1016/0010-0285(87)90002-8

Posner M.I., Fan J. Attention as an organ system // *Topics in integrative neuroscience: from cells to cognition*. / J.R. Pomerantz (Ed.). Cambridge: Cambridge University Press, 2008. P. 31 – 61. doi:10.1017/cbo9780511541681.005

Spence C., Driver J. On measuring selective attention to an expected sensory modality // *Perception & Psychophysics*. 1997. Vol. 59. No.3. P. 389 – 403. doi:10.3758/bf03211906

Talalay I., Machinskaya R. The comparative study of cued and implicit anticipatory attention during the performance of visual and auditory versions of the temporal order judgment task. Rus // *Russian Journal of Cognitive Science*. 2014. Vol. 1. No.4. P. 58 – 66. URL: <http://www.cogjournal.ru/eng/1/4/pdf/TalalayMachinskayaRJCS2014.pdf>.

Brain Organization of Cued and Implicit Types of Modality-Specific Anticipatory Attention: EEG-Source Alpha Coherence Analysis

Talalay I. V.* , Kurgansky A. V., Machinskaya R. I.

etalalay.et@gmail.com

Institute of Developmental Physiology, Russian Academy of Education, Moscow

Abstract. The brain's functional organization (functional connectivity) was studied in a group of healthy right-handed adults ($N=24$, mean age = 22 ± 4.75 years) during preparation for visual and auditory sensory tasks in three experimental sessions. In the cued attention session, a participant was informed by a warning signal about the modality of the upcoming stimuli. In the serial learning session, a fixed sequence of eight trials (visual and auditory) was repeated 30 times, thus underscoring the development of implicit anticipation. In the baseline session, participants were exposed to a random presentation of sensory tasks without any warning. Participants were asked to discriminate the temporal order of stimuli presentations within a pair presented in either the visual or auditory sensory modality. Functional connectivity was assessed via alpha coherence computed in the source space for pre-selected regions of interests. For the cued attention session, an increase of functional links was observed between the parietal and prefrontal cortical areas (as compared with both the baseline and serial learning sessions) and it was more prominent in the right hemisphere. The strengthening of functional links between parietal areas and ventral medial premotor areas accompanied the buildup of implicit anticipation. However, no frontoparietal functional links were observed. It was discovered that cued and implicit types of anticipation were underlain by functional modality-specific cortical links in accordance with the modality of an anticipated stimulus.

Keywords: directed modality-specific attention (cued attention), implicit anticipation, visual and auditory tasks, source-space coherence, alpha rhythm