

УДК 612.821+159.95

КРОССКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ЭЭГ И АСИММЕТРИЯ α -РИТМА У ДЕТЕЙ 6–7 ЛЕТ ПРИ ДОСТИЖЕНИИ ЦЕЛИ

¹Кузнецова Т.Г., ¹Горбачева М.В., ²Булгакова О.С.

¹ФГБУН Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: tamara-kuznetsova@yandex.ru;

²Северо-западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, e-mail: bulgak_os@mail.ru

Исследованы изменения кросскорреляционных связей ЭЭГ и асимметрия α -ритма у детей 6–7 лет при достижении ими цели, приближающейся с различными скоростями. Высказано предположение, что усиление активности α -ритма в диапазоне 8–13 Гц в ассоциативных зонах правого полушария является общим механизмом при восприятии эмоционально значимого стимула независимо от возраста человека. В то же время, у детей обнаружена асимметричность распределения α -ритма по поддиапазнам, не связанная с эмоциональной значимостью стимула. В низкочастотном поддиапазоне (7–8 Гц) отмечалась правосторонняя асимметрия, тогда как левосторонняя асимметрия преобладала в средне- и высокочастотных поддиапазонах (8,75–9,75 и 10,0–13,5 Гц), что отражает недостаточную зрелость их ЦНС.

Ключевые слова: дошкольники, корреляционные связи ЭЭГ, α -ритм, достижение цели

CROSS-CORRELATION ANALYSIS OF THE EEG AND α -RHYTHM'S ASYMMETRY IN PRESCHOOL CHILDREN WITH THE GOAL'S ACHIEVEMENT

¹Kuznetsova T.G., ¹Gorbacheva M.V., ²Bulgakova O.S.

¹I.P. Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Science, St. Petersburg, e-mail: tamara-kuznetsova@yandex.ru;

²Northwestern State Medical University n.a. I.I. Mechnikov, St. Petersburg, e-mail: bulgak_os@mail.ru

The changes in the cross-correlations of EEG and α -rhythm asymmetry by elders preschool children was investigated in process of achievement the aim, approached with different speeds. It was suggested, that the increase in activity of α -rhythm in band 8–13 Hz in associative areas of the right hemisphere, apparently, constitute general mechanism in the perception of emotional significant stimulus independently of human age. The study detected significant right asymmetry of α -rhythm in low-frequency sub-band (7–8 Hz) practically on all leads in children. Left asymmetry of α -rhythm predominated in medium- and high-frequency sub-bands (8,75–9,75 and 10,0–13,5 Hz accordingly). This asymmetry of α -rhythm does not reflect the emotional significance of the stimulus, but shows the lack of maturity of central nervous system in preschool children.

Keywords: preschool children, correlation analysis EEG, α -rhythms, achievement the aim

Организма – это целостная саморегулируемая система, стремящаяся сохранить постоянство внутренней среды – гомеостаз – на всех уровнях и во всех системах. При этом целенаправленное поведение любого организма, являясь неотъемлемой частью его жизнедеятельности [2]. Отражение информационных характеристик достигаемой цели (скорости, времени и т.д.) сопряжено с когнитивной составляющей деятельности субъекта, а оценочная сторона цели (полезности, нужности и т.д.) отражается в активации системы эмоций. Именно поэтому в первую очередь при достижении цели наиболее ярко проявляются эмоциональные реакции – радость при быстром достижении желаемой цели и избегание вплоть до отказа при длительном и трудном ее достижении. Когнитивные характеристики достигаемой цели проявляются на более высоких уровнях саморегуляции – эндокринном, нейрогуморальном, вегетативном, центральном и т.д.

Сравнительные исследования поведения человека и антропоидов при достиже-

нии цели выявили, что высокие скорости и короткое время ее достижения активировали систему положительных эмоций. Смена скоростей и увеличение времени достижения отражалась в дискретном замещении положительных эмоций активацией системы ориентировочных реакций и сосредоточения и постепенном нарастании отрицательных эмоций [3, 10]. При этом оказалось, что перечисленные реакции четко коррелировали с общей динамикой variability сердечного ритма, индексом его напряжения (ИН) и перестройкой биопотенциалов головного мозга [4, 5].

К сожалению, нет четкого представления об отражении эмоций в ЭЭГ взрослых людей [1, 6] и практически нет онтогенетических исследований в этом направлении. В тоже время, по данным клинических исследований известно, что негативное эмоциональное состояние формируется правым полушарием, а положительное – левым [11].

Отсюда **задача** нашего исследования – попытка поиска биоэлектрических коррелятов целенаправленного поведения при активации системы эмоций у детей в онтогенезе. Отдельный интерес представляет анализ α -ритма, отражающий не только зрелость ЦНС ребенка дошкольного возраста, но и проявление его эмоциональных реакций.

Материалы и методы исследования

Использовалась методика приближающейся цели (МПЦ) [9], основу которой представляет лента транспортера длиной 1000 мм. На дальнем ее конце помещалась цель-объект. Скорость движения цели задавалась исследователем и варьировалась в диапазоне от 250 до 5 мм/с, а испытуемый по команде «Внимание, работай!» запускал устройство с помощью кнопки, находящейся перед ним.

В процессе исследования велась видеозапись для анализа поведенческих реакций саморегуляции с параллельной регистрацией ЭЭГ от 10 отведений: Fp1, Fp2, F3, F4, P3, P4, T3, T4, O1, O2, расположенных по международной схеме 10-20, монополярно с объединенным ушным электродом на 21-канальном блоке усилителя фирмы «Мицар ЭЭГ» (Санкт-Петербург) и персональном компьютере. Обработка ЭЭГ осуществлялась в программе «MitsarWinEEG».

Рассматривались изменения кросскорреляционных связей ЭЭГ, динамика диапазонов частот α -ритма и асимметричность его распределения по отведениям за период не менее 60 с для каждой из предъявленных скоростей с последующим усреднением по группе испытуемых.

Статистический анализ результатов проводился на основе программного пакета StatSoft Statistika 6.0 с использованием непараметрического Т-критерия Вилкоксона. Значимыми считались различия на уровне не менее $P < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Ранее было установлено, что у всех испытуемых-приматов, независимо от возраста, вида и пола (дети, взрослые люди, шимпанзе) изменение скорости приближающейся цели сопрягалось с дискретной активацией модулирующих систем: эмоциональных реакций, сосредоточения и ориентировочного рефлекса [5, 10].

Как правило, достижение испытуемыми объекта, приближающегося со скоростями 250 и 125 мм/с, происходило на фоне спокойного эмоционально положительного реагирования на ситуацию.

Движение объекта, приближающегося со скоростями от 50 до 25 мм/с, активировало защитные поведенческие реакции саморегуляции пассивного избегания (отведение взгляда, отворачивания от установки и т.д.) и сопровождалось появлением тенденции к сокращению времени слежения за движущимся объектом. Дальнейшее снижение скорости движения цели до 10 и 5 мм/с уси-

лило проявляемость негативных реакций и достоверно ($p = 0,002$) сократило время слежения по сравнению с предыдущими скоростями.

При этом распределение кросскорреляционных связей ЭЭГ оказалось сходным, как в спокойном состоянии при открытых глазах (ГО), так и в ответ на снижение скорости движения объекта от 250 до 5 мм/с (кроме скорости 50 мм/с), несмотря на противоположную по физиологической значимости эмоциональную окраску высоких и низких скоростей (рисунок).

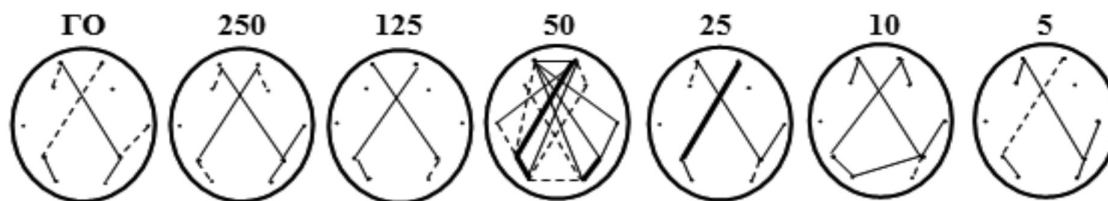
В этих ситуациях наиболее часто взаимосвязанными оказывались симметричные лобно-моторные (17–23%), левосторонние теменно-затылочные (от 16–24%) и правосторонние височно-теменно-затылочные (от 16–26%) зоны мозга, при этом устанавливались длинные межполушарные лобно-теменные связи (от 19–28%), так называемая «когнитивная ось» [8].

Обратил на себя внимание тот факт, что в состоянии при ГО и достижении цели, приближающейся со скоростью 5 мм/с, распределение корреляционных связей было одинаковым, как по конфигурации, так и по коэффициенту корреляции r от 0,4 до 0,6. Кроме того, достижение объекта, приближающегося со скоростями 250, 125, 25 и 10 мм/с, также оказалось сходным по конфигурации, но коэффициент корреляции увеличился r от 0,6 до 0,8.

В ситуации достижения цели, приближающейся со скоростью, равной 50 мм/с, активировалась система ориентировочной реакции. Психологически испытуемыми эта скорость воспринималась близкой к высоким скоростям, но визуально цель-объект двигался заметно медленнее, что приводило к рассогласованию в системе достижения цели (возникла неопределенность ситуации). Рассогласование в системе привело к десинхронизации корреляционных связей ЭЭГ, к значимой перестройке биопотенциалов головного мозга и усилению корреляции между отдельными его зонами во всех частотных диапазонах.

В отличие от других скоростей приближения цели, в данной ситуации не только сохранилось и/или увеличилось количество правосторонних височно-теменно-затылочных (от 30–40%) и левосторонних теменно-затылочных связей (45%), удвоилось число межполушарных лобно-теменных (с 20 до 40%), но и увеличился их коэффициент корреляции до 0,8–1,0 во всех частотных диапазонах.

Вместе с этим обратил на себя внимание факт появления новых ($r > 0,4–0,6$) межполушарных лобно-лобных, лобно-затылочных (до 25%) и лобно-височных (25%) связей.



Изменение распределения корреляционных связей при снижении скорости приближения цели. Обозначения: топограммы распределения корреляционных связей между исследуемыми зонами мозга. Пунктирные линии – от 15% до 19% связей, черные тонкие – от 20% до 29% связей, черные жирные – больше 30% связей

Изменение значимой частотной асимметричности распределения α -ритма ЭЭГ по изучаемым отведениям у детей 6–7 лет

Номера столбцов	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Диапазоны частот α -ритма, Гц	7,0–8,5	8,75–9,75	10,0–13,5	7,0–8,5	8,75–9,75	10,0–13,5	7,0–8,5	8,75–9,75	10,0–13,5	7,0–8,5	8,75–9,75	10,0–13,5
Топограммы												
Состояния	Фон (ГО)			250–125 мм/с			50–25 мм/с			10–5 мм/с		

Пр и м е ч а н и е : топограммы распределения α -ритма ЭЭГ по изучаемым отведениям у детей 6–7 лет в процессе достижения ими цели, соответствующие: Фон – исходное состояние (ГО). Цифры под топограммами – скорости достижения цели: 250–125 мм/с (эмоционально положительное состояние); 50–25 мм/с (состояние неопределенности); 10–5 мм/с (эмоционально отрицательное состояние). Точки на топограммах – отведения, в которых отмечалась достоверная ($p < 0,02$) частотная асимметричность α -ритма ЭЭГ в Гц.

При снижении скорости достижения объекта и смене эмоциональной окраски с положительной на отрицательную динамика α -ритма в диапазоне (8–13 Гц) у детей существенно не менялась, что согласуется с данными иностранных авторов [12], полученными на взрослых людях при «пассивном» просмотре эмоциональных фильмов.

Вместе с тем, дальнейший анализ полученных фактов выявил интересный нюанс изменения асимметричности α -ритма в зависимости от условий достижения цели по поддиапазнам.

Известно, что α -ритм окончательно формируется в 15–17-летнем возрасте [7], но уже к 7 годам появляется низкочастотный α -ритм (не более 8 Гц), еще не имеющий «веретенообразных» модуляций и градиента падения от затылочных зон к лобным и подразделяется на поддиапазоны: низкочастотный – от 7,0 до 8,5 Гц, среднечастотный – от 8,75 до 9,75 Гц и высокочастотный – от 10,0 до 13,5 Гц.

Однако в проведенной работе выяснилось, что у 77% детей с низкочастотным (от

7,0 до 8,5 Гц) диапазоном α -ритма наблюдалась сходная с фоном, значимая правосторонняя асимметрия практически по всем отведениям вне зависимости от активации модулирующих систем, связанных со скоростью достижения объекта (см. таблицу: 1, 4, 7 и 10 столбцы).

У 11,5% детей со среднечастотным (от 8,75 до 9,75 Гц) α -ритмом выявилась значимая левосторонняя асимметрия уже в исходном состоянии (ГО) и сохранилась при достижении цели сопровождающимся, как положительным, так и отрицательным эмоциональным реагированием (см. таблицу: 2, 5 и 11 столбцы соответственно). При достижении цели со скоростями 50–25 мм/с в ситуации неопределенности (столбец № 8) асимметрии не отмечалось.

Еще у 11,5% детей с высокочастотным (от 10,0 до 13,5 Гц) α -ритмом так же отмечалась значимая левосторонняя асимметрия в исходном состоянии, которая сохранилась не зависимо от эмоционального восприятия приближающегося объекта, определяемого скоростью его достижения (см. таблицу: 3, 6, 9 и 12 столбцы).

Общей закономерностью для двух последних групп детей оказалось сохранение асимметричной активности α -ритма, относительно исходного состояния, в передних отделах левого полушария и исчезновение ее в задних отделах того же полушария при достижении объекта, приближающегося со все более низкими скоростями.

Таким образом, полученные факты распределения α -ритма в ЭЭГ детей 6-7 лет, характеризуя уровень зрелости коры их головного мозга, свидетельствуют о том, что у большей части детей этого возраста α -ритм еще не сформирован и имеет низкочастотный диапазон, у меньшей находится на стадии завершения или уже завершил свое формирование, что согласуется с работами детских психофизиологов [7].

Заключение

В работе показано, что у детей 6-7 лет, равно как и у взрослых людей, усиление активности α -ритма в диапазоне 8-13 Гц в ассоциативных зонах правого полушария и асимметричное его распределение в теменно-височных областях является общим механизмом при восприятии эмоционально значимого стимула независимо от возраста человека [1, 6].

У детей, в отличие от взрослых людей, выявленная асимметричность распределения α -ритма по поддиапазонам, не связана с эмоциональной значимостью стимула и свидетельствует только о недостаточной зрелости их ЦНС.

Список литературы

1. Афтанас Л.И., Рева Н.В., Варламов А.А. и др. Анализ вызванной синхронизации и десинхронизации ЭЭГ при эмоциональной активации у человека: временные и топографи-

ческие характеристики // Журн. высш. нервн. деят. – 2003. – Т. 53. – № 4. – С. 485–494.

2. Гусева Н.Л., Меницкий Д.Н., Булгакова О.С. Ритмы головного мозга и сердца при монотонии // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2004. Т. 90. – № 8. – С. 23.

3. Кузнецова Т.Г., Овчинникова Т.С., Родина Е.А., Потребности, эмоции и поведение ребенка. СПб, 2011. – 126 с.

4. Кузнецова Т.Г., Голубева И.Ю., Рязанцева Т.В. Сравнительная характеристика успешности выполнения и поведенческих реакций саморегуляции макаки, шимпанзе и детей 2–3 лет при выборе по образцу конкретных и абстрактных изображений // Вестник психофизиологии. – 2012. – № 4. – С. 32–40.

5. Кузнецова Т.Г., Горбачева М.В. Роль реакций саморегуляции в организации целенаправленного поведения детей 6-7 лет // Международный научно-исследовательский журнал. Часть 1. 2013. – № 12 (19). – С. 23–28.

6. Лапшина Т.Н. Психофизиологическая диагностика эмоций человека по показателям ЭЭГ. Автореф. канд. дис. – М., 2007. – 26 с.

7. Мачинская Р.И., Соколова Е.С., Крупская Е.В. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщ. 2. Анализ когерентности альфа-ритма // Физиология человека. – 2007. – Т. 33. – № 2. – С. 5–15.

8. Свидерская Н.Е. Особенности пространственной организации ЭЭГ и психофизиологических характеристик человека при дивергентном и конвергентном типах мышления // Физиология человека. – 2011. – Т. 37, № 1. – С. 36–44.

9. Способ определения целеустремленности: А.с. 1410948 СССР. МКИ4 А61В5/16 // Открытия. Изобретения. – 1988. – № 27. – С. 44–46. Кузнецова Т.Г., Сыренский В.И., Наулайнен Б.А.

10. Сыренский В.И., Кузнецова Т.Г. Рефлекс цели у приматов. – Л.: Наука, 1990. – 120 с.

11. Davidson R.J., Marshall J.R., Tomarken A.J., Henriques J.B. While a phobic waits: regional brain electrical and autonomic activity in social phobics during anticipation of public speaking // Biol. Psychiat. – 2000. – V. 47. – P. 85–95.

12. Krause C.M., Viemero V., Rosenqvist A. et al. Relative electroencephalographic desynchronization and synchronization in humans to emotional film content: an analysis of the 4-6, 6-8, 8-10 and 10-12 Hz frequency bands // Neurosci. Lett. – 2000. – V. 286. – P. 9–12.