

ОТРАЖЕНИЕ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ В СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЭЭГ РАЗЛИЧНЫХ СОСТОЯНИЙ У ЛИЦ СО «СЛАБОЙ» И «СИЛЬНОЙ» НЕРВНОЙ СИСТЕМОЙ

*Лазуренко Д.М., Киroy В.Н., Асланян Е.В., Бахтин О.М.
НИИ НК им. А.Б. Когана ЮФУ, г. Ростов-на-Дону, Россия
E-mail: kiroy@krinc.ru*

ВВЕДЕНИЕ

Как известно, основываясь на работах Дакса и Брока, Джексон в 1868 году [11] выдвинул идею о «ведущем» полушарии, которая явилась первым теоретическим обобщением эмпирических наблюдений, связанных со специализацией двух полушарий коры мозга человека. Учитывая характер распределения ряда ведущих функций, в т.ч., связанных с речью, он сделал вывод о том, что у большинства людей ведущим («доминантным») является левое полушарие. Практически одновременно с формулированием концепции доминантности в научной литературе стали появляться данные, указывающие на особую роль правого, «субдоминантного» полушария. Развитие исследований в указанном направлении привело к формированию представлений о функциональной межполушарной асимметрии мозга и попыткам выяснения роли каждого полушария и их совместной деятельности в реализации различных психических функций и управлении поведением. В частности, исследования, выполненные с использованием методик, позволяющих ограничить поступление зрительной или слуховой информации одним полушарием, а также на больных с расщепленным мозгом [10] продемонстрировали значительные различия в деятельности двух гемисфер. Было показано, что левое полушарие участвует (в основном) в аналитических процессах, особенно в построении и понимании речи, обрабатывая поступающую информацию преимущественно последовательно (сукцессивно). Правое полушарие (у правшей) в большей степени отвечает за оперирование пространственными объектами, музыкальные способности и обрабатывает информацию преимущественно параллельно целостными гештальтами (холистически). Последнее подтверждается, в частности, исследованиями интеллекта здоровых людей, проводимыми с помощью теста Векслера, в которых правши демонстрируют более высокий уровень невербального интеллекта [12, 13]. Наиболее общий вывод о специализации правого полушария состоит в том, что оно достаточно опосредованно связано с лингвистическими функциями, скорее, специализируется на реализации сложных зрительно–перцептивных процессов и анализе пространственных отношений между частью и целым.

В настоящем исследовании была предпринята попытка изучения взаимосвязи свойств нервных процессов (силы, уравновешенности, подвижности) с параметрами ЭЭГ, регистрируемой как в состоянии покоя, так и в процессе выполнения человеком реальных и мысленных движений, а также с характером функциональной межполушарной асимметрии, формирующейся в данных состояниях. Известно, что лица, различающиеся по свойствам нервных процессов, существенно различаются по своим индивидуальным характеристикам. Так, сила нервной системы является основой не только для лучшего запоминания, особенно в трудных условиях, но и для большей внушаемости, которая тем больше, чем выше мощность альфа-ритма в фоне, т.е. чем меньше активированность [5]. Голубева Э.А. [2] указывает, что люди, у которых возбуждение преобладает над торможением, лучше запоминают вербальный материал, а имеющие обратное соотношение – наглядно-образный. Было показано, что частота и амплитуда альфа-ритма в ЭЭГ подростков со «слабой» нервной системой ниже, а свойства темперамента (активность, пластичность, темп выполнения операций) положительно коррелируют с выраженностью в ЭЭГ альфа- и бета-ритмов. С другой стороны, показано, что специфический нейродинамический и психологический профиль, в значительной мере коррелирует с типом функционального профиля латеральной организации мозга и претерпевает изменения в динамике организации как моторики, так и сенсорики [8].

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В обследовании приняли участие 15 студентов и сотрудников ЮФУ (9 девушек и 6 юношей, все правши). Средний возраст группы составил 22 года. Во время обследования участники находились в свето-звукоизолированной камере, в кресле, в удобной для них позе. В процессе работы они выполняли 3 типа движений: сгибание руки в локтевом суставе, маятникообразные движения рукой от локтевого сустава в горизонтальной плоскости, сжатие пальцев руки в кулак. Движения выполнялись отдельно левой и правой руками, реально или мысленно. В качестве маркеров, задающих начало соответствующего движения, использовались слайды с изображениями стрелок, указывающих направление, руку и способ выполнения движения (чёрные – реально, серые – мысленно) (рис.1).

ЭЭГ регистрировали монополярно в стандартных отведениях F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2, по схеме 10×20. Индифферентные электроды размещались на мочках ушей. Параллельно регистрировали электроокулограмму и электромиограмму от мышц обеих рук. Частота дискретизации сигнала составляла 250 Гц, полоса

пропускания – от 0,5 до 100 Гц. Для устранения сетевой наводки использовался режекторный фильтр (50 Гц). В анализ отбирались 1-секундные ЭЭГ-эпохи, непосредственно предшествующие (Фон, оперативный покой) или следующие сразу за меткой предъявления стимула (Д и МД). Оценивали усредненную спектральную мощность (СпМ) дельта-(0,5-3,5 Гц), тета-(3,5-7,5 Гц), альфа-(8-13,0 Гц), бета-1-(13,0-19,0 Гц), бета-2-(19,0-30,0 Гц), гамма-1-(30,0-48,0 Гц) и гамма-2-(52,0-70,0 Гц) частотных диапазонов.



Рис. 1. Стимульный материал, использованный в эксперименте. Движения выполнялись отдельно правой (ПР) и левой (ЛР) рукой, в вертикальной (в/н), горизонтальной (б) плоскости и сжатие кисти в кулак (к).

Статистический анализ проводился с использованием дисперсионного анализа ANOVA-MANOVA, реализованного в пакете прикладных программ Statistica 6. При $p \leq 0,05$ различия считали достоверными, **при $0,05 < p \leq 0,08$ – существенными**. Выделяли 4 состояния: Покой – спокойное бодрствование с открытыми глазами; Фон (оперативный покой) – готовность к выполнению движения, состояние повышенного внимания; Д – реальные движения и МД – мысленные движения. В отличие от состояния покоя, состояния Фон, Д и МД рассматривались как частные случаи состояния активного бодрствования.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ характеристик ЭЭГ объединенной группы обследуемых (15 чел.), не выявил значимых различий между реальными или мысленными движениями, как и между состоянием готовности (Фоном) и деятельностью, а также эффектов, связанных с межполушарной асимметрией для разных состояний, что можно объяснить высокими индивидуальными различиями, которые, в частности, согласно [4] формируют тонические особенности ЭЭГ. Достоверно отличались лишь состояния спокойного и активного бодрствования ($F(1;14)=574,130$; $p=0,000$).

Обследования, проведенные с помощью опросника Стреляу, характеризующего силу, уравновешенность и подвижность нервных процессов, позволили с высокой степенью достоверности ($F_{1-2}(1;13)=8,248$; $p=0,013$) разделить испытуемых на 2 группы: группа 1 (6 чел.) – неуравновешенные в сторону торможения, со «слабой» нервной системой и низкой подвижностью нервных процессов; группа 2 (9 чел.) – неуравновешенные в сторону возбуждения, с «сильной» нервной системой и высокой подвижностью.

Анализ СпМ ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии спокойного бодрствования с открытыми глазами (ОГ) до и после проведения основного обследования, не выявил достоверных различий ни по одному из анализируемых ритмов. Межполушарные различия также отсутствовали. Это указывало на стабильность функционального состояния обследуемых на протяжении эксперимента. При этом были выявлены достоверные межгрупповые различия ($F_{1-2}(1;13)=44,326$; $p=0,000$), наиболее выраженные на альфа- и бета-частотах. Как известно, выраженность и характер распределения альфа-частот, их пространственно-временная организация определяются уровнем активности фронто-таламической регуляторной системы и выраженностью тормозных управляющих кортикофугальных влияний [6]. Анализ пространственно-временной организации этой активности в покое может служить основой для деления обследуемых на группы с «сильной» и «слабой» нервной системой.

Межгрупповое сравнение усреднённых значений СпМ ЭЭГ, зарегистрированной в состоянии активного бодрствования, показало наличие достоверных различий ($F_{1-2}(1;13)=54,711$; $p=0,000$), заключающихся в большей выраженности частот альфа-, бета- и гамма-диапазонов у лиц с «сильной» нервной системой. Мощность частот альфа- и бета-ритмов в ЭЭГ обследуемых 2 группы была в 3-3,5 раза в покое и в 2-2,5 раза – в деятельности выше, чем у 1 группы, а рост мощности высокочастотных (гамма) компонентов зависел от характера выполняемой деятельности (реального или мысленного движения). Признаков четкого доминирования одного из полушарий в состоянии оперативного покоя выявлено не было.

Результаты проведенного нами ANOVA-анализа спектральных характеристик ЭЭГ показали что, по сравнению с состоянием оперативного покоя, при реализации движений (как реальных, так и мысленных) в электрической активности мозга обследуемых **разных групп** регистрировались однонаправленные изменения, заключавшиеся в росте мощности медленных (дельта- и тета-) частот. Последнее может быть связано с формированием компонентов вызванного потенциала (ВП) на

предъявляемые стимулы, которые могли войти в эпохи, отбираемые для анализа. Для остальных частотных диапазонов были показаны межгрупповые различия: если для 1 группы, со «слабой» нервной системой и низкой подвижностью нервных процессов, не удалось выявить сколько-нибудь значимых ЭЭГ-коррелятов реальных или мысленных движений, то у обследуемых 2 группы в деятельности наблюдалось выраженное практически по всей поверхности коры снижение альфа- и бета-частот при параллельном росте мощности гамма-частот, особенно в ситуации мысленного представления движений, что может указывать на протекание в соответствующих областях коры специфических информационных процессов (Рис. 2).

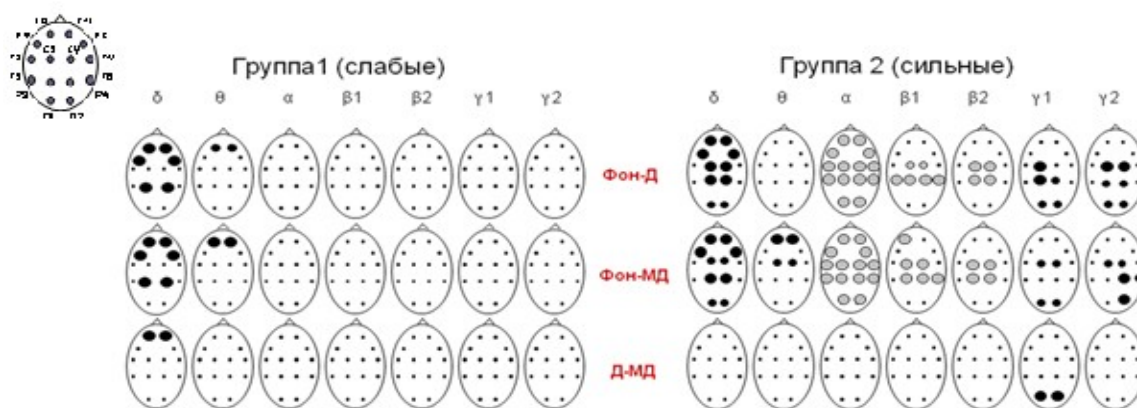


Рис. 2. Графическое изображение результатов однофакторного ANOVA-анализа СпМ ЭЭГ обследуемых двух групп, зарегистрированной в разных состояниях. Обозначения: Фон – оперативный покой; Д – реальное движение; МД – мысленное; черные круги – рост СпМ; серые – снижение; большие круги – достоверные различия ($p \leq 0,05$); малые – тренд ($0,05 < p \leq 0,08$).

Наиболее выраженный рост гамма-частот наблюдался при выполнении реальных движений правой рукой в вертикальной и горизонтальной плоскостях в отведениях контрлатерального (левого) полушария, а именно, в центральных и теменно-височных отделах коры. Пространственно-временной паттерн активности в правом полушарии также был контрлатерален работающей руке, однако, он был хуже выражен и менее четкий. Это полностью соответствует данным о преимущественной роли левого полушария в организации произвольных движений правой и, возможно, левой руками [9]. Сравнительный анализ активности симметричных пар отведений показал, что выполнение реальных движений как правой, так и левой рукой, приводит к формированию одного фокуса активности (рост спектра мощности) в центральном отведении левого полушария (C3) в гамма-1- и гамма-2-частотных диапазонах, другого – в затылочном отведении правого (O2) в бета-2-, гамма-1- и гамма-2-диапазонах, что

соответствует сведениям, приводимым в [7]. Последний факт может быть связан с участием затылочных долей мозга в формировании соответствующих зрительных образов, актуализируемых при выполнении движений. Вероятно также, что активность затылочных отделов коры (в большей степени выраженная справа) связана со зрительным контролем за реализацией движений, причем как реальных, так и мысленных. Рост спектральной мощности, сопровождавший выполнение реальных движений, в левой центральной области коры (C3), превышал показатели симметричного отведения (C4) в гамма-1-диапазоне на 37 %, в гамма-2- на 35%, а СпМ в правой затылочной доле (O2) была выше, чем в левой (O1), в бета-2- на 45%, гамма-1- на 55% и гамма-2-диапазоне на 57 %.

Выполнение мысленных движений, вне зависимости от того, какой рукой они реализовались, имело выраженные региональные различия, и в большей степени было связано с ростом высокочастотной гамма-активности в отведениях правого полушария, а именно, в правых теменно-затылочных областях с фокусами активности в отведениях P4, T6, O2, в бета-2-, и гамма-2-частотных диапазонах. СпМ правой теменной области (P4) в бета-2-диапазоне была выше на 36 %, в гамма-1- на 36%, гамма-2- на 23%, в правой задневисочной (T6) в бета-2- на 27 %, в гамма-1- на 36%, гамма-2- на 40%, правой затылочной (O2) – на 45%, 55% и 52 %, соответственно, чем в симметричных отведениях левой гемисферы (Рис. 3).

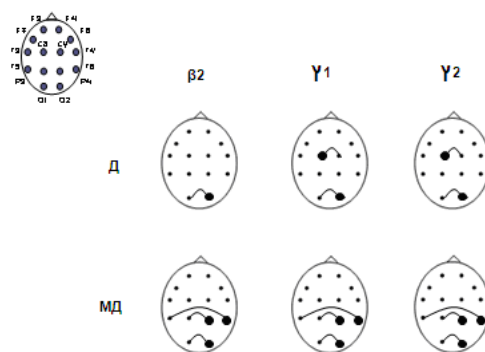


Рис.3. Графическое изображение результатов однофакторного ANOVA-анализа межполушарной асимметрии, зарегистрированных у обследуемых 2 группы в разных состояниях (реальное и мысленное движение) для трех частотных диапазонов (бета-2-, гамма-1- и гамма-2-). Обозначения как Рис. 2.

Суммарная СпМ ЭЭГ теменно–затылочных отведений правого полушария превосходила показатели левого, в среднем, на 39 %, что может указывать на его преимущественную роль в реализации идеомоторных актов, и, возможно, может служить коррелятом такого рода процессов. Мы полагаем, что идеомоторные акты

являются более сложными в плане их выполнения, особенно для нетренированных людей, по сравнению с реальными движениями, поскольку решение таких задач требует определенного уровня воображения и концентрации, о чем свидетельствует более выраженное снижение мощности альфа-ритма у лиц с «сильной» нервной системой.

Полученные данные согласуются с представлениями о межполушарной специализации, согласно которым правое полушарие является основным морфологическим субстратом первосигнальных, а левое – второсигнальных функций [3]. Как, по-видимому, справедливо указал Э. Голдберг [1], левое полушарие связано, преимущественно, с реализацией языковых и моторных программ, а правое посредством психосенсорной функции – с пространственным анализом и формированием когнитивных карт, реализуемых психомоторной функцией левого полушария.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что свойства нервной системы коррелируют с характером пространственно-временной организации ЭЭГ, регистрируемой как в покое, так и в деятельности.

2. Выполнение как реальных, так и мысленных движений лицами с «сильной» нервной системой приводит к формированию выраженной межполушарной асимметрии ЭЭГ-активности, которая связана преимущественно с ростом СпМ высоких (гамма-1- и гамма-2-) частот, на фоне выраженного снижения мощности частот альфа- и бета-ритмов, в которых в значительно меньшей степени отражается функциональный профиль латеральной организации мозга.

3. Реальное выполнение движений сопровождается ростом СпМ преимущественно гамма-частот в отведениях полушария, контрлатерального работающей руке, которое наиболее выражено в центральных, теменных и затылочных отведениях левого полушария. Мысленное представление движений вызывает более существенные и более латерализованные (асимметричные) изменения СпМ бета-2- и гамма-частот, преимущественно в отведениях правого полушария.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голдберг Э. Управляющий мозг: Лобные доли, лидерство и цивилизация / Пер. с англ. Д. Бугакова. М.: Смысл. 2003. 335с.

2. Голубева Э. А. Электрофизиологическое изучение свойств нервной системы и некоторые индивидуальные особенности памяти человека. Докт. дис. М. 1975. С. 17-25.

3. Деглин В. Функциональная асимметрия — уникальная особенность человека. Наука и жизнь. 1975. № 1. С. 104-115.

4. Иващенко О.И., Берус А.В., Журавлев А.Б., Мямлин В.В. Индивидуально-типологические особенности базовых свойств личности (темперамента) в норме и их ЭЭГ-корреляты. Физиология человека. 1999. Т.25. № 2. С. 46-55.

5. Материалы итоговой научно-практической конференции. ЯМР исследования в Психологии (Под. ред. проф. Аминева Г.А., к.пс.н. Аминева Э.Г.) Уфа, 1999. 164с.

6. [Мачинская](#) Р. И., [Соколова](#) Л. С., [Крупская](#) Е. В. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Физиология человека. 2007. Т. 33. № 2. С.5-16.

7. Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг. Асимметрия мозга. М.: 1983. 22 с.

8. Хомская Е.Д., Ефимова И.В., Будыка Е.В. и др. Нейропсихология индивидуальных различий. Учебное пособие. М.: Российское педагогическое агентство. 1997. 281с.

9. Фарбер Д.А., Анисимова И.О. Функциональная организация коры больших полушарий при выполнении произвольных движений. Возрастной аспект. Физиология человека. 2000. № 5. С. 35-43.

10. Bogen J.E. The other side of the brain. VII: Some educational aspects of hemispheric specialization, UCLA Educator 17. 1975. P 24-32.

11. Jackson J.H. Selected writings of John Hughlings Jackson, ed. J. Taylor. New York. Basic Books. 1958. P. 32-37.

12. Levy J. Possible Basis for the evolution of the lateral specialization of the human brain. Nature, 224. 1969. P 614-615.

13. Levy J. Psychobiological implications of bilateral asymmetry, in major and minor hemispheres. Springfield. 1974. P. 121-183.