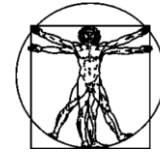


DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2018.2.09
УДК 612.82. 08: 519.2-37+5:1



**Российский
Журнал
Биомеханики**
www.biomech.ru

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ МОЗГА: МЕХАНИКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

**Н.К. Оконская¹, Т.А. Осечкина², М.А. Аликина³,
Т.Ф. Пепеляева¹, В.Ю. Иванкин¹, М.А. Ермаков¹**

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Россия, 614000, Пермь, Комсомольский проспект, 29, e-mail: nataokonskaya@rambler.ru

² Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики, Россия, 190103, Санкт-Петербург, Рижский проспект, 26

³ Таврическая академия Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, Россия, 95007, Симферополь, пр. Акад. Вернадского, 4, e-mail: alikina93@gmail.com

Аннотация. Исследуется функциональная асимметрия мозга. Зависимость интеллектуальной деятельности человека в ее связи с функциональной асимметрией проверяется на основе эмпирического материала электроэнцефалографии. При тестировании электроэнцефалографии были проведены три дополнительных теста электроэнцефалографии по отношению к рутинным вариантам тестирования (подражание биологическому движению, подражание небιологическому движению, выполнение самостоятельных движений). Расчет средних значений импульсов электрозатрат мозга в симметричных точках снятия показаний электроэнцефалографии по всем испытуемым (51 человек) обнаружил, что в 80% случаев коэффициент корреляции больше 0,99, что статистически означает совпадение результатов измерений. Однако в 20% случаев статистические значения отражают несовпадение результатов в симметричных точках снятия показаний всех типов волн. Сделан вывод об относительности межполушарной асимметрии, так как оба полушария включаются в выполнение одних и тех же упражнений, участвуя в одних и тех же родах деятельности. Левое полушарие не только логически активно, но и функционирует в эмоционально-чувственной фазе активности (у праворуких), и наоборот, при повторном выполнении одних и тех же заданий начинает преобладать повышение амплитуды волн импульсов нейронов. Фиксируемое таким образом возбуждение (мю-ритм импульсов нейронов, или ритмы так называемого «холостого хода») означает переключение затрат энергоактивности мозга с одного полушария на другое: по законам соотношения тормозной доминанты и возбуждения пластичная реактивность в нейронной сети возможна лишь тогда, когда значительная область системы нейронов заторможена. Следовательно, роль функциональной асимметрии значительнее, чем роль межполушарной асимметрии. Спонтанная активность нейронов мозга, связанная с когнитивной мыслительной активностью, возникает на фоне десинхронизации эмоционально-чувственной активности. В результате энергозатраты идут не непосредственно на выполнение операции, а на создание подходящего фонового условия – подавление ритмов, связанных с жизнеобеспечением.

Ключевые слова: функциональная асимметрия мозга, межполушарная асимметрия мозга, тормозная доминанта, мю-ритм, альфа-ритм.

© Оконская Н.К., Осечкина Т.А., Аликина М.А., Пепеляева Т.Ф., Иванкин В.Ю., Ермаков М.А., 2018
Оконская Наталья Камильевна, д.филос.н., профессор, профессор кафедры философии и права, Пермь
Осечкина Татьяна Алексеевна, к.ф.-м.н., доцент, преподаватель учебного отделения сервиса и прикладной информатики, Санкт-Петербург
Аликина Маргарита Александровна, магистрант, Симферополь
Пепеляева Татьяна Федоровна, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики, Пермь
Иванкин Валерий Юрьевич, к.т.н., доцент кафедры металлорежущих станков и инструментов, Пермь
Ермаков Михаил Александрович, старший преподаватель кафедры социологии и политологии, Пермь

ВВЕДЕНИЕ

Главная особенность современной науки – это ее междисциплинарность, что характеризует тенденцию синтеза научных знаний и преодоления чрезмерной их дифференциации. Раздробленность информации по отдельным областям опасна «зацикливанием» науки на воспроизведении уже известных феноменов, которые не совпадают по интерпретации в разных науках. Примером «терминологической чересполосицы» в овладении научной информацией [3] еще в недавние 70-е гг. XX столетия были такие понятия, как «система», «структура», «элемент», «модель» и пр. Сегодня эти термины универсализированы настолько, что разночтения не возникает, что свидетельствует об эффективности интеграции знаний.

Однако в ряде дисциплин остаются «невнятные» понятия, интерпретируемые по-разному. Так, для нейрофизиологии категория асимметрии имеет в разных подходах диаметрально противоположные значения. Если межполушарная асимметрия рассматривается в качестве необходимой нормы функционирования мозга человека, то функциональная асимметрия чаще интерпретируется как нарушение. Даже во врачебной практике принято относиться к функциональной асимметрии с тревогой как к симптому, который требует терапии, чтобы данное состояние не переросло в патологическое. Отношение к этим видам асимметрии необходимо изменить в соответствии с содержательной характеристикой роли этого феномена в живом организме.

Движение живого организма совершается за счет асимметрии – тканей, органов, функций и пр. [4]. Асимметрия превращает отдельную область любой системы из замкнутой в открытую для взаимодействия с другими системами. Как считал еще астрофизик академик В.А. Амбарцумян, «в будущем доля симметрии будет убывать, а доля асимметрии – увеличиваться...» [1]. Особенную роль в организме человека играет именно асимметрия мозга в двух неравнозначных видах: межполушарном и функциональном. Под углом зрения функциональной асимметрии мозга различные виды асимметрии приобретают новое качественное содержание.

МАТЕРИАЛЫ, ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ

Основным эмпирическим материалом для исследования феномена функциональной асимметрии мозга в ее взаимосвязи с межполушарной асимметрией в данной статье стала серия экспериментальных данных лаборатории Таврической академии Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского, полученных соавтором статьи М.А. Аликиной.

Экспериментальную базу составляет серия данных электроэнцефалографии.

В исследовании принял участие 51 здоровый взрослый испытуемый (мужчин – 21, женщин – 30) в возрасте от 18 до 32 лет.

Электроэнцефалография регистрировалась при помощи 24-канального энцефалографа «Нейрон спектр – 3» (фирма «Нейрософт», Иваново) в диапазоне частот от 1 до 30 Гц. Для записи и анализа данных использовалась компьютерная программа *EEG Mapping 3* (программист Е.Н. Зинченко). В качестве референтного электрода служили объединенные контакты, закрепленные на мочках ушей. Частота оцифровки сигналов электроэнцефалографии составляла 250 с^{-1} . Обработка сигналов производилась с помощью быстрых преобразований Фурье с последующим сглаживанием по методу Баттерворта.

Потенциалы электроэнцефалографии отводились монополярно от фронтальных (F_3 , F_4 , F_z), центральных (C_3 , C_4 , C_z), затылочных (O_1 , O_2), теменных (P_3 , P_4 , P_z), височных (T_3 , T_4) локусов в соответствии с международной системой наложения электродов 10–20 (рис. 1).

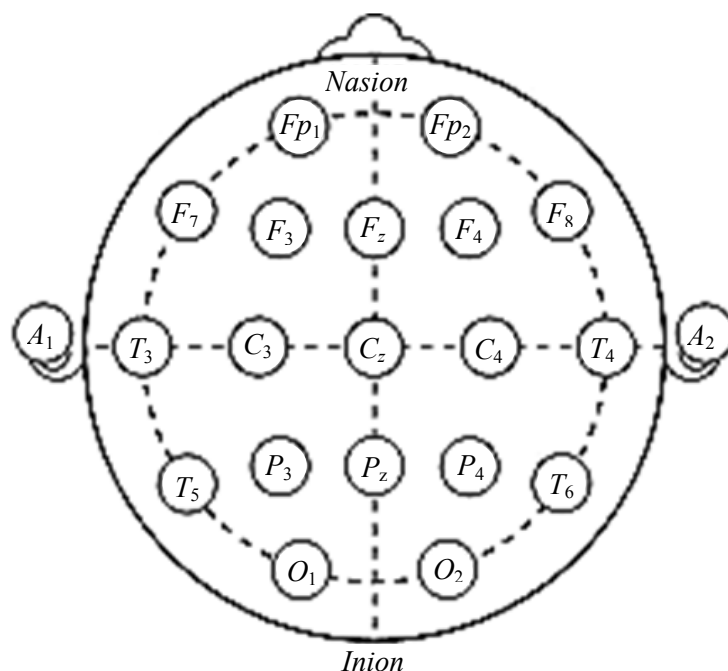


Рис. 1. Схема наложения электродов

В ходе эксперимента испытуемый и экспериментатор находились за расположенными рядом столами, экспериментатор справа. На каждом столе были размещены монитор и компьютерная мышь. Запись электроэнцефалографии производилась в следующих экспериментальных ситуациях:

1. Спокойное бодрствование с закрытыми глазами.
2. Зрительная фиксация на статическом изображении на экране дисплея в спокойном расслабленном состоянии.
3. Выполнение самостоятельных круговых движений мышью по часовой стрелке с произвольной скоростью.
4. Имитация движений светового пятна на экране монитора, скорость вращения которого вначале увеличивалась, затем уменьшалась.
5. Имитация испытуемыми скорости концентрических движений руки экспериментатора с мышью, которые фиксировались с помощью веб-камеры и передавались на дисплей, находящийся перед испытуемым. Экспериментатор периодически ускорял и замедлял движения мыши.
6. Наблюдение за круговыми движениями мышью экспериментатора.
7. Слуховое восприятие движения экспериментатора. Испытуемый находится в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами.
8. Совершение самостоятельных движений в противофазе с движениями экспериментатора.

Электрическая активность мозга, зафиксированная с поверхности головы при помощи метода электроэнцефалографии, представляет собой суперпозицию колебаний электрического поля, возникающего вследствие импульсной активности нейронов. Выделяют несколько частотных диапазонов, или ритмов электроэнцефалографии, характеризующихся различными амплитудно-частотными свойствами, особенностями генерации и функциональным значением: дельта-ритм (0,5–4 Гц), альфа-ритм (8–13 Гц), бета1-ритм (14–21 Гц), бета2-ритм (22–30 Гц) и гамма-ритм (более 30 Гц). В данном исследовании в первую очередь мы исследуем альфа-активность (диапазон волн в частоте от 8 до 13 Гц) в силу наибольшей пластичности этого диапазона волн во всех зонах коры мозга: зрительной, слуховой, сенсомоторной и пр.

«Подсчитано, что для того, чтобы колебания электрического потенциала могли регистрироваться на поверхности скальпа, требуется синхронизация активности нейронов в корковых зонах размером не менее 6 см^2 [8]. У человека подавление альфаритма происходит, когда он выполняет какое-либо движение или, после определённой тренировки, когда он визуализирует (представляет) выполнение движений. Это подавление называется десинхронизацией (уменьшение амплитуды и мощности сигнала). Мы связываем десинхронизацию с увеличением числа вовлеченных в действие нейронов, которые действуют асинхронно.

Рассматриваемые ситуации на нижеприведенных схемах располагаются в следующем выбранном для описания порядке:

1, 2, 3, 4 – спокойное бодрствование с закрытыми глазами.

5 – слуховое восприятие движения экспериментатора. Испытуемый находится в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами.

6 – наблюдение за круговыми движениями мышью экспериментатора (видео выводится на экран перед испытуемым).

7, 8, 9, 10 – зрительная фиксация на статическом изображении на экране дисплея в спокойном расслабленном состоянии.

11, 12 – выполнение самостоятельных круговых движений мышью по часовой стрелке с произвольной скоростью.

13 – имитация движений светового пятна на экране монитора, скорость вращения которого вначале увеличивалась, затем уменьшалась (подражание небологическому движению).

14 – имитация испытуемыми скорости концентрических движений руки экспериментатора с мышью, которые фиксировались с помощью веб-камеры и передавались на дисплей, находящийся перед испытуемым. Экспериментатор периодически ускорял и замедлял движения мыши (подражание «живому» движению).

15 – совершение самостоятельных движений в противофазе с движениями экспериментатора.

16, 17, 18 – выполнение самостоятельных круговых движений мышью по часовой стрелке с произвольной скоростью.

Для каждой ситуации был проведен анализ средних мощностей ритмов электроэнцефалографии в симметричных отведениях правого и левого полушарий.

В результате статистической обработки и анализа данных электроэнцефалографии решаются следующие задачи:

1. Обосновать понимание функциональной асимметрии мозга в качестве высшей формы асимметрии, интерпретируя функциональную асимметрию как стимулирование работы одного полушария за счет тормозящей силы другого полушария.

2. Подтвердить гипотезу функциональной асимметрии мозга у взрослых здоровых людей эмпирическим путем на основе результатов электроэнцефалографии и их математической обработки.

3. Выдвинуть гипотезу возможной потери функциональной асимметрии.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Функциональная асимметрия мозга как стимулирование работы одного полушария за счет тормозящей силы другого полушария

Метод электроэнцефалографии не дает возможности добиться точности пространственного разрешения взаимосвязи отделов мозга и выполняемых ими функций, таких как слуховая, зрительная, тактильная, чувство равновесия, сексуальное влечение, агрессия, страх, планирование, контроль и выполнение движений и др.

Функции жизнеобеспечения остаются главными основными функциями трех зон коры больших полушарий: сенсорной, моторной и ассоциативной. Метод электроэнцефалографии позволяет получить первичные данные о чередовании возбуждения/торможения больших групп нейронов в симметричных зонах коры головного мозга.

Для дальнейшего уточнения локализации больших групп нейронов, находящихся в состоянии перехода от возбуждения к торможению при когнитивной активности, необходимо сочетать исследование с другими методами, в частности, методом позиционно-эмиссионной томографии, позволяющим отследить пространственное разрешение нейронов на основе сканирования повышенного потребления глюкозы в активных участках мозга. Однако задача связать границы участков коры и выполняемые нейронами функции не ставилась в данной статье.

Мыслительная активность, проявляющая себя в лобных долях коры головного мозга, в ее ассоциативной зоне, предполагает перестраивание всей функциональной карты работы мозга и его отделов, что и изучают авторы статьи. Для исключения ассоциативной зоны из цепочки связей жизнеобеспечения и включения мыслительной активности требуется торможение значительных нейронных групп, принадлежащих максимально большей части мозга, – одному из полушарий. Познавательную и мыслительную деятельность человека сопровождает экспрессия генов, связанная с познанием нового, возникновение свободных ассоциативных связей одних нейронов с другими. На электроэнцефалографии данные цепочки гипотетически могут быть выявлены через замену высокочастотных низкоамплитудных участков (малая нормированная мощность) зонами низкочастотными, с повышенной амплитудой (повышенная нормированная мощность). Выявление таких изменений может свидетельствовать о торможении активности нейронов жизнеобеспечения, находящихся в активном состоянии.

Математическая обработка эмпирических данных электроэнцефалографии с целью обнаружения особенностей проявлений процессов торможения нейронных групп при смене видов активности испытуемых

В ходе расчета средних арифметических значений нормированных мощностей ритмов электроэнцефалографии в симметричных локусах электроэнцефалографии было обнаружено, что в 80% случаев коэффициент корреляции больше 0,99, что статистически означает совпадение результатов измерений. Однако в 20% случаев статистические значения отражают несовпадение результатов в симметричных точках снятия показаний всех типов волн. Эти пропорции (20% несовпадений и 80% совпадений) представляют для нашего исследования особый интерес как показатели изучаемой авторами статьи функциональной асимметрии. Если бы все симметричные точки правого и левого полушарий в своих показаниях совпадали при выполнении одних и тех же упражнений, то это свидетельствовало бы о полной симметрии вовлеченности структур правого и левого полушарий. И наоборот, если бы во всех симметричных точках были обнаружены несовпадения результатов измерения, то это было бы свидетельством попеременной работы правого и левого полушарий, или абсолютной межполушарной асимметрии. Последняя чаще всего рассматривается как логическая активность, осуществляемая в левом полушарии для праворуких, и чувственная активность правого полушария (для праворуких) в случаях разного рода деятельности. Однако этот способ интерпретации свидетельствует об упрощенном обыденном восприятии работы мозга.

В исследовании большое значение приобретает феномен появления точечных изменений альфа-ритмов, т.е. в зонах значительно меньше 6 см^2 . Такие скачки ритмов

известны и изучаются достаточно давно, о чем свидетельствуют следующие публикации [6, 7, 9, 11, 12]. Так, в автореферате С.Л. Шишкина указывается, что изменения мощности альфа-активности, как и других компонентов спектра электроэнцефалографии, при различных функциональных нагрузках могут наблюдаться в весьма ограниченных участках, специфических для того или иного типа деятельности [6]. Изменения мощности альфа-активности принято рассматривать в качестве одного из важных средств анализа функциональной топографии мозга человека [7, 9, 11, 12]. Точечные всплески изменений ритмов могут свидетельствовать о механизмах десинхронизации, хаотизации ритмов мозга, включаемых в определенных случаях, когда различные зоны коры, поддерживая работу всей системы коры в целом, включаются в ответ на «чужой» раздражитель. Так, например, зрительная зона может реагировать на слуховой сигнал, сенсомоторная зона – на зрительный, и все они вместе участвуют в интеллектуальной активности мозга.

Подавление активности левого полушария (у праворуких) и правого полушария (у леворуких) можно рассмотреть как следствие все возрастающей избирательности по отношению к получаемой информации. Когда у здоровых испытуемых мы наблюдаем асимметрию альфа-ритма в центральных отведениях, или мю-ритма, у шизофреников такая асимметрия отсутствует. Как отмечает Ж.В. Гарах, «отсутствие асимметрии мю-ритма электроэнцефалографии скорее всего не является специфичным маркером шизофрении» [2]. Отсутствие асимметрии наблюдается и у детей с аутизмом [13], и у пациентов с синдромом Дауна, и при эпилепсии [10]. Симметрия как признак отклонения в нормальном функционировании мозга требует дальнейшего исследования.

Таким образом, асимметрию мы рассматриваем как маркер гармоничного функционирования мозга здорового человека.

Для более полного понимания происхождения и роли функциональной асимметрии мозга человека требуются исследования особенностей интенсивности асимметричных показателей (при электроэнцефалографии) для разного рода проприоцептивных моментов (сигналов соматосенсорной системы о мире внутри нас).

Следует проанализировать моменты совпадений и несовпадений ритмов в симметричных точках полушарий для обобщения возможных причин такого асимметричного колебания. Отражение симметричности и несимметричности волн изображено на рис. 2 с помощью цветовых оттенков.

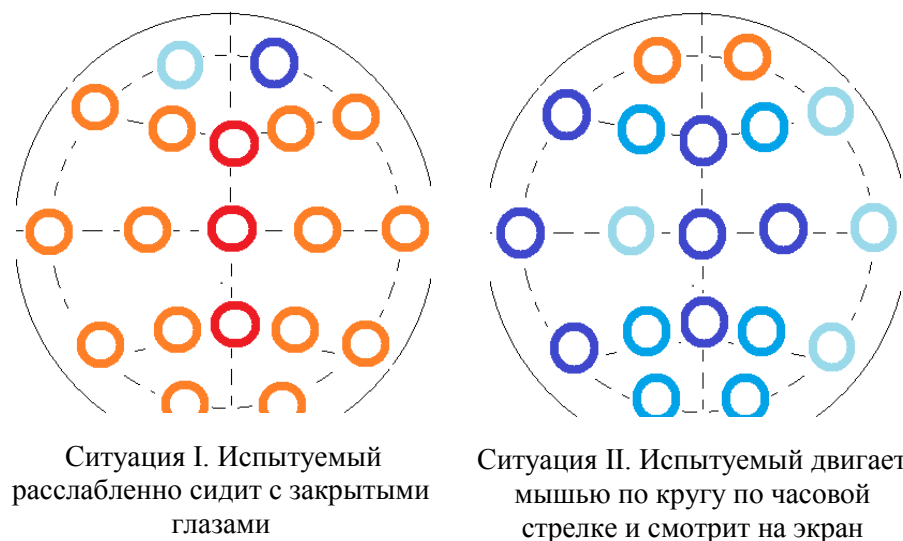


Рис. 2. Цветовая интерпретация интенсивности альфа-волн по всем точкам прикрепления электродов в зависимости от ситуации

Цвет кружков отражает степень интенсивности (частоту), обратную длине волн. Красный цвет и его оттенки – это наибольшие значения средних показателей длины волн, рассчитанных на основе электроэнцефалографии изучаемой выборки. Синий цвет представляет меньшие значения средних показателей длины волн. В каждом случае круги одного оттенка определяют точки со статистически равными значениями средних величин. Разные оттенки одного цвета определяют статистически различные значения средних в точках прикрепления оборудования при снятии данных электроэнцефалографии.

На схеме видна проявляющая себя функциональная асимметрия правого и левого полушарий при переходе от спокойного восприятия к аналогу «творческого» поведения. Если в спокойном состоянии средние значения частоты волн в разных точках прикрепления электродов всех испытуемых в правом и левом полушариях совпадают (розово-красные кружки одного оттенка), то в ситуации с решением испытуемыми задачи на схеме появляются кружки разного оттенка. Для левого и правого полушарий на общем фоне десинхронизации электрической активности происходит рост частоты и падение длины волн альфа-ритма.

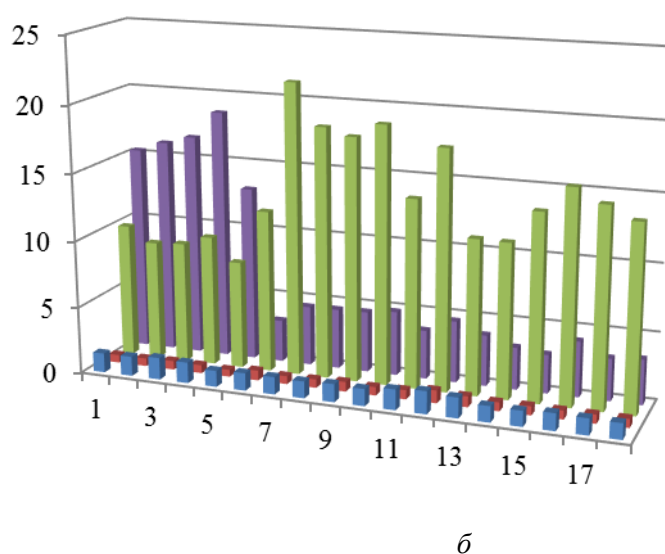
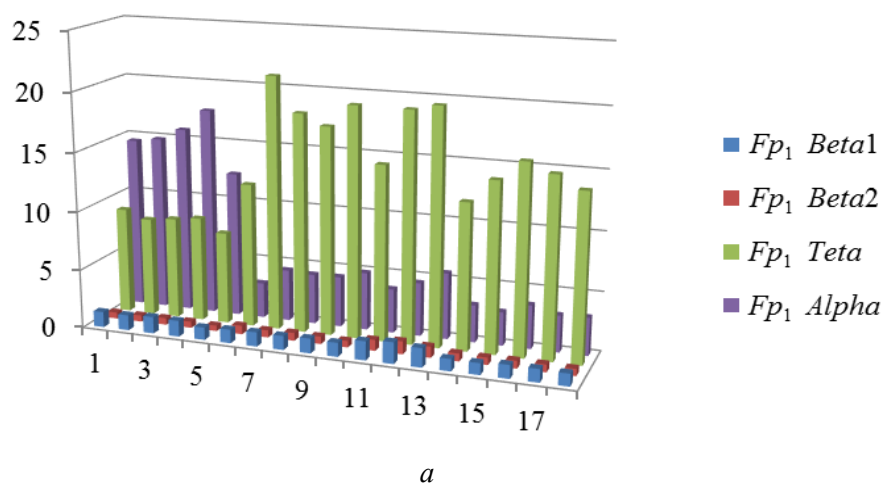


Рис. 3. Распределение средних значений нормированной мощности всех измеряемых волн в точках Fp_1 (а) Fp_2 (б) по рассматриваемым ситуациям

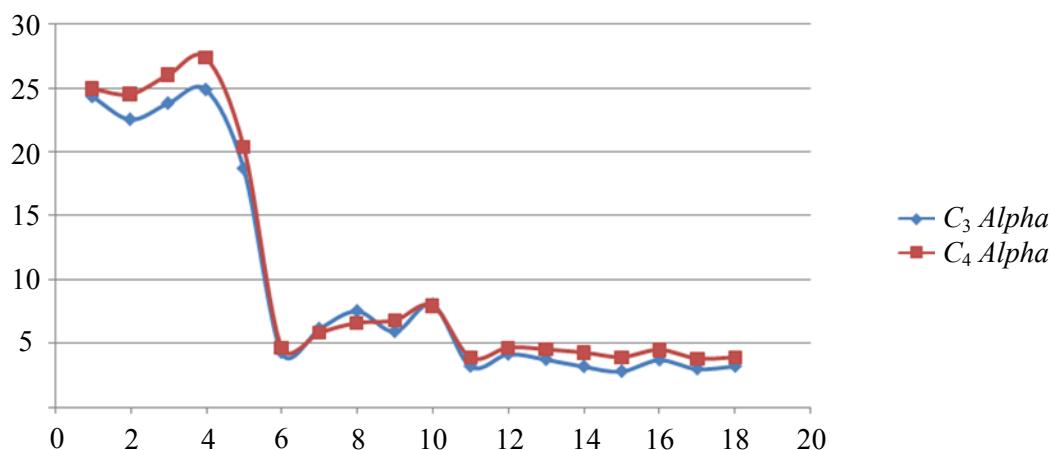


Рис. 4. Соотношение средних альфа-волн в симметричных точках C_3 и C_4

Дальнейшая статистическая обработка полученных данных позволила сделать следующие графические выражения результатов исследования (рис. 3). По оси абсцисс – номера экспериментальных ситуаций, по оси ординат – нормированная мощность ритмов электроэнцефалографии, $\text{мкВ}^2/\text{с}$.

Четко видны колебания ритмов альфа- и тета- в области левого и правого полушарий. При этом точки 6, 14 и 15 выделяются по уровню падения амплитуды альфа-волн. Эти показатели заслуживают особого внимания. Ситуации, соответствующие этим номерам, являются единичными, неповторяющимися (см. выше). Падение амплитуды само по себе говорит об исчезновении резонансного согласованного функционирования значительных по объему групп нейронов. Резонанс (большая амплитуда волн) сменяется падением амплитуды волн. Такое состояние системы является энергозатратным. Получается, что перемена деятельности, а также усложнение задания вызывает угнетение альфа-активности, что коррелирует с увеличением энергозатрат организма. Обыденное восприятие направленности прироста энергозатрат оказывается разрушенным. Энергозатраты идут не непосредственно на выполнение операции, а на создание подходящего фонового условия – подавление ритмов, связанных с жизнеобеспечением. Об этом же свидетельствуют данные и других исследователей [6].

Приведем дополнительные данные об изменениях альфа-ритмов в симметричных точках скальпа испытуемых (рис. 4).

Альфа- C_3 и альфа- C_4 : значения средних статистически равны в ситуациях 1, 5, 7, 10. Средние альфа-волн правого полушария (C_4) статистически больше соответствующих средних для левого полушария в ситуациях 3, 4, 6, 9, а также с 11-ю по 18-ю и статистически меньше в ситуации 8.

Явно видны несовпадения реакций правого и левого полушарий в определенных точках при совпадении значений в остальных ситуациях. Эти данные свидетельствуют о наличии функциональной асимметрии, топографически не привязанной ни к одному из полушарий («переход хода большей активности» от одного полушария к другому). Во всех ситуациях наблюдается сильная корреляция средних значений всех типов волн по симметричным точкам.

Для уточнения выводов рассмотрим отдельно диаграммы динамики средних значений в точках C_3 и C_4 для альфа-волн (рис. 5).

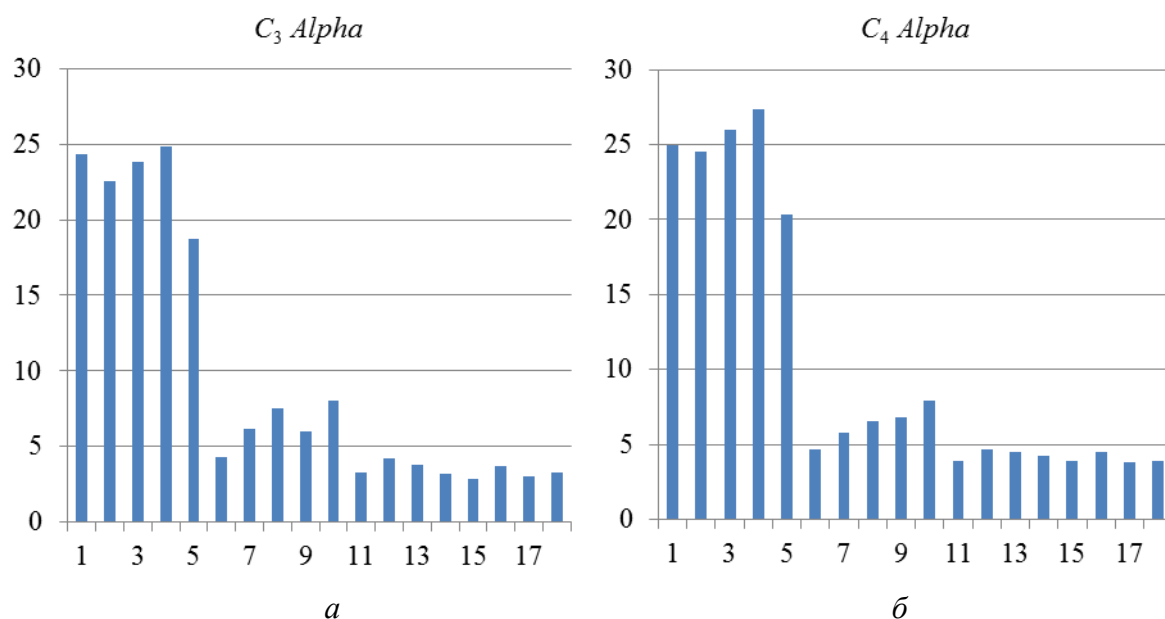


Рис. 5. Диаграмма распределения средних значений альфа-волн в точках C_3 (а) и C_4 (б)

Данные диаграммы, изображенные на рис. 5, примечательны тем, что дублирование ситуаций (с 1-й по 4-ю, или с 7-й по 10-ю, а также 11–12) не приводит к получению одинаковых средних показателей. При повторном выполнении одних и тех же заданий преобладает повышение амплитуды волн импульсов нейронов, связанных с востребуемой активностью (уменьшаются энергозатраты).

Однако в ситуации покоя с закрытыми глазами точка 2 дает понижение амплитуды волн импульсов и в левом, и в правом полушариях.

В серии 7, 8, 9, 10 точка 9 демонстрирует понижение амплитуды лишь для левого полушария.

Само по себе понижение амплитуды волн свидетельствует о напряжении, т.е. хаотизации активности нейронов.

Преобладающее повышение амплитуды ритмов говорит об автоматизации двигательной активности по мере дублирования одинаковых ситуаций. Автоматизация двигательной активности связана с высвобождением потенциалов для выполнения мотивированных внешними обстоятельствами видов активности. К таким немотивированным извне видам активности в первую очередь относится мыслительная творческая деятельность.

Вынесем отдельно параметры данных по серии ситуаций с 7-й по 10-ю (испытуемый сидит с открытыми глазами и смотрит на изображение компьютерной мыши на экране монитора) (рис. 5).

Из приведенных диаграмм можно сделать вывод, что для того вида активности, который потребовался для выполнения формально легкого малоинтеллектуального задания наблюдения за неживым объектом, не требуется подавления чувственно-эмоционального фона (правое полушарие). Автоматизация активности позволяет выполнить некоторого рода мыслительные отвлечения, о чем свидетельствует график для левого полушария, и без привлечения добавочной энергии организма. Мы опираемся на теоретические данные, которые свидетельствуют, что для подавления активности необходимо в разы больше энергии, чем для осуществления моторики [5].

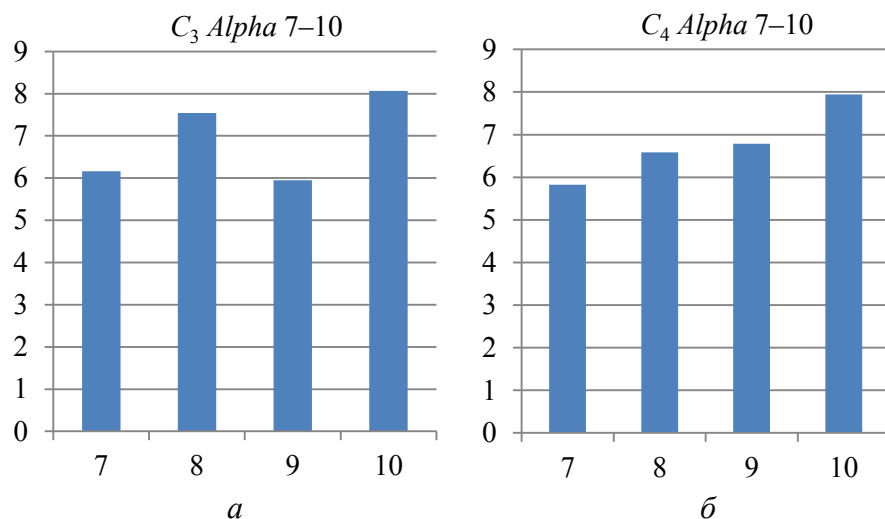


Рис. 6. Диаграммы средних значений альфа-волн в симметричных точках C₃ (а) и C₄ (б) в ситуациях 7–10

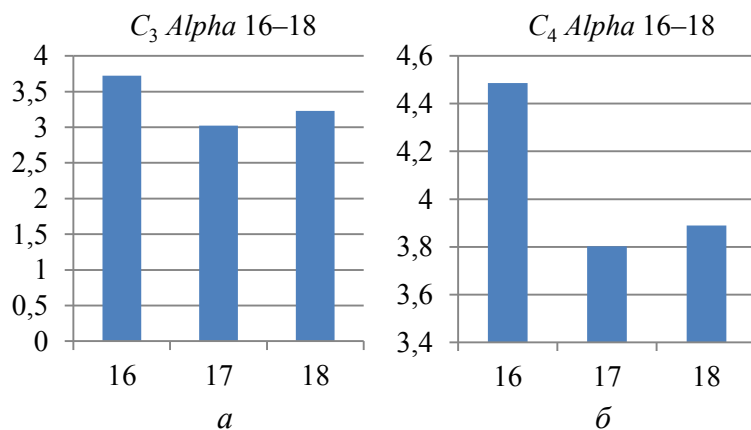


Рис. 7. Диаграммы средних значений альфа-волн в симметричных точках C₃ (а) и C₄ (б) в ситуациях 16–18

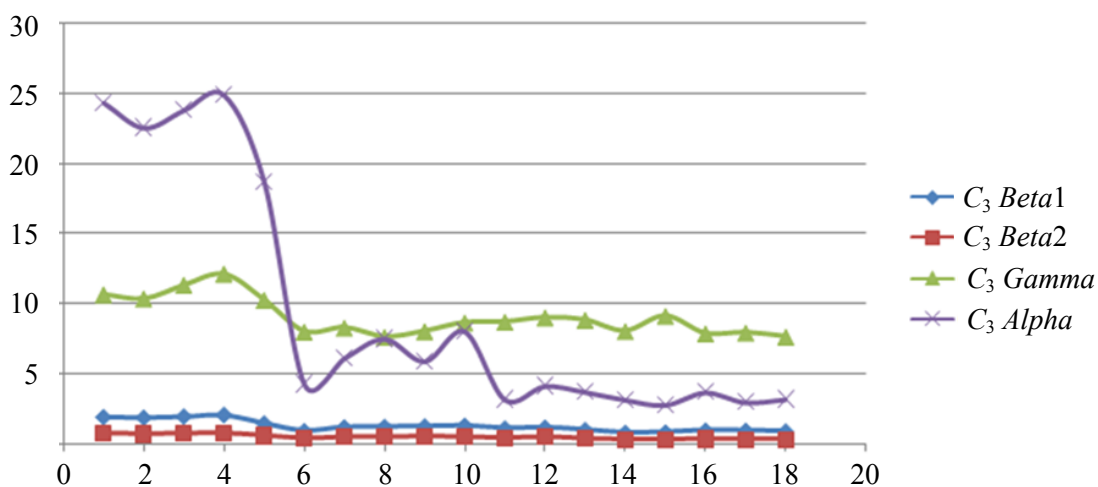


Рис. 8. Графическое представление распределения средних значений всех фиксируемых волн в точке C₃ по рассматриваемым ситуациям

Ситуации 16–18: испытуемый совершает круговые движения компьютерной мышью, смотрит на экран (рис. 7).

При совершении более интеллектуально насыщенных действий требуется подавление активности правого полушария.

Точка C_3 фиксирует ритмы длин волн левого полушария. На основании данной схемы отчетливо видно, что бета1- и бета2- волны не изменяют своей амплитуды при переходе от решения одних задач, выполняемых испытуемыми, к другим задачам (рис. 8). Поскольку бета-ритмы являются показателями стресса, депрессии, беспокойства, тревожности, то устойчивость данных ритмов свидетельствует о нормальной стрессоустойчивости испытуемых. Данный график интересен с точки зрения наибольшей активности изменений альфа-ритмов, что связано с когнитивными функциями мозга.

Гипотеза возможной потери функциональной асимметрии

Как известно, функциональная асимметрия не наблюдается при серьезных нарушениях психосоматики. Так, у больных шизофренией четко фиксируется слияние альфа- и мю-ритмов (рис. 9).

Самой простой гипотезой для объяснения данного феномена является разрушение воздействия слов, связанных с определенными группами нейронов мозга, что требуется для подавления центров эмоционально-чувственной активности, превалирующей в онтогенезе над интеллектуальной когнитивной деятельностью. Человек становится социально неадекватным, когда в его культурной практике отсутствует навык занятий умственным трудом. Умственный труд наиболее энергозатратен из всех видов деятельности. Умственный труд актуализирует всю межнейронную активность мозга (через гиппокамп), выстраивая новые синапсы для ассоциативных связей, касающихся абстракций, кодирующих культурные коды поведения. Однако лежащая в основе межполушарной асимметрии приобретенная новая способность (стимулировать мозг на работу второсигнальной сети нейронов) может изменить жизненно необходимый фон ритмов коры. Психопатология жителей больших городов, в особенности игровые и другие зависимости детей, может стать статистическим подтверждением этому. Вторая сигнальная система нейронных связей как самая энергозатратная может выйти из-под регулирующего воздействия

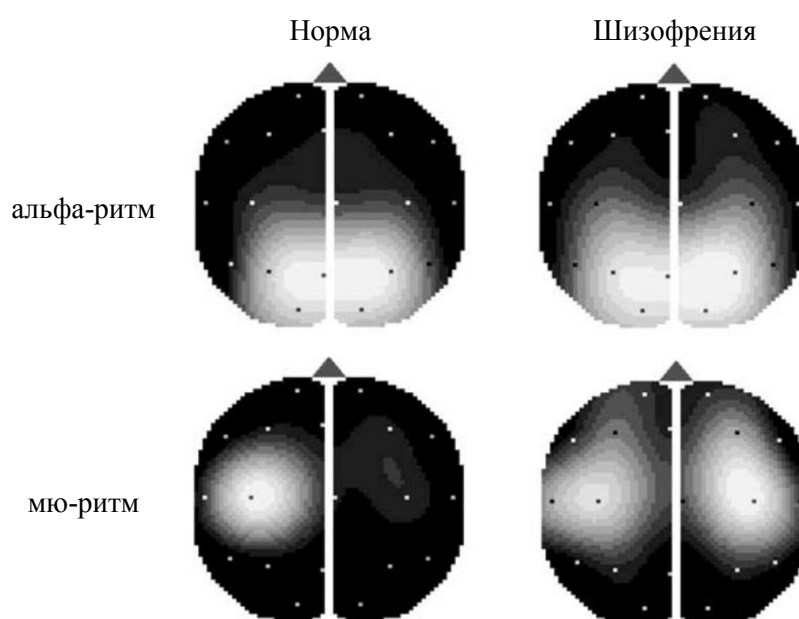


Рис. 9. Нормальный и патологический образцы чередований альфа- и мю-ритмов [2]

(периодического торможения, в котором она нуждается) эмоционально-чувственного фона реакций организма. Данный вид активности важен не только как стабилизатор излишних напряжений мозга, он обеспечивает и просодическую область когнитивной практики. Отсюда следует умозаключение: эмоциональная практика для человека не менее важна, чем логико-теоретическая.

Выводы

Таким образом, постановка проблемы и произведенный математический анализ полученных экспериментальных данных позволяют заключить следующее:

1. Функциональная асимметрия, судя по исследованию, является проводником (способом создания) перехода от одного мотивированного вида активности человека к другому через подавление симметрии (резонансного реагирования значительных групп нейронов, отражаемого на скальпе головы в виде альфа-волн, или волн покоя) электроактивности нейронов мозга. Без функциональной асимметрии невозможна эффективная полноценная избирательность работы мозга по отношению к получаемой сенсомоторной информации.

2. Чем значительнее различие видов активности, тем более мощное подавление волн покоя требуется, что проявляется в увеличении коэффициента падения амплитуды альфа-ритмов, вплоть до 20% в данном исследовании. Обобщением найденных закономерностей является суждение о том, что спонтанная активность нейронов мозга, связанная с когнитивной мыслительной активностью, возникает на фоне десинхронизации эмоционально-чувственной активности. Важно, что энергозатраты идут не непосредственно на выполнение операции, а на создание подходящего фонового условия, подавление ритмов, связанных с жизнеобеспечением.

3. Для гармоничного развития человека необходимо регулярное включение тормозной доминанты логического восприятия. Торможение естественным образом обеспечивается эмоционально-чувственными функциями нервной системы. Если торможение не наладить, то нарушается мера избирательного мировосприятия. Наиболее энергозатратная функция логического мировосприятия может создать патологическую латерализацию функций левого и правого полушарий, когда человек либо лишается возможности улавливать эмоционально-чувственное содержание коммуникаций, либо перестает понимать значение слов. Взрослому человеку необходимо создание рабочего динамического стереотипа не только логического мышления (чтение, пересказ, изучение иностранных языков и пр.), но и чувственно-эмоционального восприятия мира (музыка, живопись, кино, эмоциональный мир живого человеческого общения).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амбарцумян В.А. Загадки Вселенной. – М.: Педагогика, 1987. – 112 с.
2. Гарах Ж.В., Зайцева Ю.С., Новотоцкий-Власов В.Ю., Хаердинова О.Ю., Гурович И.Я., Шмуклер А.Б., Стрелец В.Б. Подавление мю-ритма ЭЭГ при представлении движения у больных // Социальная и клиническая психиатрия. – 2014. – Т. 24, № 3. – С. 5–11.
3. Новик И.Б. Синтез знаний и проблема оптимизации научного творчества // Синтез современного научного знания. – М.: Наука, 1973. – С. 294–315.
4. Оконская Н.К. Энтропия и асимметрия глазами философа // Успехи современной науки. – 2016. – Т. 3, № 2. – С. 62–65.
5. Поршнев Б.Ф. О начале человеческой истории (Проблемы палеопсихологии). – М.: Мысль, 1974. – 487 с.
6. Шишкин С.Л. Исследование синхронности резких изменений альфа-активности ЭЭГ человека: автореф. дис. ... канд. биол. наук [Электронный ресурс]. – URL: <http://brain.bio.msu.ru/shishkin/thesis/review2.htm> (дата обращения: 01.04.2017).

7. Burgess A., Gruzelier J. Localisation of cerebral function using topographical mapping of EEG: a preliminary validation study // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1993. – Vol. 87, № 4. – P. 254–257.
8. Cooper R. An ambiguity of bipolar recording // *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*. – 1959. – Vol. 11. – P. 819–820.
9. Gevins A., Leong H., Smith M.E., Le J., Du R. Mapping cognitive brain function with modern high-resolution electroencephalography // *Trends in Neurosciences*. – 1995. – Vol. 18. – P. 429–436.
10. Lewin J., Kohen D., Mathew G. Handedness in mental handicap – investigation into populations of Down-syndrome, epilepsy and autism // *The British Journal of Psychiatry*. – 1993. – Vol. 163. – P. 674–676.
11. Pfurtscheller G. Event-related desynchronization mapping: visualization of cortical activation patterns // *Topographic mapping of brain electrical activity* / Ed. F.H. Duffy. – Stoneham: Butterworth, 1986. – P. 99–111.
12. Pfurtscheller G., Klimesch W. Event-related desynchronization during motor behavior and visual information processing // *Event-related brain research, electroencephalography and clinical neurophysiology* / Eds. C.H.M. Brunia, G. Mulder, M. Verbaten. – Amsterdam: Elsevier, 1991. – P. 58–65.
13. Stroganova T.A., Nygren G., Tsetlin M.M., Posikera I.N., Gillberg C., Elam M., Orekhova E.V. Abnormal EEG lateralization in boys with autism // *Clinical Neurophysiology*. – 2007. – Vol. 118. – P. 1842–1854.

FUNCTIONAL ASYMMETRY OF THE BRAIN: MECHANICS OF THE SPATIAL ORGANIZATION OF THE HUMAN BRAIN

**N.K. Okonskaya (Perm, Russia), T.A. Osechkina (Saint Petersburg, Russia),
M.A. Alikina (Simferopol, Russia), T.Ph. Pepelyaeva, V.Yu. Ivankin, M.A. Ermakov
(Perm, Russia)**

Functional brain asymmetry is studied in this article. Human intellectual activity dependence on functional asymmetry is verified based on empiric material of electroencephalography. During electroencephalography testing, three additional tests were made besides routine test variants (biological movement imitation, nonbiological movement imitation, execution of independent movements). Calculation of middle values of the brain energy consumption impulses made in symmetric points of electroencephalography readouts for all tested (51 people) revealed that correlation coefficient is over than 0.99 in 80% of cases that statistically means sameness of measuring results. But in 20%, statistical values show result mismatch in symmetric points of electroencephalography readouts of all types of waves. The conclusion about relativity of interhemispheric asymmetry is made because both hemispheres are included in realization of the same exercises and take part in the same activity. Left hemisphere is not only logically active but also functions in emotionally-sensitive phase of activity (among right-handed people). And vice versa, by repeated execution of the same exercises, the increase of neuron impulse wave's amplitude begins to prevail. Such excitation (neuron impulses' mu-rhythm or the rhythm of so called "idle run") means that the brain energy consumption is switched from one hemisphere to another: according to the law of correlation between inhibitory dominant and excitations the plastic reactivity in a neural network is possible only when a significant range of neuron system is inhibited. Therefore, the functional asymmetry's role is more significant then the role of interhemispheric asymmetry. The spontaneous brain neurons' activity, which is connected with cognitive intellectual activity, springs from desynchronization of the emotionally-sensitive activity. Consequently, energy is expended not on the action itself, but on the providing related appropriate background conditions for it – life support rhythms suppression.

Key words: functional brain asymmetry, interhemispheric brain asymmetry, inhibitory dominant, mu-rhythm, alfa-rhythm.

Получено 19 апреля 2017