

*В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева, Н.Г. Городенский, Е.И. Иващенко,
И.И. Разыграев*

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ: МЕЖПОЛУШАРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

ГУ НИИ МОЗГА РАМН, Москва

Введение

Системный подход в физиологии должен учитывать специализированную, асимметричную деятельность больших полушарий и особенности их взаимодействия. Представления о функциональной межполушарной асимметрии (ФМА) сложились под влиянием двух групп фактов: исследования локальных поражений мозга, показавших, что повреждение симметричных областей полушарий сопровождается различной клинической симптоматикой, а также из вполне очевидного наблюдения за моторной асимметрией рук человека. Эти группы фактов составили единое целое благодаря тому, что совместно указывали на наличие в мозге человека высокостабильной латерализации функций. Такого рода представления поддерживаются морфологическими и, отчасти, нейрохимическими данными о наличии структурных различий в строении правого и левого полушария (Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., 2003; Вартанян Г.А., Клементьев Б.И., 1991; Луценко В.К., Карганов М.Ю., 1985; Foundas A.L., et al., 1998; Geschwind N., Levitsky W., 1968). Устойчивые структурные различия, несомненно, являются существенным фактором стабильности ФМА. ФМА, по существу, обозначает устойчивое различие функций в симметричных образованиях головного мозга. После завершения периода онтогенеза изменения ФМА возможны в определенной мере как следствие компенсаторной перестройки структурно-функциональных отношений при поражениях головного мозга.

Казалось бы стабильность ФМА должна найти свое отражение в устойчивой асимметрии межполушарных отношений. Действительно, это имеет место при некоторых видах стимуляции, по-разному влияющей на

специализированные центры левого или правого полушария. В этом случае асимметрия функций выявляется и электрофизиологически, и при помощи современных компьютерных методов биохимического картирования (Давыдов Д.В., Михайлова Е.С. 1999; Haynes W., 1980; Grabow J. et al., 1979; Leblanc R. et al., 1992) Вместе с тем многочисленные данные, полученные при регистрации электрофизиологической активности мозга здоровых людей в отсутствии специфической стимуляции, не выявляют качественной, стойкой, латерализации, сохраняющейся при смене функциональных состояний (Гончарова И.И., 1991; Жирмунская Е.А., и др. 1981; Giannitrapani D., 1979). Существует закономерная связь асимметрии электрофизиологических показателей с функциональным состоянием головного мозга (Русалова М.Н., 2003; Симонов П.В. 2004; Тараканов П.В., 2000; Butler S., R., Glass A., 1974; Kayser J. et al., 2000; Nielson T., Abel A. et al., 1990). При некоторых функциональных состояниях асимметрия электрофизиологических характеристик может достигать статистически значимого уровня, тогда как при других функциональных состояниях подобной асимметрии не наблюдается. Таким образом, асимметрия межполушарных отношений (МО) оказывается связанной с функциональным состоянием человека. Многими исследователями функциональные состояния описываются в рамках двухфакторной модели: сон-бодрствование и релаксация-стресс. При этом влияние первого фактора связывают с активацией стволовой ретикулярной формации мезэнцефалического уровня, а второго – с активацией неспецифических образований диэнцефального уровня. При этом предполагается большая связь стволовой ретикулярной формации с левым, а образований диэнцефального уровня – с правым полушарием. Такая схема поддерживается множеством клинических и нейропсихологических данных, хотя не имеет пока четких морфологических подтверждений. Сильной стороной этой гипотезы, впервые выдвинутой Т.А.Доброхотовой и Н.Н.Брагиной (1977), является то, что благодаря ей становится понятным относительная независимость ФМА и МО, поскольку при любом типе ФМА межполушарные отношения, особенно определяемые уровнем неспецифической активации, могут быть различны. Например, у правшей в

зависимости от функционального состояния уровень неспецифической активации может быть больше либо в правом, либо в левом полушарии. Меняющаяся асимметрия МО была названа нами ранее динамическими свойствами ФМА (Фокин В.Ф., 1982). Принципиальным отличием ФМА от асимметрии МО (динамических характеристик ФМА) является ее стабильность. ФМА при этом оказывает несомненное влияние на преимущественный тип МО. Нетождественный характер отношений между ФМА и асимметрией МО отмечен и другими авторами (Хомская Е.Д., Бианки Е.А., 2002).

Целью настоящей обзорной работы является оценка влияния МО на деятельность мозга и организма человека в рамках одной группы ФМА – группы правшей.

Типы асимметрии межполушарных отношений

Для определения устойчивых МО можно использовать уровень постоянного потенциала (УПП) головного мозга. Источником этих потенциалов являются, в основном, потенциалы гематоэнцефалического барьера и сосудистые потенциалы головы. Многие авторы связывали эти потенциалы с интенсивностью энергетического обмена мозга. Это понятно, поскольку основным потенциалобразующим ионом для сосудистых потенциалов являются ионы водорода. Концентрация этих ионов в сосудах мозга зависит от интенсивности энергетического метаболизма, поскольку кислоты - конечный продукт энергетического обмена (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., 2003).

Оказалось, что у человека и животных (кошки, крысы, мыши) существует достоверная, статистически значимая, разность между УПП, зарегистрированными в доминантном и субдоминантном полушарии. У человека и кошек УПП в доминантном полушарии достоверно выше, чем в субдоминантном. Для левшей, по сравнению с правшами, характерна обратная по знаку, но менее выраженная асимметрия интенсивности энергетических процессов в височных областях, а также более высокий уровень церебрального энергообмена в теменной и затылочной области. Это

касается, прежде всего, людей молодого и среднего возраста (Пономарева Н.В., 1986).

У мышей и крыс, просматривается обратная тенденция (Клименко Л.Л., 1989). Эти последние различия многие авторы связывают с особенностью строения гематоэнцефалического барьера, который вносит существенный вклад в величину УПП у этих животных (Бредбери М., 1983).

У правой и левой, а также у животных с различной моторной преференцией межполушарная разность УПП статистически значимо различна. Однако примерно у трети людей и животных, относящихся к группам правой или левой, значения УПП в доминантном и субдоминантном полушариях иные, чем у большинства. При приближении к старческому возрасту доля таких лиц увеличивается до 50%.

Ниже будут приведены сравнительные данные, полученные на трех группах правой, чьи межполушарные показатели были противоположны по знаку и промежуточной группе с примерно равными (с точностью до 1 мВ) УПП.

Первый вопрос, который возникает при этих исследованиях, насколько устойчива по знаку межполушарная разность УПП? У здоровых людей, находящихся в состоянии бодрствования, знак межполушарной разности УПП не изменяется в течение многих часов. Однако при различных воздействиях, прежде всего стрессе, знак межполушарной разности УПП может измениться. При этом, чем выше интенсивность нагрузки, тем с большей вероятностью происходит инверсия межполушарных отношений.

Анализ биохимических показателей, полученных на спортсменах после тяжелой физической нагрузки, показывает, что уровень лактата и аминного азота примерно в полтора раза выше в том случае, когда есть инверсия знака межполушарной разности УПП. Чем выше содержание лактата в крови и аминного азота в моче, тем более тяжело спортсмен переносит нагрузку (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., 2003).

Что означает более высокий УПП в правом или левом полушарии? Это свидетельствует о более высокой активности данного полушария. Подобные представления подкрепляются результатами, полученными с помощью методов электрофизиологического и биохимического картирования мозга

при избирательной активации различных сенсорных систем. Например, при чтении вслух возрастают значения УПП в левой височной области, при прослушивании музыки – в правой (Пономарева Н.В., Фокин В.Ф., 2000; Евтушенко А.В. и др., 2003). Это совпадает с данными биохимического картирования (Leblanc R., et al., 1992). Поэтому более высокий, в среднем, УПП у правшей в различных областях левого полушария означает более высокую активность и вероятно большее число работающих нервных клеток доминантного полушария. У левшей нет достоверного преобладания УПП в одном из полушарий, при тенденции к более высоким значениям УПП в правом. Можно предполагать, что ФМА является фактором, влияющим на подкорковые активирующие системы, поскольку от них, в существенной мере, зависит активность полушарий головного мозга.

В современной литературе имеются достаточно убедительные данные о различиях в генетике, обмене веществ, иммунологических реакциях и других показателях в группах правшей и левшей, сформированных по сенсорным и моторным показателям (Абрамов В.В., Абрамова Т.Я., 1998; Neveu P.J., 1993).

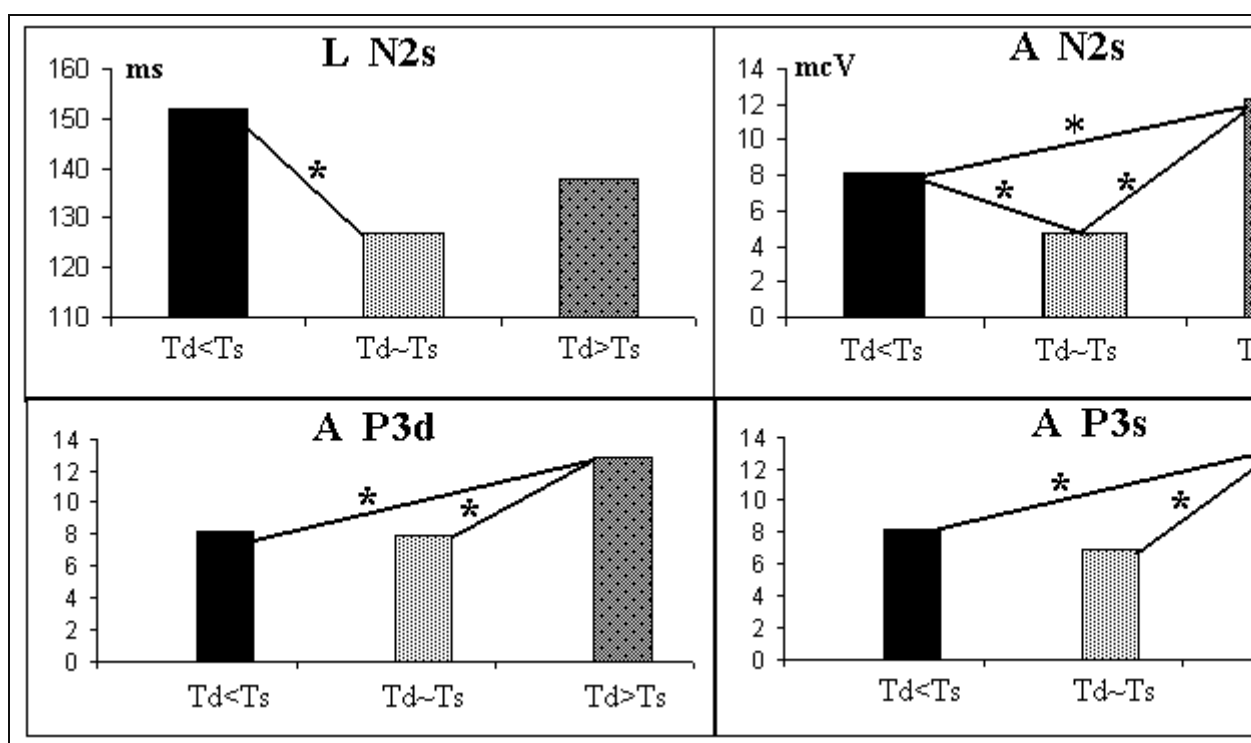
В какой мере испытуемые правши с различным типом асимметрии МО будут отличаться по электрофизиологическим, биохимическим и иммунологическим показателям?

Характеристики зрительных вызванных потенциалов в трех группах МО

Рассмотрим характеристики зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) в указанных выше трех группах испытуемых. Регистрация УПП и ЗВП осуществлялась на здоровых мужчинах правшах (средний возраст $34,3 \pm 1,3$ года). В этой выборке обнаружено статистически значимое превышение УПП в левой височной области по сравнению с правой на $2,7 \pm 1,1$ мВ. Однако у отдельных испытуемых знак межполушарной разности УПП был противоположным. После разбиения на три группы в зависимости от преобладания или равенства УПП в симметричных височных областях, проводился дисперсионный анализ для выявления различий в этих группах по амплитудным и временным показателям ЗВП (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. 2003).

Обнаружены различия в амплитудных и временных характеристиках

ЗВП. Наименьший латентный период и наименьшая амплитуда компонента N2 регистрировались в группе испытуемых с примерным равенством УПП в обоих полушариях. Наибольший латентный период этого компонента наблюдался в группе испытуемых с преобладанием УПП в левом полушарии, а наибольшая амплитуда в группе испытуемых с преобладанием УПП - в правом. Амплитуды компонентов P3 в правом и левом полушариях были наибольшими в группе с преобладанием УПП в правом полушарии. (Рис.1



Асимметрия МО являются фактором, оказывающим одинаковое влияние на амплитуду компонентов P3, зарегистрированных как в правом, так и в левом полушариях. Компоненты P3 ЗВП возникают в коре мозга в ответ на афферентацию, поступающую по неспецифическим полисинаптическим путям. Их амплитуда определяется функциональной активностью коры и лимбико-ретикуло-кортикальных образований. Выявленная зависимость между энергетическим обменом в полушариях и ЗВП не может быть связана с собственно корковыми процессами, так как в последнем случае асимметрия энергетического обмена коррелировала бы с асимметрией характеристик ЗВП. Связь повышения энергетического обмена в одном из полушарий и амплитуды компонентов ЗВП в обеих гемисферах можно объяснить только

наличием избирательной связи полушарий с неспецифическими системами мозга, как это предполагается в гипотезе Т.А. Доброхотовой и Н.Н. Брагиной (1977). Данные об отношениях между межполушарной асимметрией энергетических процессов и амплитудой поздних компонентов РЗ в обоих полушариях свидетельствуют о том, что межполушарная асимметрия зависит от уровня неспецифической активации мозга.

Иммунологические характеристики в трех группах МО

У испытуемых, относящихся к трем типам МО, иммунная активность существенно различна. Пролиферативная активность Т-лимфоцитов под влиянием фитогемагглютинаина была в два раза выше в том случае, когда УПП в правом полушарии был выше, чем в левом полушарии ($T_d > T_s$) по сравнению с группой испытуемых, у которых значения УПП были выше, соответственно, в левом полушарии ($T_d < T_s$) или примерно равны в обоих полушариях ($T_d \sim T_s$) (рис. 2).

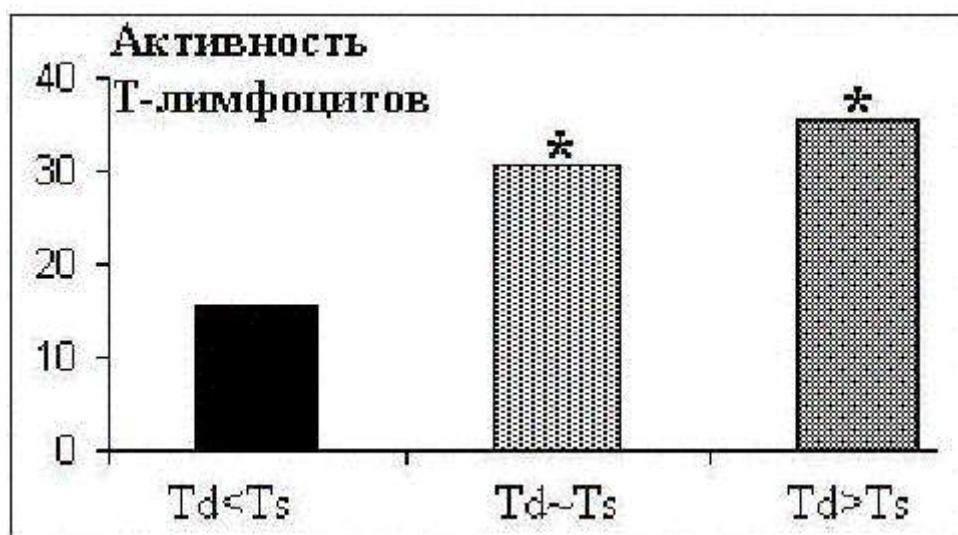


Рис. 2 Пролиферативная активность Т-лимфоцитов под влиянием фитогемагглютинаина в трех группах испытуемых с различными типами асимметрии МО

По оси ординат - пролиферативная активность Т-лимфоцитов в условных единицах. Обозначение групп такое же, как на рис. 1. У испытуемых, у которых УПП выше в левой височной области, пролиферативная активность достоверно ниже, чем у представителей других групп МО.

Известно, что под влиянием стресса иммунная активность меняется фазным образом. На первой стадии стресса пролиферативная активность Т-

лимфоцитов усиливается, при этом, как было показано выше, увеличивается активность правого полушария. Поэтому естественно, что более высокая активность УПП в правом полушарии по сравнению с левым связана с ростом пролиферативной активности Т-лимфоцитов (Фокин В.Ф. и др., 1996).

Биохимические показатели у спортсменов с различными МО

Биохимические показатели крови и мочи практически не различались до нагрузки у спортсменов, относящихся к различным группам асимметрий в зависимости от преобладания УПП в правом или левом полушарии. Однако после физической нагрузки, идущей со значительным превышением порога анаэробного обмена, различия выявлялись достаточно четко. Известно, что стресс разного генеза относится к числу сложных системных реакций, изменяющих деятельность важнейших функциональных систем (Судаков К.В. и др., 1987).

Судя по порогу анаэробного обмена и по состоянию кислотно-щелочного равновесия крови у отдельных спортсменов, более высокие значения УПП в правом полушарии после физической нагрузки указывают на более тяжелые последствия перенесенного стресса. Так при оценке рН периферической крови у спортсменов, разделенных на три группы, - наиболее низкие значения рН были у спортсменов, чьи значения УПП в височной области правого полушария были выше, чем в левом (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. 2003).

Следует отдельно указать, что группа с примерно равными значениями УПП в правом и левом полушарии, по ряду биохимических показателей также не обладала оптимальными метаболическими характеристиками.

Таким образом, складывается впечатление, что наилучшие биохимические показатели после перенесенной физической нагрузки встречаются у спортсменов с преобладанием УПП в левом полушарии. Конечно, эта закономерность не абсолютна. Понятно, что очень высокие значения УПП в левом полушарии также могут отражать один из вариантов нарушения энергетического обмена. В данном обследовании спортсмены с умеренным преобладанием УПП в левом полушарии по целому ряду существенных биохимических показателей отличались лучшими характеристиками от спортсменов других групп.

Изменчивость и стабильность межполушарных отношений

МО при функциональных нагрузках зависят от вида нагрузки, специализации полушарий и исходного состояния испытуемых.

При нагрузках, связанных со специализированной деятельностью одного из полушарий, происходит изменение асимметрии МО. Исследования локального мозгового кровотока, интенсивности потребления глюкозы мозгом и ЭЭГ обнаруживают большую активность правого полушария при решении визуально-пространственных задач (Furst T.J., 1976), а левого полушария - при произнесении слов в уме или шепотом, а также при чтении (Grabow J.D. et al., 1979; Leblanc R. et al., 1992). При чтении преобладание энергообмена по данным УПП в левом полушарии по сравнению с правым усиливается. Так как в фоне УПП у правшей выше в левом полушарии, то знак межполушарной разности УПП не меняется. Напротив, при прохождении теста на зрительно-пространственное ориентирование происходит достоверное усиление активности правого полушария по сравнению с левым, о чем свидетельствует изменение межполушарных различий УПП. Если до нагрузки у детей 6 лет разность УПП в височных областях (Td-Ts) составляла $-0,94 \pm 0,45$ мВ, то после прохождения теста на зрительно-пространственное ориентирование она составила $0,37 \pm 0,5$ мВ (Фокин В.Ф. и др., 2002).

Небольшая латерализованная двигательная нагрузка сопровождается активацией энергетического обмена в полушарии, контралатеральном используемой руке. Так у правшей 21 - 43 лет выполнение пробы быстрых нажатий правой рукой приводило к нарастанию разности УПП между левой и правой центральными областями (Cs-Cd) на $1,53 \pm 0,5$ мВ (Фокин В.Ф., 1982).

Изменение разности УПП при нелатерализованных нагрузках подчиняется другим закономерностям, обусловленным развитием стрессовых реакций. Если нагрузка носит выраженный стрессорный характер, например, у спортсменов в подготовительный к соревнованиям период, то изменение знака межполушарной асимметрии при нагрузке зависит от фонового уровня межполушарной разности УПП, поскольку сдвиг межполушарной разности УПП связан отрицательной корреляцией с фоновым УПП. Коэффициент

корреляции между фоновой разностью УПП в симметричных височных отведениях и приращением этой разности под влиянием тренировочной нагрузки составил 0,82 ($p < 0,0001$). Аналогичные закономерности были обнаружены между фоновым УПП и его приращением в моторных областях при выработке у кошек инструментального активно-оборонительного условного рефлекса на болевое раздражение (Фокин В.Ф., 1982).

Перестройка межполушарных отношений играет важную роль в процессах адаптации. У здоровых правшей развитие стресса связано с активацией правого полушария. Возможно, это происходит из-за более тесных отношений правого полушария с диэнцефальными структурами, активированными при стрессе. Ранее описывалось влияние правого полушария на иммунную активность, которая также меняется при стрессе. При адаптации, связанной с резким изменением климатогеографических условий, выявлена инверсия эффекта «правого уха», который наблюдается в норме у правшей при дихотическом прослушивании (симультанной подаче слов в правое и левое ухо) (Леутин В.П., Николаева Е.И., 1988). Преимущественная активация правого полушария по показателям двигательного-проприоцептивной памяти имеет место в процессе адаптации к горным условиям (Ильюченко Р.Ю., 1979). Если в покое у правшей альфа-ритм ЭЭГ менее выражен в левом полушарии в связи с большей его активацией, то в процессе адаптации отмечено преобладание альфа-ритма в левом полушарии (Иванов В.С. и др., 1976; В.П. Леутин, Е.И. Николаева, 1988). Поведенческие тесты подтверждают это наблюдение. В заполярных условиях доля левшей и амбидекстров была выше по сравнению с популяцией людей, проживающих в средней полосе (Хаснулин В.И. и др., 1983). При предоперационном стрессе выявлено значительное нарастание асимметрии поздних компонентов зрительных вызванных потенциалов (Зенков Л.Р., Мельничук П.В., 1985). Наоборот, у больных неврозами изначально более высокие значения УПП в правом полушарии могут быть снижены после гипносуггестивной терапии (Разыграев И.И. и др., 1998)

У спортсменов-гребцов до тренировки межполушарные различия УПП были изменены по сравнению со здоровыми испытуемыми того же возраста, не испытывающими экстремальных нагрузок. У спортсменов, претендующих

на высшие достижения в спорте, физические нагрузки часто превышают адаптационный резерв, и у них исходное значение межполушарной разности УПП часто свидетельствует об активации правого полушария, в отличие от обычных людей среднего возраста, у которых статистически значимо преобладает активность левого доминантного полушария. У мужчин и женщин спортсменов межполушарная разность УПП в височных областях (Td-Ts) достоверно не отличалась от нуля: $-0,73 \pm 1,2$ мВ и $0,74 \pm 0,7$ мВ, соответственно.

Рассмотрим более подробно, насколько стабильна межполушарная разность потенциалов и отчего зависит изменение знака этой разности.

При регистрации УПП с интервалом в 1 час у здоровых испытуемых в возрасте от 20 до 60 лет, находящихся в состоянии спокойного бодрствования, не происходило каких-либо статистически значимых изменений в распределении УПП, включая межполушарную разность.

Стабильность МО снижается в зависимости от интенсивности неспециф

Изменчивость и стабильность межполушарных отношений

МО при функциональных нагрузках зависят от вида нагрузки, специализации полушарий и исходного состояния испытуемых.

При нагрузках, связанных со специализированной деятельностью одного из полушарий, происходит изменение асимметрии МО. Исследования локального мозгового кровотока, интенсивности потребления глюкозы мозгом и ЭЭГ обнаруживают большую активность правого полушария при решении визуально-пространственных задач (Furst T.J., 1976), а левого полушария - при произнесении слов в уме или шепотом, а также при чтении (Grabow J.D. et al., 1979; Leblanc R. et al., 1992). При чтении преобладание энергообмена по данным УПП в левом полушарии по сравнению с правым усиливается. Так как в фоне УПП у правшей выше в левом полушарии, то знак межполушарной разности УПП не меняется. Напротив, при прохождении теста на зрительно-пространственное ориентирование происходит достоверное усиление активности правого полушария по сравнению с левым, о чем свидетельствует изменение межполушарных различий УПП. Если до нагрузки у детей 6 лет разность УПП в височных

областях (Td-Ts) составляла $-0,94 \pm 0,45$ мВ, то после прохождения теста на зрительно-пространственное ориентирование она составила $0,37 \pm 0,5$ мВ (Фокин В.Ф. и др., 2002).

Небольшая латерализованная двигательная нагрузка сопровождается активацией энергетического обмена в полушарии, контралатеральном используемой руке. Так у правшей 21 - 43 лет выполнение пробы быстрых нажатий правой рукой приводило к нарастанию разности УПП между левой и правой центральными областями (Cs-Cd) на $1,53 \pm 0,5$ мВ (Фокин В.Ф., 1982).

Изменение разности УПП при нелатерализованных нагрузках подчиняется другим закономерностям, обусловленным развитием стрессовых реакций. Если нагрузка носит выраженный стрессорный характер, например, у спортсменов в подготовительный к соревнованиям период, то изменение знака межполушарной асимметрии при нагрузке зависит от фонового уровня межполушарной разности УПП, поскольку сдвиг межполушарной разности УПП связан отрицательной корреляцией с фоновым УПП. Коэффициент корреляции между фоновой разностью УПП в симметричных височных отведениях и приращением этой разности под влиянием тренировочной нагрузки составил 0,82 ($p < 0,0001$). Аналогичные закономерности были обнаружены между фоновым УПП и его приращением в моторных областях при выработке у кошек инструментального активно-оборонительного условного рефлекса на болевое раздражение (Фокин В.Ф., 1982).

Перестройка межполушарных отношений играет важную роль в процессах адаптации. У здоровых правшей развитие стресса связано с активацией правого полушария. Возможно, это происходит из-за более тесных отношений правого полушария с диэнцефальными структурами, активированными при стрессе. Ранее описывалось влияние правого полушария на иммунную активность, которая также меняется при стрессе. При адаптации, связанной с резким изменением климатогеографических условий, выявлена инверсия эффекта «правого уха», который наблюдается в норме у правшей при дихотическом прослушивании (симультанной подаче слов в правое и левое ухо) (Леутин В.П., Николаева Е.И., 1988). Преимущественная активация правого полушария по показателям

двигательно-проприоцептивной памяти имеет место в процессе адаптации к горным условиям (Ильюченко Р.Ю., 1979). Если в покое у правшей альфа-ритм ЭЭГ менее выражен в левом полушарии в связи с большей его активацией, то в процессе адаптации отмечено преобладание альфа-ритма в левом полушарии (Иванов В.С. и др., 1976; В.П. Леутин, Е.И. Николаева, 1988). Поведенческие тесты подтверждают это наблюдение. В заполярных условиях доля левшей и амбидекстров была выше по сравнению с популяцией людей, проживающих в средней полосе (Хаснулин В.И. и др., 1983). При предоперационном стрессе выявлено значительное нарастание асимметрии поздних компонентов зрительных вызванных потенциалов (Зенков Л.Р., Мельничук П.В., 1985). Наоборот, у больных неврозами изначально более высокие значения УПП в правом полушарии могут быть снижены после гипносуггестивной терапии (Разыграев И.И. и др., 1998)

У спортсменов-гребцов до тренировки межполушарные различия УПП были изменены по сравнению со здоровыми испытуемыми того же возраста, не испытывающими экстремальных нагрузок. У спортсменов, претендующих на высшие достижения в спорте, физические нагрузки часто превышают адаптационный резерв, и у них исходное значение межполушарной разности УПП часто свидетельствует об активации правого полушария, в отличие от обычных людей среднего возраста, у которых статистически значимо преобладает активность левого доминантного полушария. У мужчин и женщин спортсменов межполушарная разность УПП в височных областях (Td-Ts) достоверно не отличалась от нуля: $-0,73 \pm 1,2$ мВ и $0,74 \pm 0,7$ мВ, соответственно.

Рассмотрим более подробно, насколько стабильна межполушарная разность потенциалов и отчего зависит изменение знака этой разности.

При регистрации УПП с интервалом в 1 час у здоровых испытуемых в возрасте от 20 до 60 лет, находящихся в состоянии спокойного бодрствования, не происходило каких-либо статистически значимых изменений в распределении УПП, включая межполушарную разность.

Стабильность МО снижается в зависимости от интенсивности неспецифической нагрузки (табл. 1).

Таблица 1

Устойчивость межполушарной разности УПП в височных отведениях при различных нагрузках

Вид нагрузки	% случаев изменения знака межполушарной разности УПП
Значительная физическая нагрузка	59-49
Гипервентиляция	44-31
Акупрессура по Уманской	30
Умеренная физическая нагрузка	18
Зрительно-пространственное ориентирование у дошкольников	15

Из таблицы 1 видно, что чем сильнее нагрузка, тем с большей вероятностью происходит смена знака межполушарной разности УПП в височных отведениях. При этом в зависимости от силы воздействия и исходного распределения УПП наблюдается увеличение доли обследуемых с преобладанием УПП в правом или в левом полушариях и снижается число испытуемых с примерно равными значениями УПП в обоих полушариях.

Рассмотрим более подробно динамику МО при различных воздействиях. У мужчин гребцов, после физической нагрузки со значительным превышением порога аэробного обмена, знак разности УПП в височных отведениях сохранялся только у 41% спортсменов. При этом достоверного сдвига разности УПП в целом по группе не было. После нагрузки увеличилось количество спортсменов с преобладанием УПП в левом полушарии.

При умеренной физической нагрузке у спортсменов знак разности УПП в височных отведениях сохранялся в 82% случаев. Столь же устойчива разность УПП в центральных отведениях, однако, в других областях ее устойчивость существенно ниже: в лобном - 55%, в теменном - 45%, в затылочном - 73% случаев. Таким образом, наиболее стабильна межполушарная асимметрия в височных и центральных отведениях.

Чем больше исходная разность УПП по абсолютной величине, тем значительнее сдвиг этой разности, направленный в сторону ее среднего значения. Если подсчитывать среднее значение межполушарной разности

УПП в различных выборках, то достоверные изменения средних величин наблюдаются не часто, однако дисперсия этой разности после различных воздействий практически всегда достоверно снижается. Кроме того, как правило, под влиянием нагрузки сокращается количество испытуемых, у которых межполушарная разность УПП была близка к нулю (с точностью до 1 милливольт). Исходя из теоретических представлений об организации ФМА, состояние равенства активностей в обоих полушариях не является устойчивым в норме и при нагрузке (Фокин В.Ф., Пономарева Н.В.2003).

Устойчивость межполушарных отношений в условиях патологии

Особым вопросом является динамика МО при патологии. Так у заключенных, находящихся на грани суицида, наблюдались стойкие изменения межполушарных отношений, сопровождающиеся прежде всего нарушением деятельности правого полушария и распределением нейромедиаторов в обоих полушариях (Weinberg I., 2000). При деменциях альцгеймеровского типа знак межполушарной разности УПП сохранялся после гипервентиляции в 100% случаев. Легкий звуковой стресс оставлял неизменным знак межполушарной разности постоянных потенциалов. Также как и в норме, имелась высокая корреляция между исходной величиной межполушарной разности потенциалов и ее динамикой при нагрузке. Коэффициент корреляции составил $-0,92$. Интересно, что у клинически здоровых родственников больных болезнью Альцгеймера гипервентиляция меняла знак межполушарного градиента в 44% случаев, что соответствует норме. Лонгитудинальные измерения, выполненные с интервалом в несколько дней, показали, что стабильная разность УПП у больных болезнью Альцгеймера сохраняется в 85% случаев.

Межполушарные различия у больных с опухолями мозга мало меняются при премедикации и наркозе. В данном случае учитывался знак межполушарной разности УПП в шести симметричных отведениях правого и левого полушария: нижнелобного, лобного, центрального, теменного, височного и затылочного. Оказалось, что при премедикации знак разности УПП сохранялся у 96% больных, а при наркозе у 85%. Это указывает на то,

что возникновение патологического очага является мощным фактором стабилизации МО (Пономарева Н.В., 1986).

При хронической ишемической болезни мозга под влиянием препаратов церебропротективного ряда при регистрации УПП с интервалом в 1 месяц знак межполушарной разности УПП меняется в 37-63% случаев. При регистрации с интервалом в 30 мин знак межполушарной разности УПП сохраняется неизменным в 85% случаев (Иващенко Е.И., 2003).

Итак, при заболеваниях головного мозга, в частности, связанных со старением, показатели МО зависят от вида патологии, но они, в целом, более стабильны у каждого больного, чем у здоровых людей. По-видимому, эта стабильность объясняется очаговой патологией, преимущественно связанной с одним из полушарий. При сосудистых заболеваниях головного мозга стабильность МО зависит от вида терапии.

Заключение

ФМА и МО это два феномена, базирующиеся на сравнении деятельности полушарий. МО практически всегда рассматриваются в контексте физиологических, чаще электрофизиологических, исследований. ФМА – это, в основном, нейропсихологический, клинический или поведенческий феномен. Основное отличие ФМА от МО состоит в том, что даже устойчивые межполушарные различия изменяются при смене функционального состояния и межполушарные различия всегда носят количественный, статистический характер. Тогда как ФМА – это качественный, в значительной мере, инвариантный к изменению функционального состояния феномен. По отношению к ФМА МО выступают как некоторый фон, на котором реализуется ФМА. В пределах одной и той же группы ФМА, например группы правшей, МО зависят не только от ФМА, но и от функционального состояния мозга и организма в целом.

Многие психологические, физиологические, биохимические характеристики деятельности организма достоверно отличаются в зависимости от того какое полушарие на момент обследования более активно (Табл. 2). В норме у большинства правшей в возрасте от 20 до 60 лет по данным УПП интенсивность энергетического обмена выше в левом, доминантном полушарии. Однако в любой возрастной группе есть часть

правшей, у которых более высокая активность имеет место в субдоминантном полушарии. При приближении к старческому возрасту доля таких лиц увеличивается.

Таблица 2.

Преимущественная активация
полушария, при которой наблюдается
максимальная величина исследованного
параметра

Левое полушарие	Правое полушарие
Психофизиологические показатели достижения успеха	Пролиферативная активность Т-лимфоцитов
Успеваемость школьников	Амплитуда компонентов N2 и P3 ЗВП
Краткосрочная память	Более низкий рН крови у пожилых
Латентный период компонента N2 ЗВП	
ПАНО у спортсменов	

При большей активации левого полушария у правшей, в целом, имеют место лучшие психофизиологические, биохимические и др. характеристики, чем при активации правого полушария. Возможно, что правое и левое полушария по-разному участвуют в деятельности функциональных систем П.К. Анохина.

Причины преимущественной активации правого или левого полушария достаточно сложны. По гипотезе Доброхотовой и Брагиной (1977), в настоящее время поддержанной и другими авторами, левое и правое полушарие асимметрично связаны с различными подкорковыми центрами.

С возрастом происходит постепенное сглаживание межполушарных различий за счет снижения активности левого полушария в старческом возрасте. Не менее чем в половине случаев, преобладающим становится активность правого полушария.

Процессы адаптации тесно связаны с динамическими свойствами ФМА. При умеренном стрессе активность чаще перемещается в субдоминантное

полушарие, что сопровождается изменением центральной регуляции гомеостаза. Возможно, такое переключение является своеобразным отдыхом для деятельности доминантного полушария. Однако при некоторых видах патологии, а возможно и при нормальном старении, подобное переключение затруднено, что, по-видимому, является одним из факторов снижения качества адаптационных процессов.

Резюме

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ И МЕЖПОЛУШАРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

**В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева, Н.Г. Городенский, Е.И. Иващенко,
И.И. Разыграев**

Ключевые слова: функциональная межполушарная асимметрия, межполушарные отношения, уровень постоянного потенциала головного мозга, функциональное состояние, стресс

У испытуемых правшей в норме возможна преимущественная активация правого или левого полушария. Большая активность одного из полушарий, а также их равенство, по данным уровня постоянного потенциала, есть показатель отличающихся друг от друга функциональных состояний. При этом более высокая активность доминантного полушария, по разным показателям, наблюдается в несколько раз чаще, чем субдоминантного. При стрессе у правшей более высокие значения уровня постоянного потенциала регистрируются в правом полушарии. При изменении функционального состояния и другие количественные характеристики, используемые при оценке функциональной межполушарной асимметрии (динамометрия кистей рук, дихотическое прослушивание), также могут существенно меняться. Люди с различными типами асимметрии межполушарных отношений различаются между собой по биохимическим, иммунологическим, электрофизиологическим и психологическим характеристикам. Поэтому при тестировании лиц, относящихся к правшам и левшам, следует дополнительно учитывать функциональное состояние, влияющее на межполушарные отношения.

Summary

FUNCTIONAL INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY AND INTERHEMISPHERIC RELATIONSHIPS

V.F. Fokin, N.V. Ponomareva, N.G. Gorodensky, E.I. Ivaschenko,
I.I. Razygraev

Key words: functional interhemispheric asymmetry, interhemispheric relationships, brain DC-potential, functional state, stress

In healthy right-handed persons the largest activation of the right or left hemisphere is possible. The large activity of one of the hemispheres, and also their equality, on the data of DC-potentials, is a parameter of different functional states. In resting higher activity of dominant hemisphere is observed significantly more often, than subdominant one. Under stress, the right-handed persons have higher DC-potentials in the right hemisphere. When changing functional state other quantitative characteristics of functional interhemispheric asymmetry also can considerably vary. The biochemical, immune, electrophysiological and psychological characteristics of the persons with various types of interhemispheric relationships are different. Therefore at testing the right- and left-handed persons it is necessary to take into account the influence of functional state on the interhemispheric relationships

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Абрамов В.В., Абрамова Т.Я. Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем. - Новосибирск: Наука, 1996. – 98 с.
 1. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И. Структурная асимметрия корковых формаций мозга человека. – М.- Изд-во РУДН. –2003.- 156 с.
 2. Бредбери М. Концепция гематоэнцефалического барьера. Пер. с англ.-М.: Медицина,1983. – 480с.
 3. Вартамян Г.А., Клементьев Б.И. Химическая симметрия и асимметрия мозга. - М.: Медицина. - 1991. – 190 с.
 4. Гончарова И.И. Факторная структура спектра ЭЭГ левого и правого полушария головного мозга человека в покое и при когнитивной деятельности//Физиол. человека. – 1991. – Т.17, №1. – с. 18-29

5. Давыдов Д.В., Михайлова Е.С. Вызванная активность мозга при опознании лицевой экспрессии в правом и левом полушариях зрения//Физиол. человека. – 1999. –Т.25, вып.4. – с.26-35.

6. Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н. Функциональная асимметрия и психопатология очаговых поражений головного мозга. - М.: Медицина, 1977. - 358с.

7. Евтушенко А.В., Тихонова И.О., Фокин В.Ф. Изменения межполушарных отношений под влиянием классической и современной музыки// Вторая всероссийская научн. конф. «Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии» – М., 2003. – С. 121.

8. Жирмунская Е.А., Рыбников А.И., Лосева В.С. и др. Парная работа больших полушарий мозга по данным электроэнцефалографии//Физиол. человека. – 1981. – Т.7, №3. – С.462-473.

9. Зенков Л.Р., Мельничук П.В., Центральные механизмы афферентации. - М.: Медицина, 1985.– 272 с.

10. Иванов В.С., Корнак Л.И., Матюшенко Н.С. и др. Показатели функциональной асимметрии коры больших полушарий мозга и рук человека в оценке сдвигов функционального состояния в «континууме» активации//Функциональная асимметрия и адаптация. - М.,1976.-С.48-50.

11. Иващенко Е.И. Постоянство межполушарных отношений энергетического обмена головного мозга при применении синтетического пептида дельтаран у больных с начальными признаками хронической ишемической болезни мозга// Вторая всероссийская научн.конф. «Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии» – М., 2003. – С. 138-140.

12. Ильюченко Р.Ю., Финкельберг А.Л., Ильюченко И.Р., Афтанас Л.И. Взаимодействие полушарий мозга у человека: Установка, обработка информации, память. - Новосибирск: Наука, 1989. – 169 с..

13. Клименко Л.Л., Фокин В.Ф., Деев А.И., Коломина Л.Н., Соколов В.Ф., Середа А.П., Юртаев В.В. Системная организация межполушарной асимметрии в возрастном аспекте//Биофизические и биохимические аспекты функционирования нервной системы. – М. 1989. - С.65-67.

14. Леутин В.П., Николаева Е.И. Психофизиологические механизмы адаптации и функциональная асимметрия мозга. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1988. – 190 с.

15. Луценко В.К., Карганов М.Ю. Биохимическая асимметрия мозга//Нейрохимия.- 1985.- Т.4,№2.- С.197-213.

16. Н.В. Пономарева. Пространственное распределение уровня постоянного потенциала головного мозга в норме и при органических заболеваниях ЦНС / Дисс. ...канд. мед. наук. М., 1986.- 196с.

17. Н.В. Пономарева, В.Ф. Фокин. Уровень постоянных потенциалов мозга как показатель интенсивности церебрального энергетического обмена при чтении//Новое в изучении пластичности мозга. РАМН. Материалы конференции. Отделение медикобиологических наук, НИИ мозга РАМН.- М 2000.- с. 70.

18. Разыграев И.И., Панькова С.С., Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Способ определения глубины гипноза// Патент РФ на изобретение №2102921.- 1998.

19. Русалова М.Н. Функциональная асимметрия мозга и эмоции// Вторая всероссийская научн.конф. «Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии» – М., 2003. – С. 237.

20. Симонов П.В. Лекции о работе головного мозга. Потребностно-информационная теория высшей нервной деятельности. – М.: Институт психологии РАН, 1998. – 98 с.

21. Судаков К.В., Юматов Е.А., Ульянинский Л.С. Системные механизмы эмоционального стресса// Механизмы развития стресса. – Кишинев: Штииница, 1987. –С. 52-79.

22. Тараканов П.В. Эмоциональные влияния на межполушарную асимметрию тета-активности мозга детей 5-7 лет//Ж. высш. нервн. деятельности. – 1980. – Т.30, №4. – С.844-847.

23. Фокин В.Ф. Центральнo-периферическая организация функциональной моторной асимметрии: Дис. д-ра биол. наук: 03.00.13 М., 1982. -460 с.

24. Фокин В.Ф., Городенский Н.Г., Шармина С.Л. Психофизиологические характеристики готовности к обучению и функциональная межполушарная асимметрия//Проблема теории и методики обучения - 2000. - №5. - с.54-57.

25. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В., Андросова Л.В., Секирина Т.П., Коляскина Г.И., Гаврилова С.И., Селезнева Н.Д.. Нервно-иммунные

отношения при нормальном старении и деменциях альцгеймеровского типа//Вестник РАМН.- 1996.-N4.-С 32 - 39.

26. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга – М.: Антидор, 2003. – 287 с.

27. Хаснулин В.И., Шестаков С.И., Степанов Ю.М., Скосырева Г.А. Функциональная асимметрия организма и приспособленность человека к жизни и работе в Заполярье// Региональные особенности здоровья жителей Заполярья. Новосибирск: изд-во СО АМН, 1983, С. 62-67.

28. Хомская Е.Д., Бианки Е.А. Динамика межполушарного взаимодействия в разных анализаторных системах и латеральная организация функций// А.Р. Лурия и психология 21 века. Вторая международная конференция, посвященная 100-летию со дня рождения А.Р.Лурия. Тезисы докладов.-М. 2002.- С.146.

29. Butler S., R., Glass A. Asymmetries in the electroencephalogram associated with cerebral dominance// Electroencephalog. and Clin. Neurophysiol.- 1974. – Vol.36, N5. - **P. 481-492.**

30. Foundas A.L., Eure K.F., Luevano L.F., Weinberger D.R. MRI asymmetries of Broca's area: the pars triangularis and pars opercularis// Brain Lang.- 1998. – Vol.64, N3. –P.282-296.

31. Furst T.J. EEG asymmetry and visuospatial performance//Nature - 1976.- Vol.260. - P.254-255.

32. Giannitrapani D. Laterality preference, electrophysiology and the brain// Electroencephalog. and Clin. Neurophysiol. – 1979. – Vol.19, N1-2. – P.105-123.

33. Haynes W. Task effect and EEG alpha asymmetry: an analysis of linguistic processing in two response modes// Cortex. – 1980. – Vol.16, N1. – P.95-102.

34. Grabow J., Aronson A.E., Greene R.L. et al.//A comparison of EEG activity on the left and right cerebral hemispheres in power-spectrum analysis during language and non-language tasks//Electroencephalog. and Clin. Neurophysiol. – 1979. –Vol.47. - P.466-472.

35. Kayser J., Bruder G.E., Tenke C.E., Stewart J.E, Quitkin F.M. Event-related potentials (ERPs) to hemifield presentations of emotional stimuli: differences between depressed patients and healthy adults in P3 amplitude and asymmetry//Int. J. Psychoph. – 2000. – Vol.6, N3. - 211-236.

36. Leblanc R., Meyer E., Bub D., Zatorre R.J., Evans A.C. Language localization with activation positron emission tomography scanning//Neurosurgery. – 1992. –Vol.31, N2. – P.369-373.
37. Neveu P.J. Brain Lateralization and Immunomodulation //Intern. J. Neuroscience. – 1993. - Vol.70. P.135-143.
38. Nielson T., Abel A. et al. Interhemispheric EEG coherence during sleep and wakefulness in left- and right-handed subjects// Brain and cognition. 1990. V.4. № 14. P.113-125
39. Weinberg I. Elevated suicide rates on the first workday: a replication in Israel//Death Stud. – 2002. - Vol.26, N8. – P.681-688.