
Глава 15

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ МОЗГА И НЕЗАВЕРШЕННАЯ АДАПТАЦИЯ

В.П. Леутин, Е.И. Николаева, Е. В. Фомина

Функциональная асимметрия и адаптация к природным условиям среды

Термин «адаптация» применяется к широкому кругу явлений. С позиции теории эволюции (Дарвин, 1953), адаптация – это механизм, который лежит в основе освоения растениями и животными новых мест обитания и обеспечивает выживание в конкурентной борьбе. Для большинства физиологов адаптация – это частное явление приспособления к конкретным условиям существования (Лебединский, 1956). Психологи используют его для определения интеллекта. В этом случае под адаптацией понимается приспособление к постоянно меняющимся социальным и психологическим условиям с применением разнообразных знаний и умений (Дружинин, 1999).

Суть любой адаптирующейся системы заключается в способности корректировать свои реакции согласно изменениям воздействующего стимула на основе имеющегося опыта, а также накопления и хранения вновь поступающей информации. Именно поэтому приспособление опирается на механизмы памяти. В филогенетическом аспекте высшей ступенью адаптации животных является способность к обучению (Ушаков, 1978).

Адаптированность в привычных условиях среды характеризуется преобладанием в поведении стереотипных действий. Они позволяют организму сокращать время на идентификацию воспринятых ранее объектов, оценивать их значимость и отвечать, не тратя дополнительных ресурсов. Стереотипы создаются под некоторый набор перцептивных гипотез – наиболее вероятных ожиданий (Krechevsky, 1932), сформированных в процессе предшествующего опыта, многократно апробированных и подтвердивших свою эффективность.

Например, ежедневный выход на работу не требует от человека дополнительного времени на прокладывание нового маршрута. Он даже не думает о том, что делает, когда ноги несут его к остановке, руки расплачиваются с кондуктором, и осознанные решения он начинает принимать, уже оказавшись на рабочем месте. Часто трудно вспомнить, как выглядел транспорт, на котором ехал, кто находился рядом, каким запахом обладал воздух, которым дышал все это время. При этом можно решать важные задачи, необходимые для работы, или мечтать о предстоящем отпуске.

Подобное поведение выгодно тем, что экономит энергию и время при выполнении привычных действий, направляя ресурсы на освоение новых задач. Недостатком его является то, что человек не замечает множества деталей, не соответствующих принятым в конкретный момент гипотезам. Это препятствует своевременной замене неэффективных гипотез, когда в среде начинаются новые процессы. В привычных действиях человек не сверяет реальный образ действительности с тем, что есть в его памяти, он соотносит со следом памяти лишь наиболее ярко бросающиеся в глаза детали, по которым и опознает привычные объекты. Ответственность за стереотипное поведение, согласно современным данным (Goldberg, Costa, 1981; Леутин, Николаева, 2005), принимает на себя левое полушарие. Это не означает, что правое полушарие не включено в деятельность. Оно воспринимает информацию, но к исполнению направляется лишь то, что представлено в левом полушарии. Правополушарные решения представлены в виде безотчетных эмоций, тогда как левополушарные – в виде конкретных осознанных вербальных высказываний. Однако разные люди в неодинаковой мере доверяют тем и другим.

Старая гипотеза работает до тех пор, пока ошибки от ее применения не приведут к существенным последствиям для организма. Смена гипотез редко происходит без эмоций. Часто поводом для их смены служат болезненные события: денежная реформа, ведущая к утрате средств, обман друга, развод и т.д. Признаки приближающихся изменений обычно присутствуют значительно раньше самих изменений, но, пребывая в рамках привычных гипотез, человек не учитывает и даже отвергает их. Их улавливают те, кого потом называют провидцами. С точки зрения психофизиологии, эти люди в привычных условиях в большей мере доверяют исчерпывающим данным правого полушария, предлагаемым в виде эмоциональных переживаний. Они не опираются на словесные интерпретации этих переживаний, предлагаемые левым полушарием. Ценой утраты эмоциональной стабильности они приобретают возможность предвидения. Лишь редким людям удается находиться на тонкой грани между эмоцио-

нальной устойчивостью и чувствительностью, которая обеспечивается балансом активностей левого и правого полушарий.

При попадании в новые условия или при внезапном изменении среды обитания из-за природных или социальных катаклизмов необходима существенная коррекция поведения человека, экстренное формирование комплекса новых гипотез, описывающих как саму среду, так и способы поведения в ней. Будучи многократно проверенными, эти гипотезы вновь обретут привычный статус, вновь будут соответствовать лишь наиболее значимой части необходимой информации. Есть люди, часто и легко расстающиеся с гипотезами, легко отзывающиеся на малейшие изменения в окружающем, но есть и такие, кто, сформировав свои представления в юности, не расстаются с ними всю оставшуюся жизнь.

Следовательно, обыденные условия забирают меньше ресурсов у человека при выполнении им стереотипных действий, тогда как процесс адаптации требует пересмотра значимости привычных явлений и создания новых способов реагирования. С этой точки зрения роль полушарий в филогенезе и онтогенезе определяется их возможностями варьировать способы решения задач, которые ставятся средой, и сохранять их в памяти.

Многообразии природных факторов и умение человека жить в них свидетельствуют о наличии как специфических, так и общих механизмов адаптации. Реальность существования универсальных механизмов вытекает из широчайших возможностей приспособляться к условиям, с которыми не встречался ранее ни данный организм, ни даже представители вида в целом (Леутин, Николаева, 1988).

Результаты экспедиционных исследований в районах Сибири, Средней Азии и Дальнего Востока свидетельствуют о том, что адаптационные перестройки затрагивают наиболее общие механизмы регуляции центральной нервной системы, которые контролируют восприятие, память, эмоции, стратегию переработки мозгом информации. Эффективность адаптации определяется сопряженной работой обоих полушарий мозга, активность которых зависит от времени, прошедшего с начала адаптивных перестроек.

В ранние сроки экстренной адаптации резко улучшается запоминание новой и эмоциогенной информации на фоне ухудшения припоминания нейтральной (Рис. 15.1, 15.2). Следовательно, первой психофизиологической реакцией на изменение потока информации является активная селекция новых, необычных, высоко значимых стимулов эмоциогенными структурами мозга. В более поздние сроки адаптации человека (11-21

дни) выявлено улучшение запоминания сигнальной информации, то есть информации, предшествующей экологически значимым воздействиям. Эти процессы подтверждены как для вербальной, так и для невербальной (тоны) информации (Леутин, 1998).

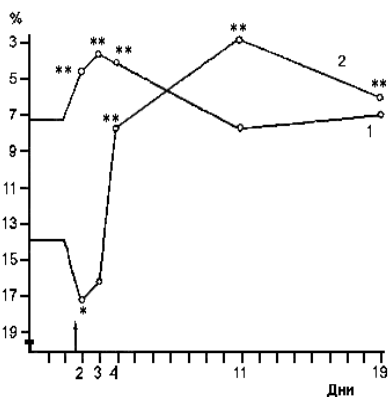


Рис. 15.1. Изменение запоминания человеком биологически значимой и нейтральной информации в процессе адаптации к муссонному океаническому климату Камчатки после трансмеридионального перелета (средние значения по группе, состоящей из 11 чел.). 1 – точность воспроизведения длительности гудков, сопровождаемых при обучении неизбежным ударом тока; 2 – при отсутствии удара тока; штриховая линия – исходные средние значения точности воспроизведения гудков. Одна звездочка – $p < 0,05$, две – $p < 0,01$. По оси ординат – относительное отклонение среднего значения (%), по оси абсцисс – обследования в Новосибирске (до стрелки) и 2, 3, 4, 11 и 19-й дни адаптации на Камчатке (пос. Паратунка) (после стрелки).

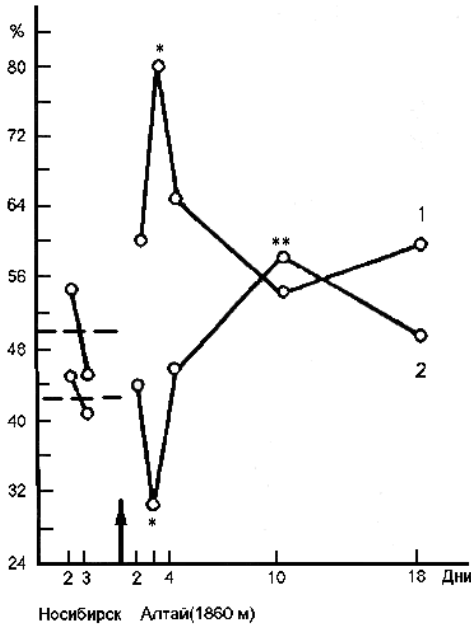


Рис. 15.2. Динамика воспроизведения необычной и сигнальной информации в процессе адаптации к среднегорью Южного Алтая (1860 м над ур. моря) (пос. Рахмановские Ключи) (средние значения по группе, состоящей из 10 человек). 1 – процент воспроизведения необычной вербальной информации, 2 – процент воспроизведения слов, предшествующих эмоциогенным. По оси ординат – воспроизведение слов (в %), по оси абсцисс – 2-я и 3-я регистрации в Новосибирске (до стрелки) и 2, 3, 4, 11 и 18-й дни адаптации (после стрелки). Звездочки: статистически существенные отличия по сравнению с данными обследования в исходных условиях; одна звездочка – с уровнем значимости $p < 0,05$, две – $p < 0,01$.

При этом обнаружен особый тип взаимодействия полушарий мозга при восприятии слов. Известно, что в норме для любых вербальных стимулов, будь то слова, цифры, слоги, характерен «эффект правого уха» (Kimura, 1961). Нами показано, что улучшение воспроизведения необычных слов на начальных этапах адаптации происходит практически исключительно за счет лучшего припоминания слов, услышанных правым ухом (переработанных в левом полушарии) (рис. 15.3), а несколько позднее эффективное запоминание эмоциональных слов или гудков, сопровождаемых ударом тока (рис. 15.4) – за счет левого уха (правого полушария). Итак, в первые дни пребывания в новой среде отмечена выраженная селекция двух типов информации: необычной и эмоциональной. Первая осуществляется благодаря активации левого полушария, вторая – правого

(Леутин и др., 1989). Известно, что правое полушарие в норме быстрее опознает слова с высокой частотой встречаемости в речи, левое – с низкой (Marshall, 1973). Воспроизведение необычных слов на фоне других зависит, безусловно, от типа и состояния внимания. Осознанное, произвольное внимание обеспечивается механизмами левого полушария (Watson, 1978). Следовательно, в процессе адаптации полнее используются возможности каждого полушария. Это явление называется принципом максимума: он предполагает в каждом виде деятельности эффективное использование того полушария, которое соответствует типу перерабатываемой информации.

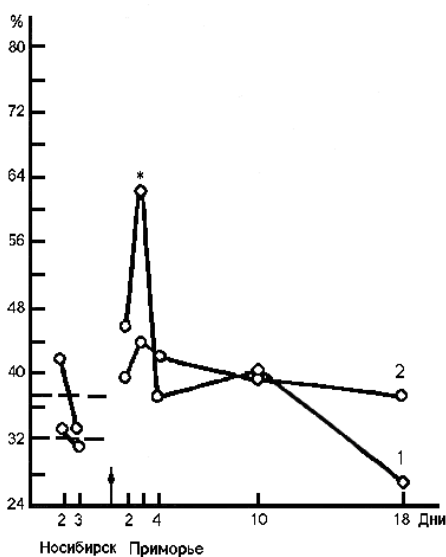


Рис. 15.3. Динамика воспроизведения необычных слов при попеременном моноауральном предъявлении в процессе адаптации к муссонному климату Приморья после трансмеридионального перелета в бухте Шамори (средние значения по группе, состоящей из 6 человек). 1 – воспроизведение необычных слов, прослушанных правым ухом, 2 – воспроизведение слов, прослушанных левым ухом. Остальные обозначения см. рис. 15.2.

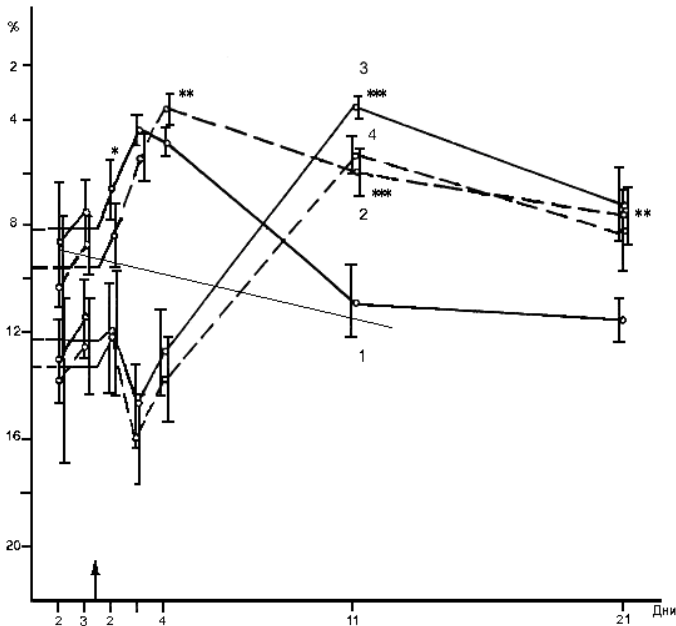


Рис. 15.4. Изменение запоминания человеком длительности индифферентных и биологически значимых звуковых стимулов в процессе адаптации к муссонному климату Приморья после трансмеридионального перелета (средние значения по группе, состоящей из восьми человек). Точность воспроизведения длительности гудков, сопровождаемых в процедуре обучения неизбежным ударом тока:

1 – восприятие звука правым ухом; 2 – левым.

Точность воспроизведения длительности гудков, не сопровождаемых в процедуре обучения неизбежным ударом тока:

3 – восприятие звука правым ухом; 4 – левым.

Штриховая линия – исходные значения точности воспроизведения звуков в фоне; вертикальные черточки – 5 %-ные доверительные интервалы экспериментальных точек.

* – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$. По оси ординат – относительные отклонения среднего значения в процентах; по оси абсцисс – регистрация в Новосибирске (до стрелки) и 2, 3, 4, 11 и 21-й дни адаптации на морской базе «Витязь» ДВНЦ.

Таким образом, последовательность событий в процессе адаптации можно представить следующим образом. В привычных условиях обитания последовательность регуляторных воздействий осуществляется под эгидой левого полушария. Его мобилизация при резком сдвиге параметров среды позволяет определить степень новизны, предопределяющей несоответствие ей имеющихся программ поведения. Межполушарное взаимодействие меняется благодаря перераспределению активности, которая производится мозолистым телом. Встает вопрос о необходимости фор-

мирования новых, более адекватных изменившимся условиям последовательностей.

Правое полушарие регулирует деятельность эндокринных желез и иммунитета (Абрамов, Абрамова, 1996; Gerendai, Halasz, 1997). Оно в значительно меньшей степени подвержено влиянию корригирующих обратных связей, более автономно, чем левое (Костандов, 1988), с ним связана оценка неопределенности среды и прогноз маловероятных событий (Мерсон, 1986). Активация правого полушария в процессе приспособления к новым условиям среды отмечается при самых разных экспериментальных парадигмах (Леутин, Николаева, 1988; Вольф, 1991; Фокин, Пономарева, 2004).

Вычленение неучтенных ранее значимых параметров происходит путем расширения диапазона значимости стимулов и селекции эмоциональной и необычной информации. В этом случае вновь целостно пересматривается вся информация, поступающая в мозг, и на ее основе создается новая последовательность реагирования, которая в дальнейшем будет осуществляться под контролем левого полушария. Ранее нами было продемонстрировано облегчение межполушарного переноса (Леутин, 1998). Известно, что именно мозолистое тело обеспечивает непротиворечивость информации, поступающей в каждое полушарие (Ottoson, 1987). Следовательно, это облегчение движения информации из полушария в полушарие указывает на замену старых стереотипов на новые.

Зафиксированное нами позднее улучшение фиксации и воспроизведения тех стимулов, которые предшествуют экологически значимой информации и заблаговременно сигнализируют о ней, обеспечивает опережающее отражение (Анохин, 1968), создает условие для устойчивого воспроизведения нового функционального стереотипа (Леутин, Николаева, 1988; Леутин, 1998).

Таким образом, значимость для организма информации определяет очередность ее переработки в процессе адаптации на фоне инверсии привычных межполушарных отношений.

Активация полушарий мозга в процессе адаптации осуществляется поочередно. Первоначально необычные признаки, новизну сигнала выделяют структуры левого полушария; затем эмоциогенная информация, отличающаяся высокой значимостью на основании учета прошлого опыта, выявляется преимущественно структурами правого полушария. Латеральные особенности процессов переработки сигналов, отличающихся необычностью и эмоциогенностью, и экстренность процессов адаптации приводят к усилению взаимодействия полушарий мозга в новых услови-

ях. И, наконец, вновь устанавливается привычное доминирование левого полушария.

Обнаруженные закономерности универсальны, т.к. проявляются при переработке информации, относящейся как к первой, так и ко второй сигнальным системам и свойственны адаптации человека в различных климатогеографических условиях.

Изменение кровотока в полушариях мозга левшей и правшей при гипоксии

Биологическую организацию лево- и праворуких индивидуумов не следует рассматривать как зеркальные отображения. Более того, большая часть людей фактически является смешаннорукими, то есть часть действий они выполняют одной рукой, другую часть – второй. Полярные типы (левый и правый) встречаются существенно реже, чем это представляется большинству.

Результаты многочисленных исследований и клинические данные указывают на большую, чем у правшей, билатеральность представительства функций левшей и амбидекстров. Столь существенные отличия в функциональной организации мозга людей с разными латеральными фенотипами не могут не проявиться в процессе адаптации организма к изменившимся условиям окружающей среды, поскольку именно функциональная асимметрия мозга является решающим фактором, обеспечивающим адаптацию человека в новых климатогеографических условиях.

В лабораторных условиях было проведено исследование скорости линейного кровотока при гипоксии методом транскраниальной доплерографии у испытуемых абсолютных правшей и левшей. Выбор такой экспериментальной пробы обусловлен тем, что в регионах, где достаточно часто возникают гипоксические состояния: гипоксическая гипоксия в горах и «холодовая» гипоксия в Заполярье, – выявлено накопление синистральных лиц.

Синистральность (*sinistrum*, лат. – левый), или левосторонность, может быть оценена с помощью профиля функциональной сенсомоторной асимметрии. Подобный профиль определяет, сколько левых и правых признаков представлено в сенсорной и моторной сфере испытуемых. Такой профиль включает определение ведущих руки, ноги, глаза, уха. Левый профиль описывает людей, у которых все эти показатели левые (то есть ведущие левая нога, рука, глаз, ухо). Правый профиль определяют у

человека, который имеет все правые показатели (или любые три из них), симметричный – у кого все показатели (или три из них) симметричные. Однако большая часть людей имеет смешанный профиль, то есть у них отмечаются разнообразные сочетания левых и правых показателей (например, правая ведущая рука, левая нога, симметричное ухо, левый глаз).

В норме у людей с правым профилем функциональной сенсомоторной асимметрии линейная скорость артериального кровотока в левом полушарии выше (Рис. 15.5). У испытуемых с левым и симметричным профилями не было отличий между полушариями по этому параметру (Рис. 15.5), что свидетельствовало о включенности обоих полушарий у них в регуляцию процессов жизнедеятельности.

В экспериментальных условиях, когда добровольцы дышали несколько минут газовой смесью, содержащей всего 10% кислорода и 90% азота, происходило увеличение линейного кровотока в обоих полушариях у всех обследованных, хотя у испытуемых с левым профилем сдвиги в каждом полушарии были более выражены (Рис.15.5).

Повышение объема мозгового кровотока при дыхании гипоксической смесью, содержащей 8,9 % кислорода, было отмечено и другими авторами (Сороко, Димаров, 1994). Ранее более выраженная, чем у праворуких, реакция мозгового кровотока у леворуких юношей 16–17 лет на локальную статическую нагрузку была выявлена методом фокусированной импедансной плетизмографии (Безобразова, Догадкина, 1988). В исследовании динамики спонтанной ЭЭГ молодых испытуемых при непрерывном вдыхании в течение 30 мин. гипоксической смеси с 10%-м содержанием кислорода, было выявлено, что механизмы, направленные на компенсацию гипоксического воздействия, в большей степени выражены в правом полушарии (Александров с соавт., 2001). При длительном вдыхании газовой смеси, приводящем к падению оксигенации артериальной крови до 80%, линейная скорость кровотока в левом полушарии у испытуемых с правым профилем снижалась, что не отмечалось у имеющих левый профиль (Рис. 15.5) (Леутин и др., 2004).

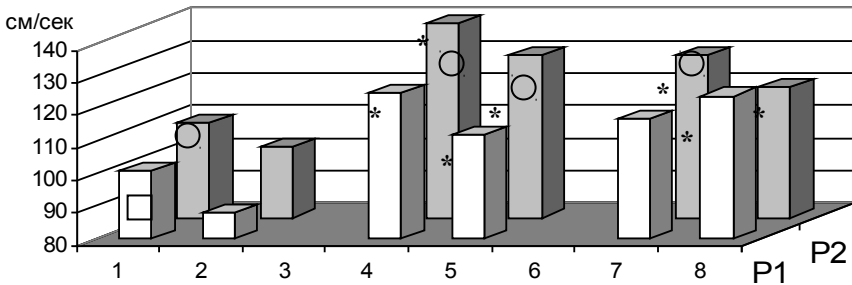


Рис. 15.5. Билатеральные изменения максимальной систолической скорости кровотока в средних мозговых артериях у 9 правшей и 9 левшей (средние значения).

А – исходное состояние – (1 – левое, 2 – правое полушарие), Б – дыхание газовой смесью, 85 % оксигенации (4 – левое, 5 – правое полушарие), В – дыхание газовой смесью, 80% оксигенации (7 – левое, 8 – правое полушарие). Квадрат – достоверность различий с уровнем значимости $p < 0,05$ между полушариями; звездочка – достоверность различий с уровнем значимости $p < 0,05$ между исходными показателями и данными, полученными при гипоксии; кружок – достоверность межгрупповых различий с уровнем значимости $p < 0,05$ (усредненные значения по группам, состоящим из девяти испытуемых). P₁ – правши, P₂ – левши.

Известно, что линейная скорость кровотока на уровне начальных сегментов виллизиева круга отражает динамику объемного мозгового кровотока (Агаджанова и др., 1998). Большая линейная скорость кровотока в правом полушарии у лиц с левым профилем по сравнению с теми, у кого правый профиль, по-видимому, свидетельствует о большей эффективности у них системы обеспечения метаболических процессов в этом полушарии. Более эффективная мозговая гемодинамика при левом профиле проявляется в том, что при углублении гипоксии и падении оксигенации артериальной крови до 80 % у таких испытуемых не происходит снижения кровоснабжения левого полушария мозга.

Анализ ЭЭГ испытуемых с неодинаковыми латеральными признаками в разных экспериментальных ситуациях выявил у них принципиальные различия в направленности изменений биоэлектрической картины полушарий мозга: праворуким испытуемым был присущ реципрокный характер изменения активности альфа- и тета-диапазонов, а леворуким – синфазный (Жаворонкова, 2001). И в наших исследованиях выявляется

подобная закономерность: синфазное нарастание линейной скорости кровотока в полушариях мозга у испытуемых с левым профилем и реципрокное при усугублении гипоксии – у испытуемых с правым профилем.

При длительных воздействиях у людей с правым профилем функциональной сенсомоторной асимметрии вся нагрузка ложится на правое полушарие. В различных исследованиях выявилось, что при утомлении фокус максимальной активности на ЭЭГ сдвигается в правое полушарие (Кураев и др., 2004). Возможно, что различие людей с левым и правым профилями обусловлено распределением активности полушарий. У людей с левым или симметричным профилем нагрузка равномерно делится между полушариями в любой деятельности, поэтому активация правого полушария в процессе адаптации не приводит к срыву центральных механизмов вегетативной регуляции. У лиц с правым профилем действует правило максимума (в большей мере участвует полушарие, тип переработки информации в котором максимально соответствует задаче). Поэтому при экстренной адаптации вслед за краткосрочной активацией левого полушария для выявления новых признаков в среде на более продолжительное время включаются структуры правого полушария. Как следствие при длительных воздействиях происходит срыв вегетативной регуляции.

Можно предполагать, что именно особенности мозгового кровообращения у людей с левым профилем при гипоксии обуславливают их толерантность к адаптационным нарушениям в экстремальных климатогеографических условиях. Этот тезис могут подтвердить данные, полученные при обследовании коренного населения, живущего в условиях, где суровость климата создает постоянную нагрузку на механизмы адаптации.

Связь латеральных показателей в сенсорной и моторной сферах с особенностями адаптации к сибирскому Северу и высокогорью

Первое предположение о различиях полушарного доминирования у представителей разных культур сделал Р. Орнштейн в 1972 году (Ornstein, 1972). Он полагал, основываясь на данных того времени, что представители западной цивилизации обладают доминантным левым полушарием, тогда как традиционные восточные общества (особенно те, которые занимаются йогой и медитацией) имеют более активным правое. Эта гипотеза была подтверждена позднее для коренных жителей Чукотки (Rotenberg, 1993; Rotenberg, Arshavsky, 1991, 1997), у которых выявлено преобладание ЭЭГ-активности правого полушария. В.И. Хаснулин с соавторами

(1983) показали, что среди мигрантов на сибирский Север существенно больше амбидекстров и левшей, чем среди жителей умеренного климата. Преобладали синистральные лица и среди долган, нганасан, ненцев, энцев, жителей Чукотки (Аршавский, 1988), Тувы (Леутин и др., 1996; Леутин и др., 1999), обитателей высокогорных районов Алтая (Ъжикова, 2000), Кыргызстана (Тыналиева, 2003).

Нами был показан высокий процент левых признаков среди коренных жителей севера Тюменской области – селькупов (Рис. 15.6). Латеральный эффект сочетался с весьма специфическими особенностями, отличающими эффективную адаптацию к Северу, закрепленную во многих поколениях. У селькупов с левым или симметричным профилями функциональной сенсомоторной асимметрии отмечен более низкий уровень кортизола в плазме крови по сравнению с теми, кто имел правый или смешанный профиль (Рис. 15.7). Уровень инсулина в плазме крови всех селькупов оказался сниженным по сравнению с данными региональной нормы жителей г. Новосибирска. Несколько выше по сравнению с показателями других групп оказался уровень инсулина в группе лиц с преобладанием праволатеральных показателей (Рис. 15.8).

Известно, что кортизол и инсулин находятся в реципрокных отношениях. Повышение уровня кортизола в плазме крови при стрессе сопровождается в норме снижением инсулина. Однако в некоторых случаях подобный уровень взаимодействия этих гормонов нарушается, отражая нарушение гормональной регуляции и напряжение работы гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы. Именно такое нарушение типично для людей с правым профилем, длительное время проживающим в условиях Севера. Оно получило название «полярного метаболического типа» (Панин, 1978). Однако для левопрофильных местных жителей подобных изменений в гормональной регуляции не было отмечено. Только эндокринные показатели коренных жителей Севера с правым профилем характеризуют напряжение их гипофизарно-надпочечниковой системы (Леутин, 1998).

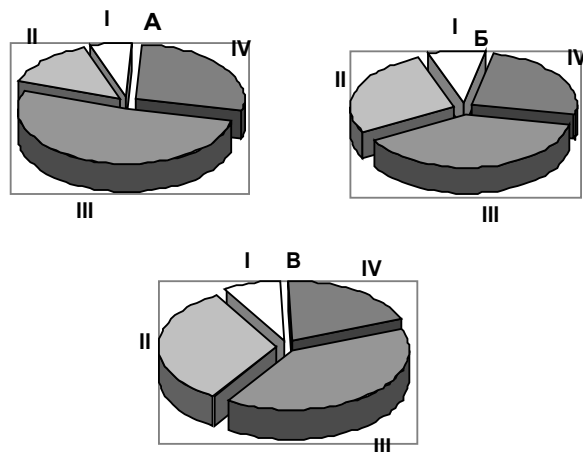


Рис. 15.6. Распределение лиц с различными типами функциональной асимметрии мозга и частота встречаемости артериальной гипертензии

А – жители умеренных широт, 258 человек – г. Новосибирск (контроль); Б – вахтовые рабочие (Сургут – Саратов, 306 человек); В – северные селькупы (113 человек, п. Ратта); I – лица с преобладанием левосторонних показателей; II – амбидекстры; III – лица со смешанными показателями функциональной асимметрии; IV – лица с преобладанием праволатеральных показателей. * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$; критерий χ^2 , уровень значимости по отношению к контрольной группе (г. Новосибирск). Площадь секторов пропорциональна частоте артериальной гипертензии.

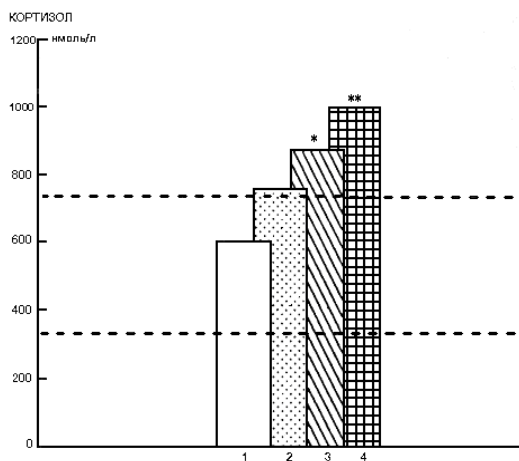


Рис. 15.7. Уровень кортизола в плазме крови у северных селькупов с различным типом функциональной асимметрии мозга.

1 – лица с преобладанием левосторонних показателей; 2 – амбидекстры; 3 – лица со смешанными показателями функциональной асимметрии; 4 – лица с преобладанием праволатеральных показателей. Пунктирной линией отмечены границы колебаний уровня гормонов для жителей умеренных широт. Остальные обозначения те же, что на рис. 15.6.

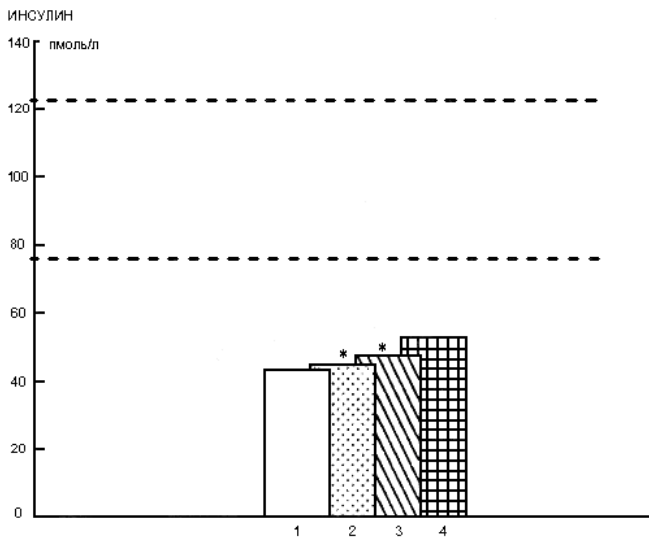


Рис. 15.8. Уровень инсулина в плазме крови у северных селькупов с различным типом функциональной асимметрии

* – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$ (критерий Манна-Уитни) – уровень значимости по отношению к группе с преобладанием левосторонних показателей сенсомоторной асимметрии. Остальные обозначения те же, что и на рис. 15.6.

Особенность быта жителей Севера предполагает необходимость эффективной ориентации в пространстве, без которой невозможно выживание в подобных условиях. Часто встречающееся в популярной литературе указание на то, что леворукие люди плохо ориентируются в пространстве, можно считать, по меньшей мере, недоказанным. Обычно, высказывающие эти представления ссылаются на то, что леворукие «плохо различают левое и правое». Мы полагаем, что они не плохо различают левое и правое, а с трудом вербализуют собственные пространственные ощущения в соответствующие термины в лабораторных экспериментах. Безусловно, вербализация более легко дается людям с доминирующим левым полушарием. Необходимы дополнительные исследования, в которых можно было бы разграничить действительную ориентацию в пространстве и перевод понимания пространства в общепринятые термины.

Более того, эти указания преимущественно касаются того, как обозначают пространство дети. В настоящее время известно, что у леворуких детей процесс вербализации идет несколько медленнее, чем у праворуких. Это можно объяснить следующим образом. При рождении у мальчиков

более зрелым оказывается правое полушарие. Затем активно развивающееся в процессе освоения речи левое полушарие постепенно подавляет активность правого. У леворуких детей созревание центральной комиссуры, передающей подавляющее воздействие – мозолистого тела – идет более медленно, что и приводит к более длительному периоду превалирования правого полушария, а, следовательно, лучшему освоению пространства и худшим возможностям передавать это в слове.

Гелиогеофизические факторы высоких широт предъявляют к организму человека чрезвычайно жесткие требования. Успешно адаптироваться в этих условиях могут люди, обладающие специфическим набором психофизиологических особенностей. По-видимому, этот набор есть у людей с левым и симметричным профилями, у которых полушария мозга характеризуются меньшей степенью специализации, чем у людей с правым профилем (Брагина и др., 1976; Леутин и др., 2002). Возможно, что у последних пребывание в столь жестких условиях ведет к постоянной стимуляции высшего центра вегетативной регуляции, расположенного в правом полушарии (Болдырева, 2004). Следствием этого будет как высокий уровень кортизола, так и спектр психосоматических расстройств, им обусловленный (Николаева, 2003).

Именно поэтому люди с правым профилем с большей вероятностью страдают ишемической болезнью сердца и ее последствие – инфаркт миокарда – у них встречается чаще (Nikolaeva et al., 1993). У людей с левым профилем функциональной сенсомоторной асимметрии даже в условиях умеренного климата, напротив, выявлено как снижение уровня кортизола, так и меньшая вероятность возникновения инфаркта миокарда, более высокие показатели антиоксидантной защиты (Николаева и др., 1997). Даже у левопалых самок мышей пролиферация лимфоцитов, более интенсивна, а у самцов выше активность клеток-киллеров, хотя у разных линий мышей состояние иммунной системы различно (Neveu, 1993).

Мы оценили распространенность левых и правых латеральных признаков среди людей, приехавших на сибирский Север из мест с умеренным климатом для работы вахтовым методом (Леутин, Николаева, 1985, 1988), который заключается в том, что люди работают 14 дней непрерывно в Заполярье, а затем на 14 дней улетают домой (в климатические условия средней полосы России). Подобный труд сопряжен с необходимостью частой смены климатических зон (два раза в месяц), нарушением суточного режима, сдвигом поясного времени. У части рабочих это приводит к повышению артериального давления, нарушению работы сердечно-сосудистой системы.

Нами показано, что болезненные процессы чаще выявляются у людей с правым профилем функциональной сенсомоторной асимметрии. Латеральные признаки рабочих, первый год трудящихся на Севере, не отличались от средних показателей в европейской части России. Но среди рабочих, трудящихся на вахте более 7 лет, число лиц с левым и симметричным профилем возросло настолько, что не отличалось от распределения этого признака у коренных жителей сибирского Севера. Постепенный отбор людей, наиболее устойчивых к действию климатических факторов и условий труда, приводит к тому, что среди вахтовых рабочих накапливаются люди с синистральными признаками (Леутин, Николаева, 1985). Повидимому, концентрация левшей и амбидекстров в северных регионах и среди вахтовых рабочих заполярья является следствием их большей приспособляемости при экстремальной адаптации. Это не согласуется с отдельными данными о лучшей адаптации праворуких людей, правда, полученных в европейской части России (Драганова, Сычов, 2003).

Левое полушарие в три раза чаще имеет знаки эпи-активности даже в случае поражении правого полушария (Болдырева, 2004). Возможно, левое полушарие как более специализированное, характеризуется и большей чувствительностью к различного рода воздействиям. Особенности ветвления артерий правой и левой полушарий мозга таковы, что обеспечивают большую вероятность попадания микротромбов в левое полушарие (Maupard, Hughes, 1984, цит. по Болдыревой, 2004). Было показано, что у больных с левополушарным поражением мозга вследствие инсульта несколько чаще выявлялось двустороннее снижение церебрального кровотока, которое могло вызывать нарушения познавательных процессов (Mogi et al., 1994; цит. по Боголепова, 2004).

Следовательно, особенность мозговых событий у людей с левым и симметричным профилями функциональной сенсомоторной асимметрии в процессе адаптации в экстремальных климатических условиях обеспечивает большую приспособляемость по сравнению с теми, кто имеет правый профиль, для проживания в экстремальных климатических условиях. У них адаптация достигается за счет синфазной, одновременной мобилизации обоих полушарий. Правопрофильные лица отличаются иной стратегией адаптации, при которой активизируется то одно, то другое полушарие, обеспечивая эффективную адаптацию в субэкстремальных условиях.

Центральные механизмы адаптации и функциональная асимметрия мозга

Механизмы стресса лежат в основе любых адаптивных перестроек, но не каждая стрессовая ситуация ведет к адаптивным перестройкам. Системный принцип реагирования предполагает, что все виды приспособительной деятельности физиологических систем и целостного организма осуществляются иерархически организованными динамическими объединениями, включающими отдельные элементы одного или разных органов.

В общей теории адаптации В.И. Медведева (1998) формулируется представление о поиске организмом оптимальных вариантов гомеостатического регулирования при действии новых факторов для создания адекватной программы уравнивания всех звеньев внешней и внутренней среды. Эта программа включает и программу максимум, при которой включенные в нее элементы отвечают чрезмерной реакцией. Автор рассматривает адаптацию как процесс формирования системы, характеризующейся новыми свойствами, которыми не обладает ни один из ее элементов. Наиболее сложная ситуация возникает в тех случаях, когда при действии природного фактора требования обеспечения деятельности не совпадают с требованиями сохранения гомеостаза. Так, например, высокая температура окружающей среды требует снижения мышечной нагрузки, а трудовая деятельность – ее увеличения.

Мы полагаем, что адаптация в широком смысле этого слова является также процессом научения, вернее переучивания, адекватно реагировать в изменившейся среде для сохранения гомеостаза. Однако от классических форм научения адаптация отличается императивностью, крайне сжатыми сроками, которые определяются градиентом изменений окружающей среды и функциональными возможностями организма. Именно поэтому при смене окружающей среды формируется адаптационная доминанта, которая направляет активный поиск организмом в новых условиях биологически целесообразных реакций.

Изменение памяти и эмоций осуществляется на фоне сдвигов взаимодействия полушарий мозга, что обеспечивает оптимизацию переработки резко возросшего потока сигналов. На это же направлена активация мозга, проявляющаяся в возрастании времени бодрствования и произвольной двигательной активности. Подобную активацию можно охарактеризовать как чрезмерную («программа максимум», по В.И. Медведеву, 1998). Она обеспечивается импульсацией из восходящей ретикулярной формации за счет резкого возрастания потока сенсорной информации. Продолжая ра-

ботать в рамках прежних стереотипов, фиксированных в левом полушарии, мозг активно вычленяет из внешней среды необычные стимулы.

Чрезвычайная активация коры больших полушарий обуславливает мощное тормозное влияние на ретикулярную формацию ствола, что, в свою очередь, приводит к уменьшению ее восходящих активирующих влияний. Кроме того, ретикулярная формация имеет собственные коллатерали, обеспечивающие снижение активности нейронов, проецирующихся в таламические ядра. Это реализует угнетающее воздействие ретикулофугальной импульсации на таламические структуры и, соответственно, вызывает снижение уровня активации коры (Леутин, 1998).

Между двумя активирующими системами – ретикулярной формацией и лимбической системой – существуют реципрокные отношения. Они, согласно А. Роуттенбергу (Routtenberg, 1968), представляют собой своеобразную саморегулирующуюся систему, главным звеном которой является гипоталамус. В отличие от активации ретикулярной формации ствола мозга активация гиппокампа приводит не к ослаблению, а к усилению синхронизации биопотенциалов коры.

Активация ряда образований лимбической системы оказывает на структуры мозга других уровней влияние, противодействующее активации. Раздражение медиального и базального амигдалоидных отделов, пирiformной коры и лобной орбитальной коры вызывает синхронизацию ЭЭГ. Влияние этих отделов лимбической системы осуществляется через гипногенный лимбико-среднемозговой круг, который с помощью нисходящей системы холинергических образований взаимодействует с синхронизирующими механизмами заднего ствола и понтийным центром быстрого сна (Леутин, 1998).

Изменение внешней стимуляции и возбуждения рецепторов из внутренней среды организма вызывает появление в ЦНС очага повышенной возбудимости. Формирование такого очага происходит на 3-й день в субэкстремальных условиях. К этому дню накапливаются гормональные и метаболические сдвиги в организме, достаточные для возникновения доминирующей мотивации. Мобилизация сменяется относительным снижением спонтанной двигательной активности, времени бодрствования, реакции активации на ЭЭГ, замедлением реакций, то есть обнаруживаются поведенческие и электрофизиологические признаки торможения. На этом фоне активируется селекция эмоциональной информации. После возникновения очага повышенной возбудимости и проявления признаков торможения в ЦНС, которое, согласно представлениям А.А. Ухтомского (1966), следует расценивать как сопряженное, очаг повышенной возбудимости

может сохраняться в зависимости от экстремальности среды от нескольких часов до нескольких суток.

Активная роль в организации процесса суммации в доминантном очаге принадлежит сопряженному торможению. Умеренное снижение тонуса коры в субэкстремальных условиях приводит к снятию ее тормозных влияний на функции лимбической системы. Возрастают ориентировочные рефлексы, расширяется диапазон сигналов, воспринимаемых как эмоциональные, улучшается формирование следа памяти на новые и эмоциональные стимулы. Переработка информации сопровождается лишь кратковременными процессами активации без устойчивого сдвига функционального состояния мозга. Известно существование обратной U-образной зависимости между уровнем активации и эффективностью процессов памяти. Снижение влияний восходящей неспецифической активирующей системы обуславливает ухудшение запоминания индифферентной информации. Это и обеспечивает активацию селекции высоко значимых сигналов в процессах памяти в ранние сроки адаптации. Влияние ретикулярной формации ствола мозга на кору больших полушарий имеет тонический, длительный характер, в то время как воздействие неспецифических ядер таламуса является фазическим, кратковременным и может носить локальный характер. Особенно это касается ядер ретикулярного комплекса, роль которого заключается в избирательной активации одних участков коры с одновременным торможением других (Леутин, 1998).

Известно, что на первых этапах выработки условный рефлекс образуется раньше, оказывается более прочным и часто определяется быстрее в правом полушарии. Только после стабилизации он упрочивается в левом полушарии. Перенос рефлекса происходит во время самого процесса обучения (Бианки, 1985).

При умеренной адаптации исходные полушарные соотношения инвертируются. В изменившихся условиях в левом полушарии активируется сбор необычной, новой информации. Неэффективность прежних стереотипов в новых условиях снижает качество адаптации, что включает механизмы правого полушария, осуществляющие гештальтный (целостный) анализ информации и активацию дивергентного мышления. Параллельные селекция эмоционально значимых сигналов и комбинаторная творческая активность являются базой создания новых программ, обеспечивающие соответствие поведения и функционирования организма новым условиям. Все эти процессы происходят на фоне облегчения межполушарного переноса информации.

В дальнейшем процессе адаптации нарастание возбуждения структур, регулирующих активность лимбической системы, усиливается настолько, что восходящие влияния захватывают ретикулярную формацию. Учитывая реципрокные связи между корой, с одной стороны, и гиппокампом, миндалиной и гипоталамусом – с другой, можно полагать, что именно гипоталамус ответственен за активирующие влияния не только на структуры и ядра таламуса, но и на нижнюю часть ствола мозга, а также на ретикулярную формацию среднего мозга. При этом более тесные функциональные взаимосвязи со специфическими и активирующими системами мозга средних структур выявлены в левом полушарии. Активация коры, проявляющаяся электрическими реакциями мозга и улучшением воспроизведения сигнальной информации, приводит к усилению ипсилатеральных тормозных влияний на лимбические структуры.

Большая выраженность этих влияний в доминантном полушарии, то есть более эффективная функция самоподавления подкорковых процессов, обуславливает инверсию исходных латеральных соотношений эмоциональной памяти. Иными словами, инверсия исходной функциональной асимметрии мозга является парциальной, затрагивающей лишь процессы переработки информации эмоциогенных сигналов и возникающей как следствие асимметричности нисходящих влияний на ипсилатерально расположенные структуры (Леутин, 1998).

В процессе становления временной связи происходит закономерное возрастание уровня активации мозга (Ливанов, 1972). Это выявлено по показателям активности нервных клеток коры больших полушарий, ретикулярной формации, лимбической системы и гипоталамуса при выработке пищевых и оборонительных классических и инструментальных рефлексов. Поэтому позднее в субэкстремальных условиях регистрируется умеренное возбуждение мозга, характеризующаяся одновременным возрастанием реакции активации на ЭЭГ, увеличением времени бодрствования, нарастанием произвольной двигательной активности, амплитуды спонтанных КГР, сокращением латентных периодов реакций, что свидетельствует об оптимальности достигнутого уровня корковой активации для фиксации следов сигнальной информации, то есть той, которая предшествует значимой.

Адаптивное поведение основано на способности организма прогнозировать вероятность событий и менять ее вслед за сдвигами параметров среды. Согласно концепции П.В. Симонова (1998, 1999), такие качества сигнала, как новизна, эмоциогенность и сигнальность, определяют преимущественное включение той или иной структуры в его обработку.

Внешние и внутренние стимулы при попадании в новую среду активируют мотивационные структуры гипоталамуса, который, в свою очередь, возбуждает гиппокамп, воспринимающий широкий круг новых стимулов и обуславливающий возможности суммации.

Выделение доминирующей мотивации связано с другой структурой – миндалевидным комплексом. При этом в ранние сроки адаптации новые стимулы различной модальности перерабатываются преимущественно левым полушарием, а эмоциональная оценка при сопоставлении с энграммами, извлеченными из памяти, на основе доминирующей мотивации осуществляется структурами правого полушария. Возможность первоочередного удовлетворения актуальной мотивации трансформирует внешний информационный поток и приводит к активации временной связи на сигналы с высокой вероятностью подкрепления, что обусловлено деятельностью передних отделов новой коры левого полушария. Замыкание временных связей на основе разрешения доминанты вызывает закономерные изменения состояния в мотивационном центре. В итоге вновь восстанавливается приоритет левого полушария в предвидении текущих нужд организма в традиционной среде.

Построение такой упрощенной схемы функционирования мозговых образований в ранние сроки адаптации представляется правомочным. Формирование доминанты, приводя к созданию вектора поведения, устраняет избыточные функциональные связи и сокращает излишние степени свободы. Следовательно, в основе функционирования механизмов экстренной психофизиологической адаптации лежит принцип доминанты, обуславливающий вертикальную и горизонтальную интеграцию системы связанных между собой центров, которая определяет характер ответных реакций организма на внешние и внутренние раздражения. Вектор рефлекторного поведения субъекта в окружающей среде формируется кольцевыми корково-подкорковыми взаимодействиями, заключающимися в оперативной отрицательной и опосредованной межполушарными отношениями положительной обратными связями. Этим обстоятельством определяется фазность процессов экстренной адаптации, а выраженность и длительность фаз задаются величиной градиента потока информации при экстренной смене условий существования и эффективностью обработки высокозначимых сигналов механизмами памяти (Леутин, 1998). Подобный волновой характер изменений патологических процессов выявлен при световой стимуляции отдельно правого или левого полушария мозга (Чуприков, Палиенко, 2004).

Мозг животных и человека – это уникальный прибор, оценивающий вероятность возникновения событий и обучающийся в условиях меняющейся вероятности этих событий. Правое полушарие в этом случае ориентируется на события малой вероятности, левое – высокой. Обыденные условия требуют стереотипных действий от человека, тогда как процесс адаптации – пересмотра значимости привычных явлений и создания новых способов реагирования. С этой точки зрения роль полушарий в филогенезе и онтогенезе определяется их возможностями варьировать способы решения задач в зависимости от условий, в которых оказался человек, и сохранять их в памяти.

Люди с левым и симметричным профилем в этом случае будут эффективны при постоянных изменениях среды в рамках экстремальности. В комфортных климатогеографических условиях, в стереотипной среде, преимущество получают правопрофильные индивиды.

Для человека европейской популяции технологичность производственной деятельности, комфортный климат, успешная изоляция от катастрофических природных воздействий благоприятствовали в целом доминированию людей со стереотипной, легко прогнозируемой деятельностью. Обитатели Крайнего Севера и высокогорья, занятые до сих пор кочевым скотоводством, выживая в экстремальных условиях, зависят от изменчивой суровой погоды, что требует иной обработки информации, а значит и других взаимоотношений между полушариями мозга.

В последние десятилетия человек столь активно воздействует на климат и на окружающую его информационную среду, что в ближайшем будущем можно предвидеть изменение распределения латерального фенотипа и в регионах с субэкстремальными условиями существования. Подтверждением этому предположению может быть факт роста синистральных признаков в популяции на протяжении 20 столетия (Brackenbrige, 1981; Leiber, Axelrod, 1981).

С психологической точки зрения, адаптация в новых условиях выглядит как творческий процесс по формированию новой стратегии поведения при участии структур правого полушария. Она опирается на возможность правого полушария оценивать неопределенность среды, прогнозировать маловероятные события на основе гештальтного восприятия. Затем эта стратегия стереотипизируется и регулярно воспроизводится структурами левого полушария. В норме редко наблюдается исключительно процесс приспособления или состояние адаптированности. Многообразие факторов, воздействующих на организм, требует участия стратегии обоих полушарий.

По-видимому, в основе распределения функций между полушариями лежит принцип экономии энергетических ресурсов активационных механизмов мозга (Русалова, 2004). Все, что может быть реализовано с меньшими энергетическими затратами, реализуется левым полушарием. Повышение затрат ведет к активации левого полушария. Но, однако, когда оно не справляется на этом уровне, вновь подключается правое полушарие, использующее в данном случае подчиненную ему эмоциональную сферу для создания принципиально новых возможностей, которые затем будут эксплуатироваться левым полушарием на более низком уровне активационных возможностей.

Проблема незавершенной адаптации

Физиологические изменения при адаптации специфичны для условий, в которых она происходит, и направлены на более эффективное выполнение организмом физиологических и психологических функций, возложенных на него временем и обстоятельствами. Возможности человека необычайно широки. В критических состояниях, проблемных для выживания, возникают изменения, повышающие устойчивость организма. Они описываются в рамках общего адаптационного синдрома.

Критические моменты в жизни – это время подключения скрытых резервов. Люди осваивают Северный полюс, продвигаясь во льдах при длительных низких температурах, они поднимаются на горы Антарктиды, где температура достигает 60 градусов ниже нуля по Цельсию, они опускаются с аквалангом на глубины более 600 м. Пожарные и спасатели ежедневно подвергаются риску и должны в короткие сроки решать проблемные задачи, требующие быстрой реакции и мобилизации.

Способы реагирования организма на экстремальную нагрузку могут быть различными. В определенных условиях организм переходит на новый уровень функционирования, характеризующийся гипермобилизацией функционального состояния. Эта гипермобилизация проявляется в существенном увеличении работоспособности и повышении вероятности выживания. При этом гомеостаз смещается на иной уровень. Например, при тепловом стрессе ректальная температура растет до 38,74 градусов на фоне повышения большинства показателей физической и умственной работоспособности на 15% и более. Явление гипермобилизации проявляется чаще у тренированных людей и нередко у нетренированных в необычных условиях, обеспечивая благоприятный исход из критической ситуации (Жуков, 1996).

Даже при непродолжительном воздействии экстремальных раздражителей поведение человека резко изменяется. Влияние гипоксии глубокой степени на психологический облик и поведение человека можно проследить по записям аэронавтов, покорявших значительные высоты на воздушных шарах. Так, Гей-Люссак, поднимавшийся в 1803 году на высоту 7000 м, отмечал трудности концентрации внимания при считывании шкал приборов и проведении элементарных подсчетов. Изменение физиологического состояния заключалось в учащении сердцебиения и углублении дыхания. В более позднем полете Робертсон и Лоест отмечали колебания эмоционального состояния, что проявилось вначале в общем беспокойстве, а затем в возникновении апатии, которая привела к потере интереса к исследованию, хотя именно оно и было целью длительно готовившегося полета (Тиссандье, Фламарион, 1899).

У аэронавтов воздушного шара «Зенит», совершивших свой первый полет в 1876 году (Франция) по предложению П. Бэра, на первый план выступали изменения психического облика и потеря критического отношения к собственному состоянию, что привело к неадекватному поведению участников полета. Один из аэронавтов продолжал сбрасывать оставшийся в гондоле балласт (заставляя тем самым шар подниматься вверх), когда его товарищи уже находились без сознания. Из-за чрезмерной слабости они не смогли дотянуться до кислородного шланга, что привело к гибели двух участников полета. Оставшийся в живых Г. Тиссандье впоследствии сообщил, что на высоте 8000 м не мог говорить и потерял сознание. Некритическое отношение к окружающей обстановке и собственному состоянию при пребывании испытуемых в барокамере на значительных «высотах» отмечалось многократно (Холдэн, Пристли, 1937).

Яркие примеры изменений психических процессов и поведения человека дает альпинистская практика. Психический облик на высоте 4000 м упрощается, в поведении выявляется некоторый примитивизм (Сиротинин, 1949), показана повышенная утомляемость, некритическая оценка времени и пространства (Бяков, 1961), ухудшение памяти. Часты случаи, когда на высотах 7000 м и более группа забывает на биваках важные предметы снаряжения и продукты питания. При этом альпинистские навыки и связанная с ними привычная деятельность сохраняются на достаточно высоком уровне (Ward, 1975). И.А. Черепов (1940) описывает состояние ледникового утомления, или глетчерной усталости. Это явление обнаруживается в снежном высокогорье, в ледниковых цирках с застойным влажным воздухом, особенно в солнечные дни с ярким светом и высокой температурой. В такой ситуации на человека внезапно надвигается

усталость, умственная и физическая пассивность, инертность, полное безразличие ко всему, стремление лежать неподвижно.

Нарушение психических процессов описал Р. Бирд (Byrd, 1938), в одиночестве зимовавший на изолированной арктической станции. На психическом состоянии отражались не только суровые природные условия, одиночество, но и хроническая интоксикация угарным газом из-за неисправности газовой горелки, которая была единственным источником тепла и света. Он отмечал субъективную тяжесть тех усилий, которые требовались для поддержания жизни, апатию на фоне резкого усиления воображения.

Восстанавливая в памяти обстоятельства и события, приведшие к несчастному случаю в экстремальных условиях, пострадавшие часто вспоминают о своеобразном провале в мышлении и удивляются явной нелогичности, парадоксальности своего поведения (Штрюмер, 1972). Все эти данные свидетельствуют о чрезмерной активации правого полушария и подавлении активности левого.

Срывы процесса адаптации протекают преимущественно по типу невротических реакций. Они обнаруживаются и на арктических и полярных станциях (Сороко, 1984). Подобные изменения связаны с нарушением сна, депрессивными и ипохондрическими состояниями. Отмечается, что функциональные расстройства ЦНС составляют подавляющее большинство нервно-психических расстройств, а в структуре общей заболеваемости они приобретают существенный удельный вес. Так называемый «субневротический синдром», или «синдром психоэмоционального напряжения» отмечен у 70% сотрудников труднодоступных станций, а невротические нарушения – у каждого пятого. Ведущими в структуре невротических заболеваний являются неврастенические расстройства в виде астенического, астено-депрессивного или гиперстенического синдрома, расстройства с истерическим рисунком поведения, вегетодистонии (Матусов, 1979). Многие формы невротического поведения связаны также с чрезмерной активацией правого полушария.

Невозможность адаптироваться к чрезвычайным условиям жизни и труда создает, с точки зрения В.П. Леутина (2000), феномен незавершенной адаптации. Впервые представления о компромиссных формах адаптивных реакций при противоречивых физиологических требованиях были высказаны В.И. Медведевым (Медведев, 1982; Медведев и др., 1984). Они послужили толчком для развития концепции «незавершенной адаптации». Основным условием завершения в организме процесса приспособления к воздействию внешнего фактора является возвращение па-

раметров гомеостатических систем к исходному уровню либо стабилизация их на новом уровне. Состояние незавершенной адаптации формируется при попадании организма в особую информационную среду, где либо действие стрессора чрезмерно, либо возвращение в привычные условия происходит слишком быстро, и организм не успевает адаптироваться (например, при дальних перелетах несколько раз в месяц). В этом случае полноценная адаптация, при которой временное возбуждение правого полушария сменяется активацией левого, не наступает.

В регионах с экстремальным климатом, где гелиофизические факторы среды отличаются не только жесткостью, но и огромным диапазоном изменчивости, у части коренных жителей совершенная адаптация либо не достигается вовсе, либо сохраняется непродолжительное время (Леутин, 1998). Однако в тех случаях, когда экологические условия неблагоприятны вследствие техногенных загрязнений, возможно возникновение незавершенной адаптации и в условиях с умеренным климатом. Таким образом, незавершенная адаптация может быть присуща значительной части населения нашей страны.

Признаками незавершенной адаптации в этом случае являются параметры, свойственные началу процесса физиологической адаптации, в норме ограниченные во времени. При феномене незавершенной адаптации они сохраняются месяцы и годы. К ним относятся: активация селекции слабо эмоциональной информации в процессах памяти, тревожность, инверсия полушарного доминирования, достигающий верхней границы нормы уровень кортикостероидов, нарушение межсистемных и внутрисистемных взаимодействий, повышение реактивности центров регуляции дыхания и кровообращения, снижение эффективности мышечной деятельности, чрезмерная утомляемость. Возможно, именно незавершенная адаптация лежит в основе невротических заболеваний, психосоматической патологии, аддитивного поведения в таких специальных условиях среды.

Гипоксические состояния мозга закономерно возникают при нарушении адаптации не только к внешнесредовым, но и социальным воздействиям. При неврозах гипоксия мозга имеет циркуляторный механизм, поскольку обусловлена резким снижением локального мозгового кровообращения и, как следствие, недостаточной доставкой кислорода к работающим клеткам головного мозга.

Для изучения этих механизмов нами была разработана экспериментальная модель незавершенной адаптации с использованием прерывистой нормобарической гипоксии: пятиминутное вдыхание через маску при

нормобарии газовой смеси, содержащей 10% кислорода и 90% азота, прерывалось интервалами по три минуты. Таких циклов в течение сеанса было шесть. Вдыхание газовой смеси со сниженным наполовину содержанием кислорода у большинства испытуемых влечет за собой достаточно быстрое падение оксигенации артериальной крови до 75–80 %, что соответствует высотам 5500–6000 м над уровнем моря. Поскольку не известны поселения людей, постоянно проживающих в горах выше 4500–5000 м, можно полагать, что полноценная долговременная адаптация к гипоксии такой выраженности невозможна (Агаджанян, Торшин, 1994). Снятие маски приводит к скачкообразному нарастанию оксигенации и изменению сердечного ритма (Рис. 15.9).

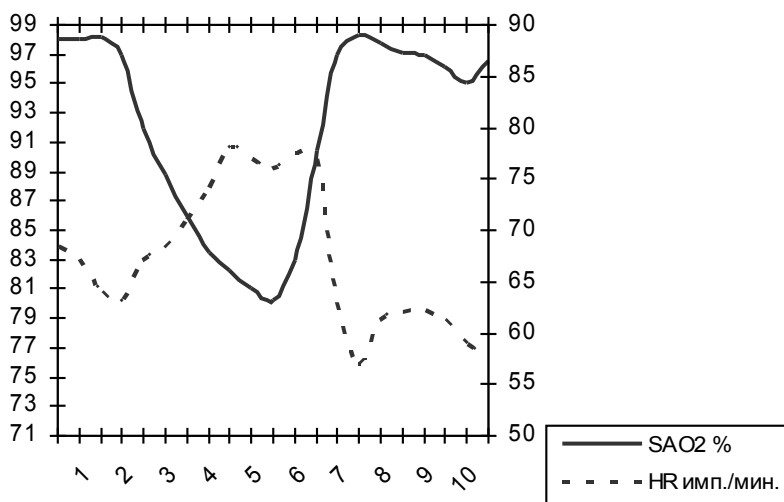


Рис. 15.9 Изменение значений сатурации крови и частоты сердечных сокращений в процессе одного цикла ПНГ.

По оси абсцисс – время проведения цикла ПНГ в мин.

Стрелка – снятие маски на 5-й минуте сеанса ПНГ.

По оси ординат: слева – насыщение крови кислородом, (%); справа – частота сердечных сокращений в имп./мин.

В исходном состоянии структура корреляционных связей ЭЭГ показывает большую вовлеченность левого полушария мозга в процессы центральной регуляции дыхания. При этом альфа-активность ЭЭГ левого полушария положительно связана с гиперкапнической вентиляторной чувствительностью дыхательного центра и коэффициентом использования

кислорода, а тета-активность – отрицательно с минутным объемом дыхания и скоростью выделения CO_2 . Бета-диапазон ЭЭГ представлен симметричными связями с показателями гиперкапнического вентиляторного порога, концентрацией CO_2 в крови и объемом потребляемого кислорода.

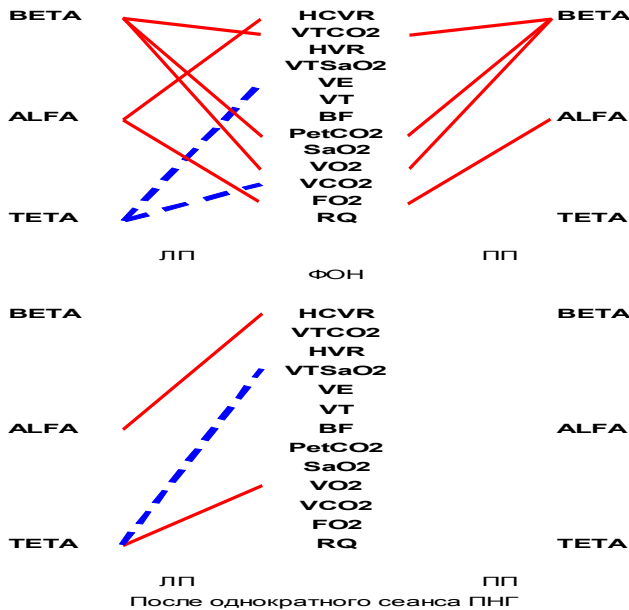


Рис. 15.10. Изменение корреляционных связей между данными суммарного спектра мощности ЭЭГ, параметрами газообмена и легочной вентиляции после проведения однократного сеанса ПНГ (средние значения по 17 испытуемым).

Обозначения:

ЛП – левое полушарие. ПП – правое полушарие.

HCVR – (л/мин)/мм рт. ст. – гиперкапническая вентиляторная реакция;

HVR – (л/мин)/%SaO₂ – гипоксическая вентиляторная реакция;

VTSaO₂ – % – гипоксический вентиляторный порог;

VTCO₂ – мм рт. ст. – гиперкапнический вентиляторный порог;

VE – л/мин – объем легочной вентиляции;

PetCO₂ – мм рт. ст. – парциальное давление CO_2 в конечной порции выдыхаемого воздуха

VT – л – объем одного вдоха;

SaO₂ – % – насыщение крови кислородом;

BF – имп./мин. – частота дыхания;

VO₂ – (мл/мин.)/кг – общее потребление кислорода;

VCO₂ – мл/мин. – объем выделенного углекислого газа.

FO₂ – % – коэффициент использования кислорода;

RQ – усл.ед. – дыхательный коэффициент;

Сплошная линия – статистически значимые ($p < 0,05$) положительные корреляционные связи.

Штриховая линия – статистически значимые ($p < 0,05$) отрицательные корреляционные связи.

Однократный сеанс прерывистой нормобарической гипоксии (ПНГ) приводит к сохраняющемуся более 1 часа нарушению газового гомеостаза, разрушению симметричной вовлеченности бета-активности в регуляцию функции внешнего дыхания и усилению роли среднемозговых структур левого полушария в перестройке паттерна дыхания из-за недостатка кислорода (Леутин и др., 2002). Об этом свидетельствует положительная корреляция спектра мощности альфа-ритма с показателями гиперкапнической чувствительности, тета-ритма – с показателями общего потребления кислорода и отрицательная корреляции – с величиной гипоксического вентиляторного порога. В целом резко уменьшается количество значимых связей в бета-, альфа- и тета-диапазонах ЭЭГ с показателями регуляции дыхания (Рис. 15.10). Можно предполагать, что оптимизация управления дыханием нарушается, поскольку кооперация подкорковых процессов в затылочной, височной и теменных областях левого полушария падает, о чем свидетельствует снижение когерентности между этими зонами мозга. Следует добавить, что статистически существенных корреляций изменения уровня когерентности и показателей газового гомеостаза и дыхания не выявлено (Рис. 15.11).

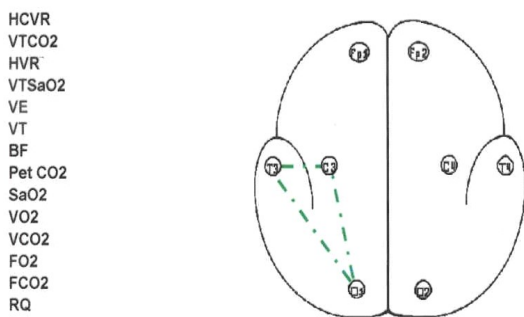


Рис. 15.11. Изменение когерентности по сравнению с фоновыми значениями после проведения однократного сеанса ПНГ. Показатели газообмена и дыхания те же, что на Рис 15.10, штрихпунктирная линия – значимое снижение когерентности. Усредненные значения по 17 испытуемым.

Полученные результаты указывают на то, что уже после однократного сеанса прерывистой нормобарической гипоксии возникает переходной режим с экзальтацией левополушарного контроля функции внешнего дыхания.

В эксперименте с 20-кратным применением прерывистой нормобарической гипоксии принимали участие 5 практически здоровых добровольцев мужчин 17–28 лет. Весь курс состоял из 20 ежедневных (кроме выходных) процедур. Многократное повторение сеансов прерывистой нормобарической гипоксии приводит к стойкому изменению структуры корреляционных связей между показателями газообмена и данными спектра мощности ЭЭГ.

Возникает инверсия полушарного доминирования в контроле функции внешнего дыхания и газообмена (Леутин и др., 1999). После 10 сеансов в целом резко уменьшается количество значимых связей бета-, альфа- и тета-активности ЭЭГ левого полушария с показателями регуляции дыхания. Сохраняются лишь положительная корреляция бета-активности с показателями гипоксической чувствительности дыхательного центра, величиной порога на гипоксический стимул и отрицательная корреляция с объёмом выдыхаемого CO_2 . После 20 сеансов прерывистой нормобарической гипоксии, кроме положительной корреляции бета-активности правого полушария с концентрацией CO_2 в конечной порции выдыхаемого воздуха, выявлены положительная корреляция альфа-активности ЭЭГ обоих полушарий с концентрацией CO_2 в выдыхаемом воздухе и отрицательная – тета-активности каждого полушария с показателями частоты дыхания (Рис. 15.12).

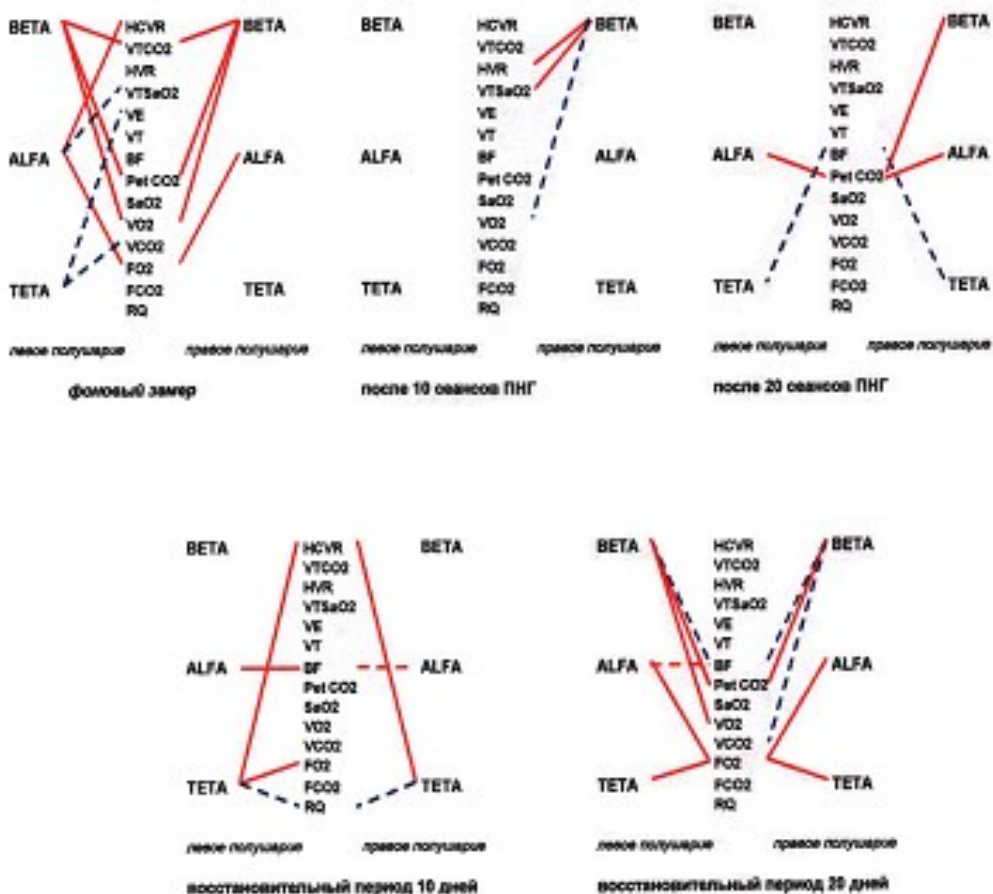


Рис 15.12. Структура корреляционных связей между показателями газообмена и суммарной мощности ЭЭГ при длительной ПНГ (20 дней – ПНГ и 20дней – восстановительный период). Средние значения по 5 испытуемым.

Сплошная линия – статистически значимые ($p < 0,05$) положительные корреляционные связи.

Штриховая линия – статистически значимые ($p < 0,05$) отрицательные корреляционные связи. Обозначения см. на рис. 9.

Поддержание адекватного уровня легочной вентиляции при прерывистой нормобарической гипоксии осуществляется за счет повышения гипоксической и гиперкапнической вентиляторной чувствительности дыхательного центра (рис. 15.13).

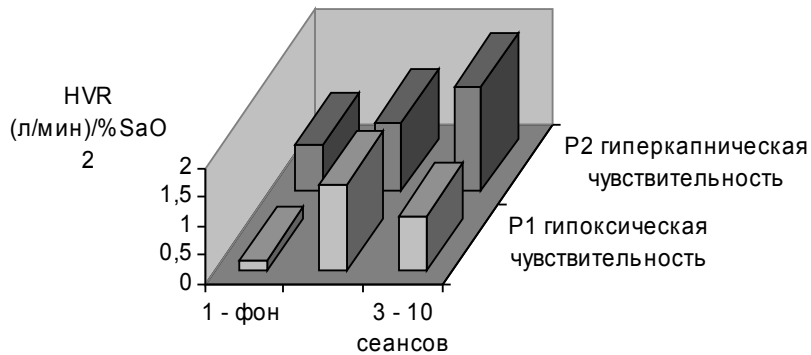


Рис. 15.13. Изменение гипоксической и гиперкапнической чувствительности дыхательного центра после проведения 5 и 10 сеансов ПНГ (средние значения по 9 испытуемым).

По оси абсцисс – замеры в фоне, после 5 и 10 сеансов ПНГ

По оси ординат – гипоксическая и гиперкапническая чувствительность дыхательного центра. (* $p < 0,05$).

Эти изменения сопряжены с возрастанием гипоксического вентиляторного порога, что отражает нарастание толерантности к недостатку кислорода во вдыхаемой газовой смеси, и снижением порога гиперкапнической вентиляторной реакции, которое обусловлено вымыванием CO_2 из крови при нарастании вентиляции легких (таблица 15.1).

Таблица 15.1. Показатели внешнего дыхания и газообмена у испытуемых (n=5) при повторной нормобарической гипоксии (ПНГ), в 11-й, 21-й дни ПНГ и в 31-й и 41-й дни в восстановительном периоде

Дни	Фон	11	21	31	41
Показатели					
Гиперкапническая вентиляторная реакция, HCVR, (л/мин)/мм рт.ст.	1,41±0,10	3,44±0,20***	3,61±0,44*	2,43±0,20*	1,94±0,31
Вентиляторный порог CO ₂ , VT CO ₂ , мм рт.ст.	51±0,64	43±2,3*	41±2,4*	48±2,7	48±1,4
Гипоксическая вентиляторная реакция, HVR, (л/мин)/% SaO ₂	0,67±0,18	1,27±0,32*	1,93±0,56*	0,94±0,54	2,11±0,52*
Эффективность использования кислорода FO ₂ , %	3,33±0,19	3,30±0,24	3,98±0,15**	3,63±0,17	3,72±0,25

Примечания: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001 – достоверность отличий от исходных значений в абсолютных величинах.

Первоначально наибольшая вовлеченность правого полушария в перестройку функционального состояния мозга, судя по изменению корреляционных связей и среднего уровня когерентности после 10 сеансов прерывистой нормобарической гипоксии, выявляется в бета-диапазоне. Формирование главного узла переработки информации свидетельствует о подключении подкорковых образований в исследуемый процесс и отражает влияния восходящей активирующей системы, в латеральных зонах которой и расположены структуры дыхательного центра. Рост когерентности во всех отведениях правого полушария и левой окципитальной зоны отражает нарастание центральных влияний в процессе нейрогуморальной регуляции дыхательного центра (рис. 15.14).

В дальнейшем наиболее существенные изменения проявляются в диапазоне альфа-ритма: снижение когерентности в правом полушарии сопряжено с нарастанием когерентности альфа-ритма в левом полушарии (рис. 15.14). По-видимому, в регуляцию газообмена и дыхания включаются структуры переднего мозга, о чём свидетельствует нарастание кооперации в альфа-диапазоне левого полушария и её значимой корреляции с показателями газообмена, в частности, контролем газового состава по CO₂.

Высокая когерентность и синфазность активности разных корковых зон на одной общей частоте является наиболее существенным условием их функционального взаимодействия. В процессе формирования новых состояний особая роль принадлежит лобным отделам. Известно, что они выступают в роли пусковых структур, определяющих готовность центральной нервной системы к функционированию в экстремальных условиях (Лурия, 1973; Батуев, 1991). При этом лобные доли вовлечены в совместную деятельность с теменными отделами, которые регулируют процессы биологической, висцеральной адаптации. Инверсия полушарного доминирования и вовлечение лобно-теменных долей в межполушарную интеграцию являются основным электрофизиологическим паттерном при прерывистой нормобарической гипоксии (рис. 15.14) (Леутин и др., 2004).

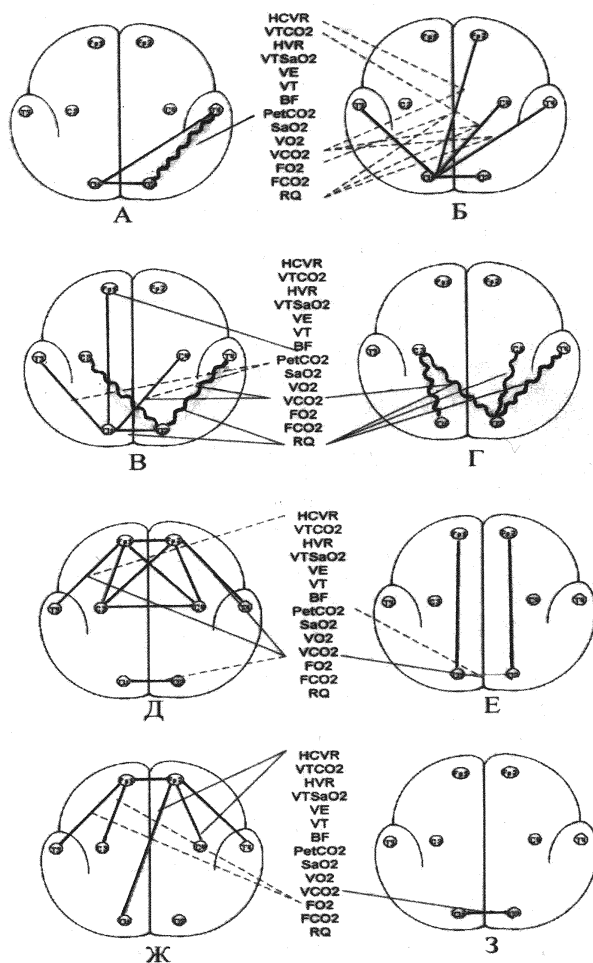


Рис. 14. Структура когерентности и изменение корреляционных связей между средними уровнями когерентности (альфа- и бета-диапазоны) и показателями дыхания и газообмена в процессе 20-дневной ПНГ и 20 дней восстановления. Средние значения по 5 испытуемым. Обозначения:

Размещение электродов и структура значений в:

Альфа диапазоне

А – после 10 сеансов ПНГ,

В – после 20 сеансов ПНГ

Д – восстановительный период – 10 дней,

Ж – восстановительный период – 20 дней.

Бета диапазоне**Б** – после 10 сеансов ПНГ,**Г** – после 20 сеансов ПНГ**Е** – восстановительный период -10 дней,**З** – восстановительный период 20 дней.**Сплошная линия** – значимые положительные корреляционные связи; $p < 0,05$ **штриховая линия** – значимые отрицательные корреляционные связи; $p < 0,05$

Показатели дыхания и газообмена те же, что и на рис 10.

Сплошная толстая линия – рост когерентности $p < 0,05$ Волнистая линия – снижение когерентности $p < 0,05$

Судя по изменениям чувствительности дыхательного центра и показателям ЭЭГ, прерывистая нормобарическая гипоксия не формирует собственно адаптацию к гипоксии, а обеспечивает готовность к внезапному попаданию организма в среду с недостатком кислорода. Полученная перестройка регуляции дыхания оказывается весьма устойчивой. Прекращение сеансов прерывистой нормобарической гипоксии даже после 20 дней не приводит к возвращению к фоновому состоянию измененной нейродинамики, ее связям с показателями дыхания и газообмена. Усиление длиннодистантных внутрисушарных связей в бета-диапазоне и межполушарных гетеролатеральных связей в альфа-диапазоне свидетельствует об интенсификации ассоциативных процессов через 10 и 20 дней после отмены сеансов. Подобные изменения наблюдаются и при решении творческих задач (Razumnikova, 2000). Возрастание корпоративности фронтальных, темпоральных и центральных областей в диапазоне альфа-активности каждого полушария наблюдается при реализации нового сформированного стереотипа (Афтанас, 2000).

Таким образом, регуляция газового гомеостаза организма при дозированной гипоксии осуществляется через поэтапную централизацию регуляторных механизмов, направленную на сохранение функции отдельных звеньев системы кислородного обеспечения в условиях систематического нарушения внутренней среды организма. Она охватывает фазу разрушения старых межсистемных взаимодействий, а также фазу перестройки центральных процессов регуляции и межсистемной координации дыхания и кровообращения. Изменение структуры афферентных информационных потоков, по-видимому, играет важную роль в перестройке паттерна дыхания. Анализ наших результатов и сопоставление с литературными данными позволяет полагать, что прерывистая нормобарическая гипоксия порождает состояние, которое характеризуется централизацией регуляторных механизмов кислородного обеспечения организма, вовлечением в

процесс регуляции газообмена правого полушария мозга и изменением структуры афферентных информационных потоков.

Функциональная асимметрия мозга и предикторы успешности в спорте высших достижений

В настоящее время не вызывает сомнений неразрывная связь функциональной асимметрии мозга и адаптационных возможностей человека. Оказалось, что в экстремальных регионах планеты преимущество получают синистральные лица – люди с левым и симметричным профилями, которые вследствие этого накапливаются в Заполярье, высокогорных районах, в регионах с экстремальным климатом. Выяснены и физиологические механизмы этого явления – иной, более надёжный процесс регуляции транспорта кислорода, что особенно важно в тех случаях, когда организм испытывает гипоксические состояния (Леутин и др., 2004).

В спорте высших достижений организм спортсмена, с одной стороны, безусловно, должен эффективно справляться с периодически возникающей «гипоксией нагрузки» (Колчинская, 1993), с другой, чтобы добиться победы, должен проявлять максимальную быстроту реагирования. Можно предполагать, что такие специфические требования предрасполагают к отбору среди спортсменов лиц с определённым набором психофизиологических показателей в отношении латерального фенотипа. Была предпринята попытка выявления связи особенностей латерального фенотипа спортсменов высшей квалификации с быстротой их реагирования при специфических физических нагрузках.

Оценка их профиля была дополнена экспериментальными пробами по выявлению асимметрии критической частоты слияния мельканий (КЧСМ), критической частоты различения мельканий (КЧРМ), теппинг-тестом, времени простых двигательных реакций на латерализованные световые и звуковые раздражители, прямой и перекрестной, и реакцией выбора. Тестирование проводилось непосредственно в спортивных сооружениях до и после специфической физической нагрузки. Всего обследовано 254 спортсмена (123 юноши и 131 девушка): перворазрядники, кандидаты в мастера спорта, мастера спорта, мастера спорта международного класса и заслуженные мастера спорта. Среди них были призёры и участники Олимпийских игр по плаванию, художественной гимнастике и боксу, а также чемпионы Мира по плаванию и тяжелой атлетике. Студенты

Омского государственного университета (101 юноша и 85 девушек) составили контрольную группу.

Было выделено девять латеральных фенотипов с градуально нарастающей праволатеральностью сенсомоторных асимметрий: 1) абсолютно леволатеральный, ведущая левая рука, левый глаз и левое ухо – ЛЛЛ, 2) преимущественно леволатеральный с ведущим правым ухом – ЛЛП, 3) преимущественно леволатеральный с ведущим правым глазом – ЛПЛ, 4) леволатеральный в моторной сфере с правыми сенсорными асимметриями – ЛПП, 5) амбидекстральный с различными сочетаниями сенсорных асимметрий – А, 6) праволатеральный в моторной сфере с левосторонними сенсорными асимметриями – ПЛЛ, 7) преимущественно праволатеральный с ведущим левым глазом – ПЛП, 8) преимущественно праволатеральный с ведущим левым ухом – ППЛ, 9) абсолютно праволатеральный – ППП.

Юноши с абсолютно леволатеральным фенотипом среди спортсменов составили 6%, а среди студентов университета таковых не было обнаружено (Рис. 15.15А, Б).

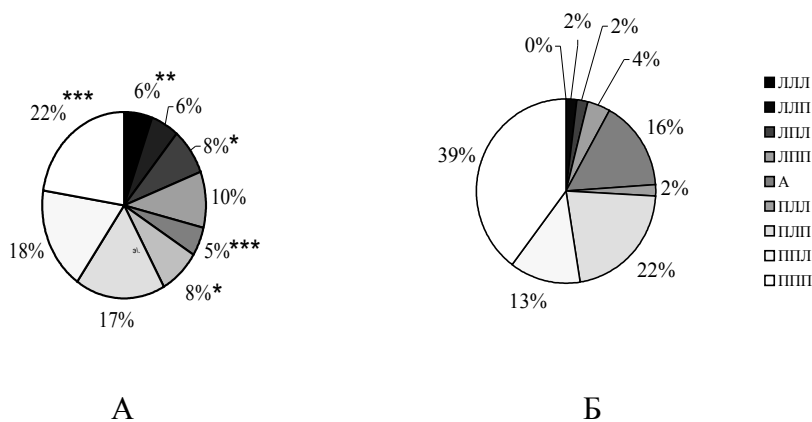


Рис. 15.15. Отличия в структуре распределения частоты встречаемости латеральных фенотипов юношей, не занимающихся спортом профессионально, от фенотипов высококвалифицированных спортсменов.

А – студенты ОмГУ, 101 человек (контроль), Б – высококвалифицированные спортсмены, 123 человека. Одна звездочка – $p < 0,05$, две звездочки – $p < 0,01$, три звездочки – $p < 0,001$ (отличие по секторам от контрольных данных).

Следует отметить высокую частоту встречаемости праворуких спортсменов с левыми сенсорными асимметриями. Юноши с абсолютно праволатеральным фенотипом, напротив, среди спортсменов встречались значительно реже, чем среди студентов университета. Отмечено также уменьшение доли амбидекстров в выборке спортсменов. Таким образом, среди спортсменов в целом чаще встречаются признаки синистральности.

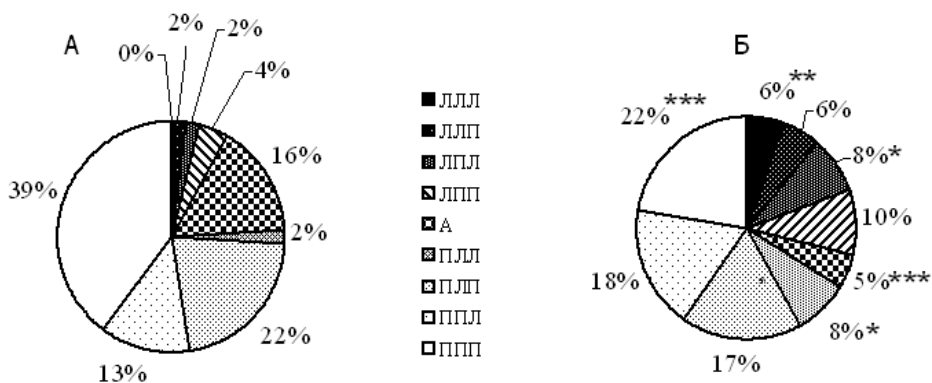


Рис. 15.16. Отличия в структуре распределения частоты встречаемости латеральных фенотипов девушек, не занимающихся спортом профессионально, от фенотипов высококвалифицированных спортсменок.

А – студенты ОмГУ, 85 человек (контроль), Б – высококвалифицированные спортсменки, 131 человек. Одна звездочка – $p < 0,05$, две звездочки – $p < 0,01$ (отличие по секторам от контрольных данных).

Девушки с абсолютно леволатеральным фенотипом отсутствовали как в группе спортсменок, так и в группе студенток университета (рис. 15.16). Так же как и у юношей, у профессиональных спортсменок по сравнению с девушками, не занимающимися спортом профессионально, чаще выявляются признаки синистральности.

Регистрация времени простых сенсомоторных реакций на зрительные и слуховые раздражители показала, что минимальное время реакции наблюдается в группе с латеральным фенотипом РЛЛР, то есть в группе праволатеральных юношей в моторной и слуховой сфере, но с ведущим левым глазом. Наибольшее время реакции выявлено в группе с фенотипом ЛЛЛЛ, то есть преимущественно леволатеральных с ведущим правым глазом.

У девушек выявлены наиболее быстрые сенсомоторные реакции в группе с праволатеральной моторной сферой и леволатеральными сенсор-

ными предпочтениями (ПЛЛ). Наибольшее время сенсомоторных реакций выявлено в группе амбидекстров.

Исследования перекрестной двигательной реакции на звук показало, что наименьшее время как до, так и после нагрузки отмечено в группе спортсменов-юношей ПЛП, праволатеральных с левым ведущим глазом. Эта группа превосходит по скорости реагирования правой рукой на звуковой сигнал, предъявляемый на левый сенсорный вход группы праворуких и леворуких спортсменов с парциальным сенсорным доминированием, а также лиц абсолютно праволатеральных (ППП). Спортсмены с фенотипом ПЛП после нагрузки выявляют большую скорость перекрестной реакции не только на звуковой, но и на световой сигнал. У высококвалифицированных с абсолютной праволатеральностью и праворуких спортсменов с ведущим левым глазом наблюдалась более высокая по сравнению с другими группами функциональная лабильность нервной системы по показателям КЧРМ и теппинг-теста.

Распределение частот встречаемости латеральных фенотипов девушек отличается от аналогичного распределения юношей. В выборке высококвалифицированных спортсменок отсутствовали девушки с абсолютно леволатеральным фенотипом. Исследование времени сенсомоторных простых и перекрестных реакций продемонстрировало преимущество праворуких девушек с левыми сенсорными асимметриями. Также в лучшую сторону отличается у них функциональная лабильность зрительной сенсорной системы и нервно-мышечного аппарата.

Сравнение латеральных фенотипов высококвалифицированных спортсменов с фенотипами сверстников, не занимающихся спортом профессионально, указывают на значительное накопление признаков синистральности как в моторной, так и в сенсорной сферах. Анализ прямых и перекрестных сенсомоторных реакций выявил, что праволатеральный фенотип с левым ведущим глазом у юношей и сочетание праворукости с левыми сенсорными асимметриями у девушек обеспечивает благоприятные предпосылки для формирования и реализации моторных программ в многоуровневой системе организации движений. Моторный ответ, контролируемый структурами левого полушария, оказывается наиболее быстрым, по-видимому, за счет тесной связи левой гемисферы с восходящей активирующей системой мозга (Леутин, Николаева, 2005). Такая связь наиболее выражена именно у правой (Каменская и др., 1978). Гендерные различия, выявленные нами, вероятно, обусловлены морфофункциональными особенностями асимметрии женского мозга (Вольф, 2000; Разумникова, 2004).

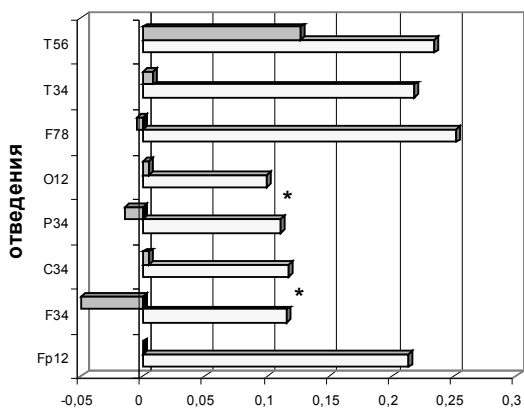
Уменьшение доли лиц с абсолютно праволатеральным фенотипом у спортсменов по сравнению со сверстниками, не занимающимися спортом, по-видимому, указывает на преимущество в адаптации к спортивной нагрузке у юношей с признаками синистральности. Инверсия полушарного доминирования, закономерно возникающая при незавершенной адаптации, обуславливает готовность организма к эффективному преодолению гипоксических состояний (Леутин и др., 2004). Увеличение левосторонних предпочтений, отмеченное нами у спортсменов, согласуется с данными о накоплении синистральных лиц в регионах, где высока вероятность возникновения гипоксических состояний, например, гипоксической гипоксии в горах или холодовой гипоксии на Севере (Аршавский, 1988; Тыналиева, 2005; Хаснулин, 1983).

С помощью компьютерного комплекса «Нейрон-Спектр» анализировалась частотно-пространственная организация биоэлектрической активности головного мозга у представителей спортивной элиты. Обследование проведено на 13 пловцах перед выступлением на чемпионате России и чемпионате Европы. Регистрация ЭЭГ (16 стандартных отведений монополярно, по системе «10-20») проводилась в состоянии покоя до тренировки и непосредственно после выполнения спортивной нагрузки. Анализировались частотные диапазоны: дельта- (0,5-4 Гц), тета- (4-8 Гц), альфа- (8-13 Гц), бета- низкочастотный (13-21 Гц), бета- высокой частоты (21-33 Гц). Продолжительность регистрации составляла 60 с, эпохи анализа – по 4 с, частота квантования – 256 Гц. Спектр мощности ЭЭГ вычислялся методом быстрого преобразования Фурье. Массивы полученных оценок абсолютной мощности процессов подвергались нормализации посредством преобразования $Y = \log X$, асимметрия мощности вычислялась как разность логарифмов абсолютной мощности правого и левого полушария.

Оценка рейтинга спортсменов проведена на основе выступления на чемпионатах России и Европы. Спортсмены, занявшие призовые места, были объединены в группу призеров (5 человек), остальные образовали группу участников (8 человек).

Значимые различия призеров и участников в асимметрии мощности бета₁-диапазона отмечены для средне-фронтальной и теменной области, где у призеров отмечается правосторонняя асимметрия до спортивной нагрузки. После нагрузки различия в асимметрии мощности бета₁-диапазона зарегистрированы в теменной области и в области центральной борозды, где выявлена правосторонняя асимметрия у призеров и левосторонняя асимметрия у участников соревнований ($p < 0,05$).

А



Б

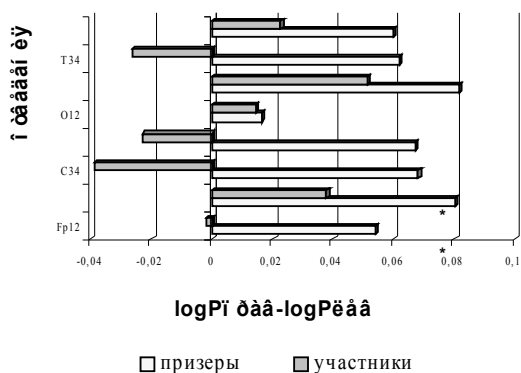
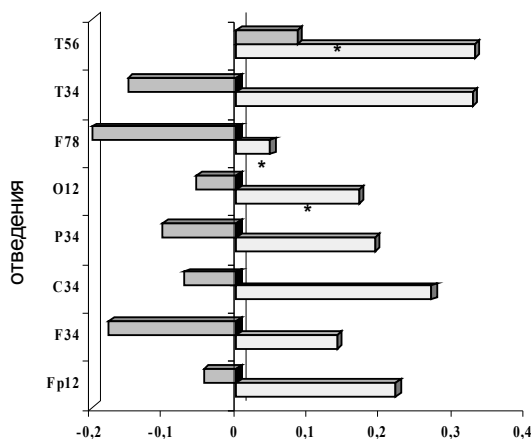


Рис. 15.17. Региональные значения асимметрии мощности β_1 -диапазона ($\log P_{\text{прав}} - \log P_{\text{лев}}$), до (А) и после (Б) спортивной нагрузки: различия призеров и участников соревнований * – $p < 0,05$.

Что же касается асимметрии мощности бета2-диапазона, то она выявляется в области центральной борозды, теменной и передневисочной области в правом полушарии у призеров, в то время как у участников прева-лировала левосторонняя асимметрия.

А



Б

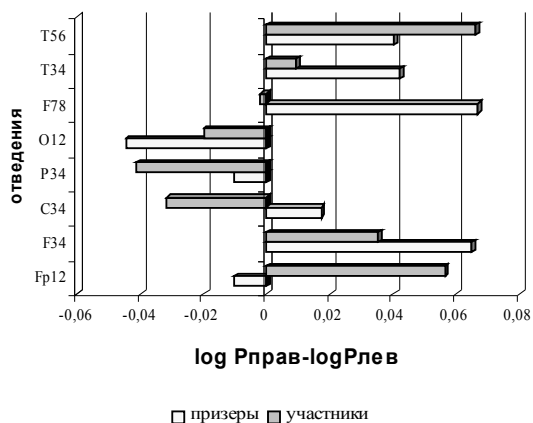


Рис. 15.18. Региональные значения асимметрии мощности β_2 -диапазона ($\log P_{\text{прав}} - \log P_{\text{лев}}$), до (А) и после (Б) спортивной нагрузки: различия между призерами и участниками соревнований, * – $p < 0,05$.

Анализ спектра мощности у призеров и участников соревнования до нагрузки выявил различия только в альфа-диапазоне: она выше у участников соревнований во всех областях, кроме передневисочной и фронтальной (лобной и латеральной) областей правого полушария. После нагрузки мощности альфа-диапазона у призеров соревнований ниже, чем у участников в центральной, теменной и височной областях левого полушария, а также в теменной и затылочной областях правого полушария. Призеры

соревнований отличаются более низким показателем мощности тета-диапазона по сравнению с участниками в теменной, затылочной и височной областях.

До спортивной нагрузки призеры соревнований по сравнению с участниками отличались более низкими значениями доминирующей частоты дельта-диапазона в лобно-полюсном, центральном, окципитальном и латерально-фронтальном отведениях левого полушария, а также в среднем и латерально-фронтальных отведениях правого полушария. После нагрузки различий доминирующей частоты в дельта-диапазоне у призеров и участников соревнований не зарегистрировано. В тета-диапазоне призеры также отличались более низкими показателями доминирующей частоты по сравнению с участниками соревнований. До нагрузки различия зарегистрированы для средне-фронтального и окципитального отведения левого полушария, а также для латерально-фронтального отведения правого полушария. После нагрузки различий в доминирующей частоте не выявлено.

Призеры отличаются более высокой частотой бета1-диапазона в лобно-полюсном, центральном, париетальном и височном отведениях правого полушария по сравнению с участниками соревнований до нагрузки. После нагрузки в бета1-диапазоне различия по доминирующей частоте между призерами и участниками сохраняются только для правого полушария в центральном и передне-височном отведениях. В бета2-диапазоне призеры также отличаются более высокими показателями доминирующей частоты по сравнению с участниками, но значимые различия зарегистрированы только до нагрузки в центральном и окципитальном отведениях правого полушария.

Наиболее успешные в соревновательной деятельности спортсмены отличаются от менее успешных мозаичной правосторонней асимметрией мощности β_1 и β_2 -диапазонов. Необходимо обратить внимание, что различия в асимметрии характерны для областей активно вовлеченных в реализацию моторных программ: так, правая теменная область вовлечена в процессы пространственного гнозиса, постцентральный отдел коры активно задействован в протекание произвольных движений, зависящих от исходных кинестетических афферентаций (Лурия, 2004). Зоны теменной коры, являющиеся, как известно, зоной общей чувствительности, и отвечающие за комплекс кожных и кинестетических ощущений, играют ведущую роль в обеспечении успешности спортивной деятельности. Отметим, что по мере профессионального совершенствования у пловцов формируется особый комплекс кинестетических ощущений, сопутствующих спор-

тивному мастерству, это так называемое «чувство воды», характерное для спортивной элиты.

Известно, что постцентральные зоны мозговой коры оказывают настраивающее, модулирующее влияние на зоны коры, являющиеся началом двигательного пирамидного пути, в то время как премоторные отделы коры являются аппаратом, приспособленным для интеграции эфферентных двигательных импульсов (Бернштейн, 1966). Роль премоторных отделов коры, обеспечивающих формирование двигательного навыка, в процессе спортивного совершенствования трудно переоценить. Таким образом, призеры отличались от участников соревнований латерализацией более высокой активности областей, ответственных за реализацию моторных программ, у призеров это были области правого полушария, а у участников соревнований – левого.

Снижение амплитуды альфа-диапазона рассматривается обычно как показатель усиления таламокортикальных связей (Petsih, 1998). Увеличение уровня активации коры сопровождается уплощением кривой ЭЭГ, то есть снижением ее амплитуды, а развитие тормозных состояний сопровождается высокоамплитудной активностью. Исходя из этого, можно говорить о более высоком уровне активации, характерном для призеров соревнований.

Индивидуальные особенности δ -, θ -, α - ритма ЭЭГ отражают не столько функционирование отдельных структур мозга, сколько характер регуляторных процессов, обеспечивающих координацию корково-подкорковых взаимодействий. Выявленные в нашем исследовании различия спектральных характеристик ЭЭГ спортсменов с различной успешностью спортивной деятельности можно объяснить различной степенью выраженности восходящих влияний на кору со стороны лимбико-ретикулярных структур. Влияния такого рода выражаются в более низкой мощности θ - и α - диапазонов после воздействия спортивной нагрузки.

Согласно современным электрофизиологическим исследованиям мощность медленноволновых диапазонов отрицательно связана с показателем шкалы ценности цели в мотивации достижения, другими словами, чем ниже мощность медленноволновых диапазонов, тем выше цель ставит индивид, и наоборот лица с высокой мощностью медленноволновых диапазонов стремятся к достижению легко доступной цели (Русалов и др., 2002). Выявленные различия биоэлектрической активности коры головного мозга призеров соревнований по сравнению с участниками отражают особенности мотивации спортсменов, достигающих высоких спортивных результатов.

Использование индивидуально-типологической классификации с выделением девяти латеральных фенотипов с учётом мануального доминирования и ведущих глаза и уха позволяет прогнозировать успешность профессиональной деятельности, сопряженной с интенсивными физическими нагрузками, нервно-эмоциональным напряжением и необходимостью быстроты реагирования.

Современный спорт высоких достижений предъявляет организму спортсменов чрезвычайные требования. Победить может лишь тот, кто обладает высокими скоростными качествами, которые следует проявлять зачастую на фоне выраженной «гипоксии нагрузки». Оптимальное функционирование полушарий мозга по правилу максимума возможно лишь при максимальной вовлеченности в специфическую деятельность каждого полушария. Мозаичная активация полушарий головного мозга состоит в том, что правое полушарие обеспечивает адекватные потребностям спортивной нагрузки гомеостатические перестройки, благодаря тесной связи с диэнцефальными структурами мозга, а левое – играет ведущую роль в реализации моторных программ. При этом интеграция поведенческих реакций достигается за счет высокой скорости межполушарного взаимодействия. Это обеспечивает максимальную мобилизацию резервов организма. Выявление особенностей функциональной асимметрии мозга наиболее успешных в соревновательной деятельности спортсменов актуально для разработки новых высоких технологий в спорте.