

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ—

УНИКАЛЬНАЯ ОСОБЕННОСТЬ МОЗГА ЧЕЛОВЕКА

40 лет назад крупнейший физиолог нашего века И. П. Павлов пришел к выводу, что в принципе всех людей можно разделить на два типа — художников и мыслителей. Нейрофизиология наших дней находит этому анатомическое обоснование.

Одна из особенностей мозга человека — так называемая функциональная специализация полушарий мозга. Буквально в последние годы стало известно, что левое полушарие — база логического абстрактного мышления, правое — база конкретного образного. И от того, какое из полушарий наиболее развито у человека (в силу ли врожденных свойств, в силу ли воспитания), зависит его индивидуальность, особенно — его восприятия.

Кандидат медицинских наук В. ДЕГЛИН (Институт эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова АН СССР. Ленинград).

В классификации живых существ человеку присвоено почетное наименование — *homo sapiens* (человек разумный). Естественно предположить, что наш разум обусловлен особым устройством головного мозга. В чем оно заключается? Мозг человека имеет большие размеры и большой вес. Но есть животные, у которых мозг больше и тяжелее. У человека велик относительный вес мозга, то есть доля веса мозга на килограмм общего веса тела. Но и в этом отношении мы уступаем животным, — по относительному весу мозга лидируют китообразные. Очень долго ученые полагали, что у человека самая большая поверхность коры мозга, что в ней больше извилин, что она содержит больше нервных клеток, что нервные клетки плотнее в ней расположены. Но выяснилось, что животные с легендарной репутацией — дельфины — обогнали нас и по этим показателям.

Если не размеры и вес мозга, то что же является отличительной особенностью мозга «человека разумного»? Сегодня можно указать лишь на одну уникальную особенность нашего головного мозга — функциональную асимметрию.

Мозг всех животных и мозг человека симметричен — его правая и левая половины построены однотипно как по составу и количеству отдельных элементов, так и по общей архитектуре. У животных правая и левая половины мозга выполняют и одинаковую работу. У человека же правое и левое полушария мозга имеют разные функ-

ции, они управляют разными видами деятельности. С незапамятных времен было известно, что при очаговых поражениях коры (вследствие кровоизлияний, травм, опухолей и т. п.) может возникать полная или частичная потеря речи — афазия. Однако лишь немногим более ста лет назад было доказано, что афазия развивается только при поражении левого полушария.

На протяжении второй половины XIX и начала XX века в неврологических клиниках велось интенсивное изучение тех дефектов сложной деятельности мозга, которые возникают при очаговых поражениях одного из его полушарий. При этом, как это нередко бывает, к массе достоверных фактов примешивались и данные, подобранные в угоду предвзятым взглядам и теориям. В результате с деятельностью левого полушария неврологи связали не только речь, но и все высшие функции нервной системы — интеллект, сложные формы восприятия и деятельности. В результате левое полушарие получило название «большого», или «доминантного». Правое же полушарие считалось второстепенным, подчиненным левому, обслуживающим его. Оно получило название «малого», или «субдоминантного», полушария. В учебниках невропатологии это полушарие называли «немым», ибо неизвестно было, по каким симптомам диагностировать его поражение.

До середины нашего века функциональной асимметрией мозга интересовались преимущественно врачи-невропатологи,

искавшие опорные признаки для точного распознавания очаговых заболеваний мозга. Наряду с углубленным изучением поражений левого полушария настойчиво велись поиски симптомов поражения и «немого» правого полушария. И, наконец, к началу пятидесятых годов эти поиски увенчались успехом — были найдены функции, свойственные только правому полушарию. Стало ясно, что правое полушарие нельзя рассматривать как простой придаток левого, что оно вносит свой и существенный вклад в нервную деятельность.

Произошла ломка традиционной концепции — представление о доминировании одного полушария сменилось представлением о функциональной специализации каждого из них. С этого момента проблема асимметрии вышла из исключительной компетенции невропатологов и привлекла внимание физиологов, психологов, специалистов по возрастной физиологии и даже представителей социальных дисциплин. Сегодня функциональная асимметрия становится едва ли не первостепенной проблемой науки о мозге человека.

ПУТИ НАБЛЮДЕНИЙ И ИЗУЧЕНИЯ

Наиболее ранним источником сведений о специализации полушарий были наблюдения над больными с очагами разрушений в правом или левом полушарии во время их лечения. Этот классический клинический путь исследований и сегодня остается источником новых фактов, хотя здесь и есть свои трудности.

Новые пути и приемы изучения функциональной специализации полушарий открыло развитие нейрохирургии. Чтобы установить границы пораженного участка мозга, хирургам приходится во время операции раздражать мозг слабым электрическим током. Поскольку многие мозговые операции производятся под местным наркозом, врач, разговаривая с больным (врачу необходимо знать, в каком состоянии находится пациент в тот или иной момент операции), узнает, какие ощущения он испытывает во время раздражения разных отделов оперируемого полушария.

Когда больных готовят к мозговой операции, в ряде случаев необходимо провести специальную пробу: в сонную артерию, снабжающую кровью одно из полушарий, вводят снотворное средство. Временно «усыпленное» полушарие перестает функционировать, и тогда все сложные виды нервной деятельности осуществляются только вторым полушарием. Хотя «сон» одного полушария длится около минуты, но и эта минута открыла новые сведения о функциях правого и левого полушарий.

И тем не менее и операция, и электрическое раздражение, и проба со снотворным охватывают, как правило, одно полушарие. Поэтому никак не удастся сравнить функции правого и левого полушарий у одного и того же человека. Однако совсем

недавно была разработана методика новой операции, при которой перерезаются все нервные пути, связывающие оба полушария. Такая операция, получившая название «расщепление» мозга, производится, когда необходимо предотвратить распространение патологического возбуждения из одного полушария в другое. После «расщепления» полушария начинают функционировать независимо друг от друга. Люди с «расщепленным мозгом» мало чем отличаются от здоровых людей, тем не менее в процессе лечения таких больных удается проследить, к чему способно каждое полушарие в отдельности. Но поскольку операция эта очень редкая, «расщепленный мозг» остается малодоступным объектом наблюдения.

В настоящее время созданы экспериментальные приемы, так называемые дихотические тесты, которые позволяют изучать функциональную специализацию полушарий и у здоровых людей. Эти тесты базируются на учете особенностей строения мозга. Известно, что правое ухо и правое поле зрения связаны более мощными путями с левым полушарием, а левое ухо и левое поле зрения — с правым полушарием. Если одновременно предъявлять разный материал правым и левым органам чувств, то полушария вступают в конкурентные отношения, и по особенностям восприятия удается судить о полушарной специализации. Вот конкретный пример. С помощью специальной аппаратуры можно одновременно в правом и левом полях зрения на мгновение показывать разные буквы. Оказывается, что узнаются буквы, показанные только в правом поле зрения. Если таким же образом показать геометрические фигуры, то они будут узнаны только в левом поле зрения.

Как видим, ученые располагают сегодня довольно внушительным комплексом приемов и путей для изучения функциональной асимметрии. Одни из них испытаны временем, другие только недавно о себе заявили. Все эти приемы и пути не исключают, а дополняют друг друга. Как правило, факты, полученные разными путями и на разных объектах, совпадают. Но бывает, что сведения, добытые разными способами, противоречат друг другу и отрицают друг друга. Очевидно, подтверждение уже добытых и проверка сомнительных фактов, разрешение противоречивых точек зрения требуют новых исследований, требуют поисков новых путей изучения функциональной асимметрии мозга человека. Об одном из таких путей и пойдет дальше речь.

Этот метод связан с одним из лечебных приемов — электрошоковой терапией. Шоковый метод лечения психозов пришел в психиатрическую практику около 40 лет назад, когда лечебные возможности психиатров были весьма ограниченными. Врачи, выступавшие до того в роли беспомощных наблюдателей тяжелых нервных расстройств, обрели мощное средство воздействия на болезнь. Психозы, считавшиеся безнадежными, неуклонно ведущими боль-

ных к хроническому безумию, оказались излечимыми. Сегодня психиатрия имеет в своем распоряжении много высокоэффективных лекарственных препаратов. Но для некоторых психических заболеваний электрошока и сейчас остается единственным способом лечения.

Что же представляет собой это лечение? На голову больного накладываются электроды, и производится точно дозированное электрическое воздействие. Оно вызывает шоковое состояние, которое длится минуту. Некоторое время после шока больные находятся в бессознательном состоянии — их мозговая деятельность угнетена. Но в течение 1—2 часов угнетение проходит и сознание полностью возвращается. Курс лечения состоит из 8—12 шоков. Лечебный эффект обычно появляется после 3—5 шоков и постепенно нарастает.

Чтобы вызвать электрошок, электроды обычно накладываются с двух сторон головы. Но вот несколько лет назад английский психиатр С. Канникотт предложил накладывать электроды только на одну сторону головы — правую (позже шоки начали вызывать, накладывая электроды и на левую половину). Такие шоки получили название односторонних. Они, как и традиционные двусторонние, обладают высоким лечебным действием, но протекают мягче и переносятся больными легче.

Коллективом психиатрической клиники Института эволюционной физиологии и биохимии имени И. М. Сеченова АН СССР с 1967 года проводится изучение односто-

ронных электрошоков. В этой работе участвуют профессор Н. Н. Трауготт, доктор медицинских наук Л. Я. Балонев, младший научный сотрудник Н. Н. Николаенко и автор данной статьи. Ряд исследований проводится с участием старшего научного сотрудника Института физиологии имени И. П. Павлова АН СССР А. В. Бару. За 7 лет в нашей клинике шоковое лечение прошло большое количество больных, и мы убедились в высокой его эффективности.

Наши наблюдения показали, что односторонний электрошок угнетает не весь мозг, а только то полушарие, над которым располагались электроды. Второе полушарие остается активным. Несколько схематизируя, можно сказать, что после одностороннего шока человек чувствует, действует и мыслит только одним активным полушарием. Электроэнцефалограммы, записанные после шоков, показывают поразительную картину — одно полушарие «спит», а другое активно, оно «бодрствует».

Поскольку больному в разных сеансах лечения электроды накладываются то с правой, то с левой стороны головы, выявляются эффекты выключения правого и левого полушарий у одного и того же человека. Можно сравнивать обычное поведение человека с его поведением в «однополошарном» состоянии, можно наблюдать, как изменяется поведение после выключения полушария.

Таким образом, односторонний электрошок, выполняя свою прямую лечебную



Электроэнцефалограмма больной, записанная через 10 минут после «правостороннего» шока (верхний рис.). В правом полушарии регистрируются медленные высокоамплитудные так называемые дельта-волны, характерные для неактивного состояния нервной ткани (сна, наркоза и т. п.). В левом полушарии сохраняется нормальный альфа-ритм.

Электроэнцефалограмма этой же больной, записанная через 15 минут после «левостороннего» шока (рис. внизу). Теперь дельта-волны, свидетельствующие о подавленном состоянии нервной ткани, регистрируются главным образом в левом полушарии. В правом полушарии сохраняется близкий к нормальному альфа-ритм.



функцию, попутно раскрывает перед учеными глубины функциональной специализации полушарий.

Суммируя полученные факты, дадим обобщенную характеристику человека, у которого функционирует одно полушарие — левое или правое. Но будем помнить, что наш «однополошарный» человек искусственный. Он собран, синтезирован из наблюдений и исследований многих людей, прошедших шокное лечение. И еще одна оговорка — все, о чем будет рассказано, относится к «правшам», у «левшей» дело обстоит иначе.

«ЛЕВОПОЛУШАРНЫЙ» ЧЕЛОВЕК

Так условно называется человек, у которого выключено правое полушарие и психическая деятельность осуществляется только левым.

Первая и главная особенность «левополушарного» человека — у него сохранена речь. Этого следовало ожидать, ведь левое полушарие — речевое. Неожиданно другое: он охотнее и легче вступает в беседу, захватывает инициативу в разговоре, его словарь становится богаче и разнообразнее, ответы более развернутыми и детализированными. Он излишне многословен, даже болтлив. Наряду с этим у него улучшается и восприятие чужой речи.

Для изучения восприятия речи проводят речевую аудиометрию. Специально подобранные группы слов, записанные на магнитную ленту, подаются через наушники отдельно на каждое ухо. Сначала измеряют порог обнаружения звуков речи — минимальную интенсивность речевого сигнала, при которой человек уже слышит речь, но еще не может разобрать слов. Затем громкость постепенно увеличивают, и человек должен повторять слова, которые он слышит. Измеряется разборчивость речи — количество правильно повторенных слов в % ко всем услышанным.

У «левополушарного» человека снижается порог обнаружения звуков речи — он улавливает более тихую речь, чем мог это сделать в обычном «двуполошарном» состоянии. Он быстрее и гораздо точнее повторяет слышимые слова. В целом у «левополушарного» человека речевая активность повышена, а речевой слух облегчен.

Достаточно ли этих фактов, чтобы утверждать, что речевая деятельность в отсутствие правого полушария улучшается? Прислушаемся внимательно к «левополушарному» человеку. Хотя он стал разговорчивее, его речь теряет интонационную выразительность — она монотонна, бесцветна, тускла. Мало того, не только утеряна выразительность, придаваемая речи голосом, сам голос изменяется: он приобретает носовый, несколько гнусавый оттенок либо становится неестественным, как бы лающим. Такой дефект речи называ-

ется диспросодией, поскольку интонационно-голосовые компоненты речи называются просодическими («просодия» — «мелодия»).

Наряду с диспросодией у «левополушарного» человека нарушается восприятие просодических компонентов речи собеседника.

Проводились две серии экспериментов. В первой человеку предлагали прослушивать через наушники короткие фразы, составленные из бессмысленных слогов, но произнесенные с утрированной интонацией — вопросительной, гневной, жалобной, восторженной и т. п. Нужно было определить значение интонации, сказать, с каким выражением произнесена фраза. Во второй серии экспериментов предлагали прослушивать через наушники гласные звуки, произнесенные мужчиной и женщиной. Нужно было повторить звук и сказать, каким голосом он произнесен.

Выяснилось, что «левополушарный» человек теряет способность понимать значение речевых интонаций. Он внимательно вслушивается, пытается расшифровать бессмысленные слоги, очень точно их повторяет, но сказать, с каким выражением (вопросительным, гневным и т. п.) они произнесены, не может. Не может он и отличить мужской голос от женского.

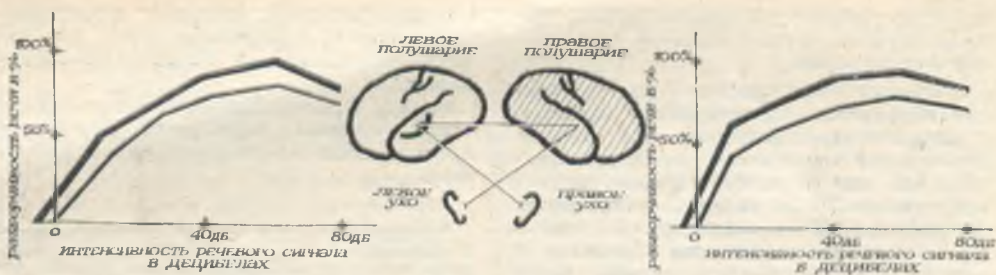
Каждый знает, что одни и те же слова, сказанные с разной интонацией, означают далеко не одно и то же. Равным образом одни и те же слова, произнесенные разными людьми (то есть разными голосами), могут иметь совершенно различный смысл. Нередко как сказано значит больше, чем что сказано. Просодические компоненты придают речи конкретность, образность, чувственную окраску. Речевое ощущение, лишенное этих компонентов, звучит неопределенно, формально, зачастую непонятно.

Таким образом, наряду с сохранностью формального богатства речи, словарного и грамматического, наряду с увеличением речевой активности, наряду с обострением слухового слуха «левополушарный» человек потерял ту образность и конкретность речи, которую ей придает интонационно-голосовая выразительность.

Итак, мы сталкиваемся с парадоксальной ситуацией: одни стороны, одни характеристики речевого слуха улучшаются, другие ухудшаются. Что же произошло со слухом? Изменилось только восприятие звуков речи или слуховая функция в целом? Посмотрим, как воспринимает «левополушарный» человек неречевые звуки, звуковые образы.

На магнитную пленку были записаны нашель, смех, хрюканье, голоса животных — лай, ржание, хрюканье, — звуки, встречающиеся в природе, — шум грозы, рокот прибоя, — производственные и транспортные шумы.

У «левополушарного» человека опознавание таких звуковых образов резко ухудшается — многие хорошо знакомые звуки теперь вызывают лишь недоумение. В тех



Речевая аудиометрия у «левополушарного» человека (усредненные результаты исследования 10 человек с выключенным правым полушарием). В центре на схеме очерчена область (в левой височной доле), осуществляющая восприятие и анализ слышимых слов. Показан (стрелками) ход главных нервных путей от воспринимающих клеток правого и левого уха к этой области. Видно, что независимо от того, каким ухом слышит человек слова, информация должна поступить в левую височную долю — с правого уха непосредственно, а с левого уха сначала в слуховую область правого полушария и затем по межполушарным связям в левое полушарие. Выключение правого полушария (на схеме оно затемнено) не прерывает передачи звуковой словесной информации в левую височную

долю как из правого, так и из левого уха.

На графиках (слева и справа от схемы) кривые разборчивости слов. Тонкие линии — кривые разборчивости в обычном «двуполушарном» состоянии, жирные линии — кривые разборчивости в «левополушарном» состоянии (когда подавлена деятельность правого полушария). Точка пересечения кривой разборчивости с осью абсцисс — порог обнаружения звуков речи. Видно, что у «левополушарного» человека при измерениях и на левом (кривые слева) и на правом ухе (кривые справа) восприятие слов улучшается (жирная линия проходит выше тонкой), а чувствительность к звукам речи повышается (порог обнаружения звуков речи смещен в область более низкой интенсивности речевого сигнала).

же случаях, когда он все же узнает их, это распознавание требует от него намного больше времени. По существу, у «левополушарного» человека развивается слуховая агнозия — нарушение восприятия сложных звуков. Аналогичное расстройство можно выявить и в отношении музыкальных образов.

«Левополушарный» человек не только перестает узнавать знакомые мелодии, но и не может их напеть, даже если слышит музыку: он начинает фальшивить и в конце концов предпочитает отсчитывать ритм без мелодии.

Не справляясь с опознанием звуковых образов, «левополушарный» человек попытается весьма своеобразно обойти возникшие затруднения: он начинает их классифицировать. Вместо того, чтобы сказать: «это лай», «это смех» и т. д., он говорит: «это зверь», «это человек», «это народная песня», «это романс». Как правило, он ошибается, но симптоматично само стремление классифицировать, уложить все в схему. Дальше мы увидим, что такое стремление отнюдь не случайно.

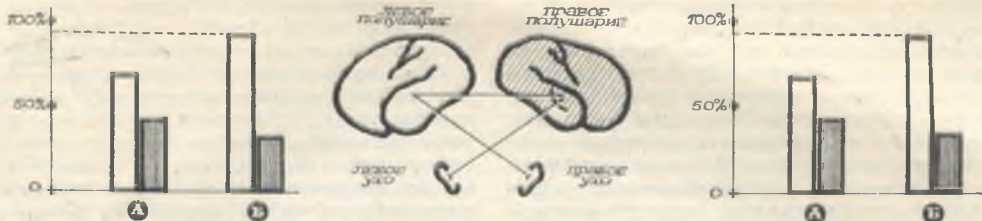
Как трактовать результаты исследования восприятия звуковых образов? Может быть, «левополушарный» человек просто забывает знакомые звуки, а само восприятие не нарушено? Такое предположение можно проверить.

На магнитную пленку записаны пары коротких музыкальных фраз. Каждая фраза состоит из четырех нот. В одних парах фразы одинаковые, в других несколько отличаются друг от друга. Нужно определить, одинаковы фразы в паре или они разные. В этом задании изучается способность различать близкие музыкальные образы. Вспоминать то, что человек знал в прошлом, не требуется. И с этим заданием «левополушарный» человек справляется хуже, чем «двуполушарный».

Он практически не может заметить различий, для него все звучит одинаково. Таким образом, дело не в нарушении памяти, а в своеобразии слухового восприятия.

С чем связано это своеобразие? Не изменилась ли вообще слуховая чувствительность? Нет, острота слуха, какой была в «двуполушарном» состоянии, такой и осталась. Но вспомним все слуховые нарушения у «левополушарного» человека — трудности в опознании музыкальных и иных звуковых образов, затруднения в распознавании мужских и женских голосов, полное непонимание интонаций. Иначе говоря, у него нарушены все виды образного слухового восприятия. Несомненно, мы сталкиваемся здесь с особым состоянием, с избирательным, специальным нарушением образного восприятия (как уже говорилось, восприятие слов даже улучшилось).

Неполноценность образного восприятия можно подметить и в зрительной сфере. Если «левополушарному» человеку предложить подбирать пары одинаковых фигур — треугольников и квадратов, разбитых на окрашенные или заштрихованные секторы, он не справится с заданием, он не может разом охватить расположение секторов, их окраску и штриховку. Он будет бесконечно тасовать фигуры, многократно сверять их друг с другом, но подобрать пары правильно ему не удастся. Он не сможет также заметить в незаконченных рисунках недостающую деталь — отсутствие хвостика у свиньи, дужки у очков и т. п. Таким образом, «левополушарный» человек оказывается беспомощным при выполнении заданий, требующих ориентировки в наглядной, образной ситуации, требующих учета конкретных признаков объектов.



Восприятие интонационно-голосовых компонентов речи у «левополушарного» человека (усредненные результаты исследования 8 человек с выключенным правым полушарием). В центре рисунка на схеме очерчена область (в правой височной доле), осуществляющая восприятие и анализ интонационно-голосовых характеристик речи. Показан стрелками ход основных нервных путей от воспринимающих клеток правого и левого уха к этой области. Здесь, независимо от того, каким ухом слышит человек речь, информация об интонациях и голосе говорящего должна поступить в правую височную долю. Выключение правого полушария нарушает восприятие этих компонентов речи.

Слева и справа от схемы: пара столбиков А — результаты исследования опознания интонаций, пара столбиков В — результаты исследования различия мужских и женских голосов. Белый столбик в каждой паре — измерения, проведенные в обычном «двуполушарном» состоянии, черный столбик — измерения в «левополушарном» состоянии (когда подавлена деятельность правого полушария). Видно, что у «левополушарного» человека при измерениях и на левом (столбик слева) и на правом ухе (столбик справа) восприятие интонационно-голосовых компонентов речи чрезвычайно ухудшается (черные столбики намного ниже белых).

Особый интерес представляет поведение «левополушарного» человека в ситуации, где ему предоставлена свобода выбора, возможность по своему усмотрению оперировать наглядными или абстрактными признаками.

Перед человеком кладут 4 карточки: на одной написана арабская цифра «5», на другой та же цифра в римском начертании (V), на третьей арабское число «10», на четвертой то же число в римском начертании (X) — и просят разделить эти карточки на две группы, положив «одинаковые» вместе. Очевидно, при разделении можно руководствоваться абстрактным признаком числа (и тогда в одну группу попадут пятёрки, а в другую — десятки), либо наглядным образным признаком — начертанием цифр (и тогда в одну группу попадут арабские цифры, а в другую — римские).

В обычном состоянии человек, как правило, испытывает сомнения и указывает на два равновероятных способа классификации. «Левополушарный» человек колебаний не испытывает, он неизменно выбирает абстрактный символический признак — в одну группу всегда кладет пятёрки, в другую — десятки, независимо от начертания цифр.

Из сказанного ясно, что у «левополушарного» человека наблюдается расслоение психической деятельности — образное восприятие дефектно, а восприятие слов облегчено; оперирование наглядными конкретными признаками объектов дефектно, а оперирование понятиями облегчено.

С таким же расслоением мы встречаемся и при изучении памяти. У «левополушарного» человека сохранен запас школьных теоретических сведений, то есть не пострадали знания, приобретенные посредством слов. Сохранена также возможность запоминания нового словесного материала — он может сразу, вслед за тем, как

услышал, повторить ряд слов. И он запоминает их надолго и через 2—3 часа, уже в обычном состоянии, может найти среди многих слов те, которые ему давали для запоминания. Однако если ему предложить запомнить не слова, а фигуры неправильной формы, которые невозможно назвать словом, то в памяти «левополушарного» человека образы этих фигур не удержатся.

Есть еще одна важная характеристика поведения и психики такого человека — понимание, или, как говорят нейрофизиологи, осмысление окружающего, ориентировка в месте и времени. «Левополушарный» человек, если полагаться только на его ответы, кажется хорошо ориентированным. Он правильно называет больницу, в которой находится, номер отделения, дату, день недели. Но стоит расспросить его подробнее, и тогда выясняется, что, правильно на словах определяя свое местонахождение, зная, что он в больнице, «левополушарный» человек не узнает помещение. Он недоуменно разглядывает кабинет, где много раз бывал, и уверяет, что попал сюда впервые. Или же, правильно называя дату, он не может подкрепить свой ответ конкретными наблюдениями.

Иногда даже, глядя на голые деревья и сугробы снега за окном, «левополушарный» человек не может сразу сказать, зима на дворе или лето. Правда, если добиваться ответа, то он сообщает, что «январь — зимний месяц», но это только формальное умозаключение, а не результат непосредственных впечатлений. Таким образом, у «левополушарного» человека при сохранной словесной ориентировке наглядная ориентировка в месте и времени грубо нарушена.

Одним из самых поразительных изменений психического состояния «левополу-

шарного» человека оказался сдвиг в эмоциональной сфере. Настроение такого человека улучшается, он становится мягче, приветливее, веселее. Особенно разительен этот сдвиг у больных с депрессией, то есть с патологически сниженным настроением. В «левополушарном» состоянии исчезает свойственная этим больным мрачность и подавленность; сосредоточенность на болезненных переживаниях сменяется интересом к темам, не связанным с болезнью; появляется оптимистическая оценка собственной ситуации, вера в выздоровление, будущее рисуется обнадеживающим, на лице начинает играть улыбка, появляется склонность к шуткам.

Подведем итог тому, что мы узнали о «левополушарном» человеке, иначе говоря, суммируем факты, характеризующие психику человека с выключенным правым полушарием, когда деятельно только левое полушарие.

Что дефектно, что пострадало? А что сохранилось или усилилось? Пострадали те виды психической деятельности, которые лежат в основе образного мышления. Сохранились или даже усилились те виды психической деятельности, которые лежат в основе абстрактного теоретического мышления. Такое расщепление психики сопровождается положительным эмоциональным тонусом.

«ПРАВОПОЛУШАРНЫЙ» ЧЕЛОВЕК

Посмотрим теперь, что представляет собой антипод «левополушарного» человека — человек «правополушарный». Это тот же самый человек, но теперь у него выключено левое полушарие и работает только правое.

В отличие от «левополушарного» у «правополушарного» человека речевые возможности резко ограничены — словарь беден, из него выпали слова, обозначающие

отвлеченные понятия, с трудом вспоминаются названия предметов, особенно редко употребляемых, хотя «правополушарный» человек и может объяснить назначение любого предмета и показать, как им пользоваться. Это говорит о том, что он узнает предметы. Речь он понимает плохо, с ним надо говорить очень короткими, просто построенными фразами. Его собственная речь также состоит из простых фраз, нередко из отдельных слов. Речевая активность «правополушарного» человека резко снижена — он немногословен, охотнее отвечает мимикой и жестами, чем словом. Беседовать с ним трудно, кратко ответить на один-два вопроса, он умолкает. Снижено и речевое внимание, когда к нему обращаются, он этого не замечает, приходится специально привлекать его внимание. Порог обнаружения звуков речи у «правополушарного» человека повышен — он замечает только громко звучащие слова. Но даже достаточно громко произнесенные слова он далеко не всегда может правильно воспринять и повторить, хотя такое падение чувствительности к звукам речи вовсе не связано с каким-либо нарушением слуха.

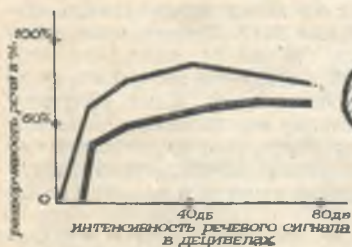
В то же время голос «правополушарного» человека остается таким же, каким он был: несмотря на скупость речи, сохраняется ее интонационный рисунок. Не пострадал и слух на просодические компоненты речи: «правополушарный» человек даже лучше, чем обычно, различает мужские и женские голоса, тоньше и правильнее оценивает интонации собеседника.

Если внимание к словам у «правополушарного» человека снижено, то при прослушивании разнообразных несловесных звуков он и внимателен и активен. Он узнает эти звуки даже легче и быстрее, чем в обычном «двуполушарном» состоянии, хотя, например, такой звук, как рокот морского прибора, в обычном состоянии узнавался людьми редко и с большим

Речевая аудиометрия у «правополушарного» человека (усредненные результаты исследования тех же 10 человек, но уже с выключенным левым полушарием). В центре рисунка на схеме показано, что область, осуществляющая восприятие и анализ слов, находится в выключенном полушарии. Независимо от того, каким ухом слышит человек слова, то есть какими путями приходит словесная информация в эту область — прямыми или окольными, — восприятие слов нарушено.

На графиках — кривые разборчивости слов. Тонкие линии — кривые разборчивости в

обычном «двуполушарном» состоянии, жирные линии — кривые разборчивости в «правополушарном» состоянии. Точка пересечения кривой разборчивости с осью абсцисс — порог обнаружения звуков речи. Видно, что у «правополушарного» человека при измерении и на левом (кривые слева) и на правом ухе (кривые справа) восприятие слов ухудшается (жирная линия проходит ниже тонкой), и чувствительность к звукам речи снижается (порог обнаружения звуков речи смещен в область более высокой интенсивности речевого сигнала).



трудом. Прослушивая мелодии песен, «правополушарный» человек гораздо быстрее, чем обычно, их узнает. Мало этого, у него возникает потребность их напевать, его не надо даже просить об этом. В отличие от самого себя в «левополушарном» состоянии теперь он воспроизводит мелодии очень точно. Однако если попросить его классифицировать звуковые образы, он откажется, эта задача ему непосильна.

Как видим, и у «правополушарного» человека произошла перестройка восприятия. Но она противоположна той, что наблюдалась у «левополушарного»: у «правополушарного» человека мы сталкиваемся с особым состоянием — ухудшением словесного восприятия и избирательным улучшением всех видов образного восприятия.

Это подтверждают и другие исследования. «Правополушарный» человек легко подбирает пары треугольников и квадратов, разбитых на заштрихованные или окрашенные секторы, причем делает это быстрее, чем в обычном состоянии. Он не испытывает затруднений в оценке незаконченных рисунков и быстро подмечает дефект изображения. Особенно эффектно проступает преобладание образного восприятия в ситуации, где «правополушарному» человеку предоставлена свобода выбора признака. Классифицируя четыре карточки с арабскими и римскими цифрами, он выбирает признак наглядный шрифтовой, а не абстрактный числовой — объединяет в одну группу римские цифры, в другую — арабские. Он узнает все цифры, но ориентируется при классификации на способ начертания, а не на значение цифр.

Память «правополушарного» человека приобретает черты, противоположные тем, которые наблюдаются у «левополушарного» человека. Школьный теоретический багаж, то есть знания, приобретенные посредством слов, в значительной

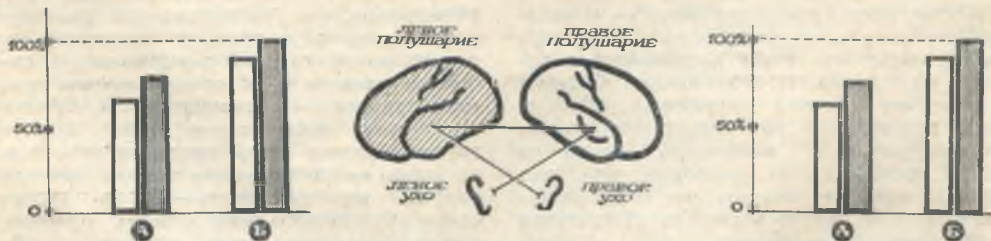
степени утрачены. Нарушена также способность запоминать слова. «Правополушарный» человек не может повторить сразу после прослушивания ряд из нескольких слов, в лучшем случае он повторит 2—3 слова из 10. Но даже если удастся удержать в памяти на некоторое время эти слова, то через 2 часа он их уже не вспомнит и не найдет среди других слов. В то же время образная несловесная память у него сохранена — он способен запомнить фигуры причудливой формы и через несколько часов выбрать их среди многих других.

Ориентировка в месте и времени у «правополушарного» человека также изменена, но иначе, чем у «левополушарного». Если полагаться только на ответы, то «правополушарный» человек кажется совершенно дезориентированным — он не может сказать, где он находится, назвать дату и даже год. Однако он подмечает детали обстановки и, опираясь на эти наблюдения, скажет, что, вероятно, он в больнице, хотя и не знает, в какой. Он узнает кабинет, в котором происходит исследование, хотя и не скажет, каково назначение этого кабинета. Будучи не в состоянии назвать ни месяца, ни года, он, выглянув в окно, правильно определит время года и предположительно скажет, какой теперь месяц. Таким образом, при отсутствии словесной ориентировки наглядная конкретная ориентировка у «правополушарного» человека сохраняется.

Вспомним, что «левополушарное» состояние сопровождалось изменением настроения. И в «правополушарном» состоянии происходит эмоциональный сдвиг, но противоположный по знаку — в сторону отрицательных эмоций. Настроение ухудшается, человек становится мрачным, пессимистически оценивает и свое настоящее положение и свои перспективы, жалуется на плохое самочувствие. Отвлечь его от печальных мыслей и жалоб трудно.

Восприятие интонационно-голосовых компонентов речи у «правополушарного» человека (усредненные результаты исследования тех же 8 человек, но уже с выключенным левым полушарием). В центре рисунка на схеме показано, что область, осуществляющая восприятие и анализ интонационно-голосовых характеристик речи, находится в активном деятельном полушарии. Выключение левого полушария не прерывает передачи в эту область информации об интонациях и голосе говорящего, независимо от того, каким ухом слышит человек речь.

Пара столбиков А — результаты исследования опознания интонаций, пара столбиков Б — результаты исследования различения мужских и женских голосов. Белый столбик в каждой паре — измерения, проведенные в обычном состоянии, черный столбик — измерения в «правополушарном» состоянии. Видно, что у «правополушарного» человека при измерениях и на левом (столбик слева) и на правом ухе (столбик справа) восприятие интонационно-голосовых компонентов речи и различение мужских и женских голосов улучшаются (черные столбики выше белых).



Подведем итог тому, что мы узнали о «правополушарном» человеке — человеке с выключенным левым полушарием. Очевидно, что и здесь мы имеем дело с дезорганизованной психикой, но дезорганизация эта иная, чем у «левополушарного» человека. У «правополушарного» пострадали те виды психической деятельности, которые лежат в основе абстрактного теоретического мышления, и сохранились или даже усилились те ее виды, которые связаны с образным мышлением. Такому типу расслоения психики соответствует отрицательный эмоциональный тонус.

ДВА ПОЛУШАРИЯ — ДВА РАЗНЫХ ВИДА МЫШЛЕНИЯ

Итак, мы познакомились с очень непохожими друг на друга по психическому складу людьми: «левополушарным» человеком — человеком с утрированным абстрактным, но дефектным образным мышлением, и с «правополушарным» человеком — человеком с утрированным образным, но дефектным абстрактным мышлением. Но это один и тот же человек — только в первом случае у него бездействует правое полушарие, и он мыслит и чувствует одним левым полушарием, во втором же случае у него бездействует левое полушарие, и он мыслит и чувствует одним правым полушарием. Теперь можно сделать определенный вывод: за функциональной асимметрией мозга кроется определенный принцип: левое полушарие — база логического абстрактного мышления, правое — база конкретного образного мышления. Можно сказать и так: функции каждого полушария представляют целостную, законченную систему — аппарат, который обслуживает определенный вид мышления. Соответственно каждое полушарие, каждый аппарат обладают собственным набором инструментов — своей речью, своей памятью, своим эмоциональным тонусом.

Сравним «левополушарные» и «правополушарные» инструменты.

Отправной точкой учения о функциональной асимметрии человеческого мозга, как говорилось, явилось открытие исключительной роли левого полушария в речевой деятельности. И сегодня исследователи употребляют как синонимы слова «левое» и «речевое» полушарие. Однако «однополушарный» человек показал, что дело обстоит и сложнее и интереснее. Действительно, словесная речь — и «создание» слов и их восприятие — целиком и полностью связана с деятельностью левого полушария. И это понятно. Система слов — это система символов, обобщений, поднявшихся над непосредственными индивидуальными явлениями. Только на базе такой системы символов, или, как теперь принято говорить, на базе знаковой системы, могло развиться абстрактное теоретическое мышление.

Но в речи есть и несловесное средство связи — несловесный носитель информации — интонация и голос. И интонирование собственной речи и восприятие интонаций связаны с деятельностью правого полушария. Мы уже говорили, что речевая интонация несет чрезвычайно важную смысловую нагрузку. Только в системе интонаций слово или фраза обретают конкретный смысл, адекватный данному моменту и данным обстоятельствам. Равным образом и сам голос является индивидуальной характеристикой речи. От того, принадлежит сообщение мужчине или женщине, знакомому или незнакомому, другу или недругу, также зависит значение сообщения. В таком случае связь интонационно-голосовых компонентов речи с правым полушарием также понятна: ведь правое полушарие ведает миром конкретных индивидуальных явлений.

Интонационно-голосовая сторона речи — это, по существу, мелодическая, музыкальная сторона, что отражено в самом названии — просодические характеристики речи. Но мы уже знаем, что музыкальные способности тоже находятся в ведении правого полушария. Отсюда следует, что и по происхождению просодические характеристики речи связаны с деятельностью правого полушария.

«Правополушарная» речь по своему эволюционному возрасту старше, древнее «левополушарной». Высокоорганизованные животные, ведущие стадный образ жизни, передают друг другу сигнал опасности и иные сигналы именно интонационными модуляциями голоса. Большая древность этого канала связи выявляется и при изучении формирования речи у ребенка. Закон биологии гласит, что индивидуальное развитие организма (онтогенез) является кратким повторением развития животного мира (филогенеза). Поэтому последовательность становления функций в онтогенезе помогает раскрыть эволюционный возраст этих функций. Исследованиями Р. Тонковой-Ямпольской показано, что в гулении и лепете младенцев интонация, свойственные взрослым, появляются задолго до формирования словесной речи. Известно также, что ребенок начинает раньше понимать интонации, чем слова.

Итак, в речи человека надо различать два канала связи: словесный, чисто человеческий, эволюционно молодой — левополушарный — и просодический, общий с животными, более древний — правополушарный.

На «однополушарном» человеке мы обнаружили, что изолированная деятельность каждого полушария сопряжена с определенной гаммой эмоциональных состояний: левого — с положительной гаммой, правого — с отрицательной. Объяснить этот неожиданный факт крайне трудно. Можно лишь предположить, что за таким «расхождением» эмоций кроется важная закономерность — более тесная связь абстрактного мышления с положительным эмоциональным тонусом и об-

разного мышления — с отрицательным эмоциональным тонусом. Эта закономерность уже подмечена нейрофизиологами. Видный специалист в области физиологии эмоций П. В. Симонов на основании анализа особенностей условных рефлексов, образованных на фоне отрицательных и положительных эмоциональных состояний, высказал интересную мысль: «Отрицательные эмоции тяготеют к оперированию конкретными образами.., в то время как положительные эмоции способствуют переходу к абстрактным, обобщенным моделям».

Возможно, причину связи разных эмоциональных состояний с разными видами мышления, с деятельностью разных полушарий следует также искать в эволюции, в истории формирования психической деятельности. Н. Н. Трауготт, изучая закономерности угнетения и восстановления психических функций при остро возникающих патологических состояниях мозга, показала, что позже других угнетаются и раньше других восстанавливаются эволюционно более древние виды психической деятельности. При этом выяснилось, что в процессе угнетения мозга из эмоциональных реакций первыми исчезают положительные эмоции и последними — отрицательные. При восстановлении деятельности мозга последовательно обратная. Таким образом, есть основания думать, что отрицательные эмоции имеют больший эволюционный возраст, чем положительные. На это указывает более раннее созревание у младенцев отрицательных эмоциональных реакций по сравнению с положительными.

Мы уже знаем, что с правым полушарием связаны наиболее древние компоненты речи. Теперь мы видим, что и более древние эмоции также связаны с правым полушарием. Не следует только думать, что эмоциональные механизмы заложены в самой коре полушарий. Эмоциональные реакции связаны с деятельностью глубоких отделов мозга — подкорковых ядер. Полушария мозга оказывают лишь регулирующие влияния на эти ядра, причем, как мы убедились, влияния правого и левого полушарий различны.

«Однополушарный» человек продемонстрировал нам, что каждое полушарие имеет и свою память, свой архив. И физиологам и психологам хорошо известно, что память не просто склад, куда отправляются на длительное хранение отслужившие материалы. Память теснейшим образом связана с текущей психической деятельностью, является непременным участником переработки информации. Мы убедились, что каждый вид мышления хранит свой рабочий архив на своей территории. Очевидно, правополушарный архив — память на индивидуальные конкретные явления — также древнее левополушарного, словесного архива. Ведь память на конкретные предметы и явления хорошо развита даже у животных, стоящих на эволюционной лестнице ниже мле-

копитающих. У детей, которые еще не умеют говорить, уже есть образная память. При остром угнетении мозговой деятельности словесная память нарушается раньше образной и восстанавливается позже образной, что также указывает на более почтенный эволюционный возраст образной памяти.

Итак, с правым полушарием связаны эволюционно более древние компоненты сложных психических функций: речи, памяти, эмоций. Но ведь и само образное мышление древнее абстрактного словесного. Тонкое и сложное восприятие конкретных явлений окружающего мира, несомненно, роднит нас с нашими младшими братьями — животными, в то время как абстрактное мышление явилось тем эволюционным достижением, которое поставило нас над всем живым. Именно функции левого полушария вознесли человека на головокруглую высоту. С известными оговорками можно сказать, что животные обладают двумя «правыми» полушариями, хотя, конечно, нельзя ставить знак равенства между правым полушарием человека и полушариями животных, даже наиболее высокоорганизованных.

И тут мы подходим к одному из самых интригующих вопросов учения о функциональной асимметрии мозга человека: как она сформировалась, каким образом анатомически и функционально симметричный мозг животных превратился в функционально асимметричный мозг человека? Скажем сразу: однозначного ответа на этот вопрос нет. Проблема формирования функциональной асимметрии пока остается областью догадок и предположений. Эта проблема имеет два аспекта.

Первый. Почему с деятельностью одного левого полушария связаны новые, специфически человеческие функции: словесная речь и абстрактное мышление? Согласно наиболее распространенной точке зрения, развитие новых функций в левом полушарии обусловлено ведущей ролью правой руки (а она контролируется левым полушарием) в трудовой деятельности. Эта точка зрения исходит из наблюдений, что уже у высших обезьян, наших ближайших родственников, намечается преобладание одной из верхних конечностей — правой или левой — в процессе сложных двигательных актов.

Однако это предположение еще требует более веского обоснования и дальнейших исследований. В самое последнее время американский исследователь Р. Доти нашел, что даже у обезьян макак имеется намек на неравноценность полушарий при управлении некоторыми сложными формами поведения. Если это так, то можно думать, что какие-то предпосылки для будущей функциональной специализации полушарий уже имелись у нашего далекого обезьяноподобного предка. Какова бы ни была причина «избранности» левого полушария, можно полагать, что уже с тех ранних этапов

становления человека, когда начала формироваться словесная речь, этот процесс был связан с деятельностью левого полушария.

Второй аспект проблемы. Какие следствия могла иметь связь левого полушария с формированием словесной речи? Известно, что, когда какой-либо отдел мозга приобретает новые и более сложные функции, то старые функции, свойственные этому отделу в прошлом, подавляются, становятся рудиментарными. Очевидно, такой процесс должен был происходить и по мере формирования словесной речи. Унаследованные левым полушарием от животных предков функции, связанные с образным мышлением, должны были в этом полушарии подавляться, становиться рудиментарными. В то же время эволюционировало и правое полушарие. Но его эволюция была продолжением, совершенствованием тех функций, которые унаследовало правое полушарие от животных предков — усложнялось и развивалось образное мышление. Так возник «перекос» в работе мозга — функциональная асимметрия человеческого мозга — и сформировались два самостоятельных аппарата мышления.

Интересно, что процесс разделения функций между полушариями можно наблюдать в раннем детстве. Мы уже говорили, что индивидуальное развитие организма, по существу, — историческая пьеса, сжатое повторение всей эволюции животного мира. Последний акт этой пьесы разыгрывается на наших глазах после рождения ребенка. Ребенок рождается «двуправополушарным», у него еще нет «словесного» полушария. По данным В. Пенфилда и Л. Робертса, до двух лет любое полушарие может принять на себя эту почетную роль. Лишь с возрастом у здорового ребенка устанавливается разделение «сфер влияния» между полушариями. Но происходит это далеко не у всех. Почти у трети людей полушария не приобретают четкой функциональной специализации. Но это уже новая и также очень интересная проблема, которой в этой статье мы касаться не будем.

Итак, профессиональная специализация полушарий завершается у человека после рождения, и по мере взросления между аппаратами образного и абстрактного мышления устанавливается демаркационная линия. И тогда оказывается, что индивидуальность человека, особенности его психики зависят от того, какой из аппаратов приобретает ведущее значение. Около 40 лет назад крупнейший физиолог нашего века И. П. Павлов писал о двух типах людей: «Жизнь отчетливо указывает на две категории людей: художников и мыслителей, между ними резкая разница. Одни — художники... захватывают действительность целиком, сплошь, сполна, живую действительность, без всякого дробления... Другие — мыслители, именно дробят ее..., делая из нее какой-то временный скелет, и затем только постепенно как бы снова собирают ее ча-

сти и стараются их таким образом оживить...»

В эпоху И. П. Павлова наука о мозге еще не располагала достаточным количеством сведений о функциональной специализации полушарий, и приведенная классификация людей осталась без анатомического обоснования. Сегодня мы уже располагаем нужными сведениями. «Художники» — люди с преобладанием «правополушарного» образа мышления. «Мыслители» — люди с преобладанием «левополушарного» абстрактного мышления, то есть с более активным левым полушарием. Американский исследователь Дж. Боген показал, что преобладание активности одного из полушарий наряду с врожденными факторами может быть обусловлено особенностями воспитания и обучения, то есть тренировкой.

ДВА ПОЛУШАРИЯ — МОЗГ ОДИН

До сих пор мы рассматривали деятельность каждого полушария изолированно, так, будто у человека есть два разных, ничем не связанных мозга. На самом же деле нормальная психическая деятельность предполагает совместную работу обоих полушарий. Но что значит совместная работа? В нейрофизиологии эта проблема формулируется как проблема взаимодействия полушарий.

«Правополушарный» человек воспринимает мир во всем его конкретном богатстве и разнообразии. Но поскольку он лишен теоретического мышления, то ему не удастся проанализировать свои впечатления, установить между ними логическую связь, соотнести с определенными категориями, и потому его богатство не приносит плодов. Тот же человек, но в «левополушарном» состоянии сохраняет способность к анализу и обобщению, к логическим операциям, но не может их использовать, так как ему нечего анализировать и обобщать. Очевидно, лишь одновременная работа обоих полушарий, объединение механизмов образного и абстрактного мышления обеспечивают всесторонний, конкретный и теоретический охват явлений внешнего мира.

Но на «однополушарном» человеке мы увидели и нечто иное. При выключении правого полушария облегчается словесная деятельность, то есть повышается активность левого полушария. При выключении левого полушария обостряется образное восприятие — повышается активность правого полушария. Это значит, что в обычном «двуполушарном» состоянии каждое полушарие притормаживает активность другого.

Таким образом, оба полушария не независимы друг от друга. Между ними складываются сложные и противоречивые взаимоотношения. С одной стороны, они дружески участвуют в работе мозга, дополняя способности каждого, с другой

стороны, соперничая, как бы мешая друг другу заниматься своим делом. Если значение дружеского, так называемого комплементарного, взаимодействия ясно, то значение конкурентного — иначе, реципрокного — не лежит на поверхности. Попытаемся в нем разобраться.

В нервной системе возбуждению всегда сопутствует торможение. Тормозной процесс препятствует распространению возбуждения на области, которые не должны участвовать в данной деятельности; снижает интенсивность возбуждения, что позволяет точно дозировать его силу и, наконец, прекращает возбуждение, когда в нем отпадает необходимость. Без тормозного процесса деятельность нервной системы становится хаотичной, управляемой, саморазрушительной. Поэтому, чем сложнее построен тот или иной отдел мозга, чем сложнее его функции, тем сложнее построен и его тормозной аппарат. Очевидно, такой аппарат особенно важен для высших отделов мозга. Действительно, каждое полушарие содержит тормозные механизмы в самом себе (цепи специальных тормозящих нейронов), полушария находятся также под тормозящим влиянием подкорковых ядер, и, наконец, как мы убедились, каждое полушарие испытывает тормозные влияния со стороны своего партнера.

Но у взаимотормозящего влияния полушарий есть еще одна особая миссия. Чтобы адекватно реагировать на изменчивые обстоятельства и разнообразные ситуации, с которыми жизнь сталкивает человека, необходимо то сочетание способности правого и левого полушарий, то максимально использовать способности одного из них. Когда математик оперирует многомерным пространством и мнимыми величинами, у него предельно обострено абстрактное мышление. Но тот же человек за рулем автомобиля в аварийной ситуации сможет избежать катастрофы, лишь мгновенно охватив вполне ре-

альное пространство и вполне реальные предметы, то есть предельно обострив образное восприятие. Реципрокное взаимодействие позволяет всегда иметь наготове резервы, позволяет очень тонко и точно балансировать активность полушарий и тем соблюдать наиболее выгодное в данный момент соотношение образного и абстрактного мышления.

Не кроется ли здесь ответ еще на один загадочный вопрос — в чем смысл функциональной асимметрии, какие «выгоды» она сулит мозгу? Ведь природа безжалостно устраняет все, что не приносит пользу организму, но педантично отбирает и сохраняет все полезное. Мы только что говорили, что есть ситуации, когда необходимо максимально использовать какой-то один вид мышления. Очевидно, чтобы иметь возможность раздельно активизировать аппараты образного и абстрактного мышления, их необходимо отделить друг от друга, расположить в разных отделах мозга, так, чтобы обострение одних способностей не сопровождалось обострением других.

Объединить способности двух полушарий призвано комплементарное взаимодействие; соблюдать баланс между способностями каждого полушария, в нужный момент поднять одну чашу весов и опустить другую призвано реципрокное взаимодействие полушарий. В целом, сложный двуединый характер межполушарных взаимоотношений позволяет «оптимизировать» психическую деятельность и поведение.

Итак, мы убедились, что нет главного и второстепенного, «большого» и «малого» полушарий. Правое полушарие — база образного мышления — охватывает мир явлений во всем его богатстве и разнообразии. Левое полушарие — база абстрактного мышления — ищет и находит в этом мире гармонию причин и следствий. Полноценная психика предполагает согласованную и уравновешенную работу обоих полушарий.

ЗАДАЧНИК КОНСТРУКТОРА

Задача № 1.

От электродвигателя 1 через муфту 2 крутящий момент передается валу 3 рабочего механизма 4 (рис. 1). Предложите конструкцию рабочего механизма, которая обеспечивала бы

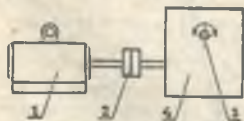


Рис. 1.

валу 3 возвратно-вращательное движение — поворот на определенный угол, а затем возврат в исходное положение и т. д. Допускается неравномерная скорость вращения вала 3.

Инженер В. ГРИБАНОВ.

г. Светловодск
(Кировоградская обл.,
УССР).

Задача № 2.

Вал 1 с фланцем 2 может свободно вращаться в подшипниках 3 корпуса 4 (рис. 2). Предложите конструк-

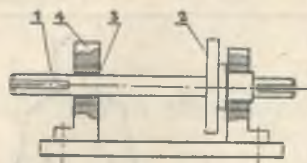


Рис. 2.

цию механизма точной остановки вала 1 после того, как он сделает строго заданное число оборотов сначала в одну, потом в другую сторону.

Инженер В. КОБЗАРЕВ.
г. Куйбышев.