

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ПОЛУШАРИЙ МОЗГА

Наталья Дубровинская

Франция, 1836 год. Сельский врач Макс Дакс, который, как и земские врачи в России, должен был знать всё, за свою многолетнюю практику обратил внимание на 40 пациентов, у которых в истории болезни значились левосторонние глубокие травмы черепа; у них отсутствовала речь. А при травмах справа этого не наблюдалось. Закономерность настолько поразила врача, что он решил обнародовать её на заседании медицинского общества в Монпелье. Однако профессиональная аудитория восприняла сообщение прохладно. Через год Макс Дакс умирает...

Проходит около 30 лет. Молодой любознательный нейрохирург Поль Брока, тоже во Франции, заинтересовывается больным, основным симптом которого – невозможность нормально говорить. На вскрытии, где присутствует Брока, обнаруживается поражение участка нижней лобной извилины в левом полушарии. Эти данные вместе с демонстрацией препарата вызывают сенсацию в научном мире; имя нейрохирурга увековечивается – «зона Брока» – центр «экспрессивной» речи в левом полушарии!

Ещё через 10 лет новое имя входит в историю – немецкий невролог Карл Вернике демонстрирует пациента с отсутствием понимания речи при способности произносить слова. Локализация поражения в задневисочной коре опять же левого полушария привела к тому, что получил право на существование центр «импрессивной» речи, «область Вернике». Зона Брока и область Вернике соединяются пучком волокон, что обеспечивает их совместное функционирование в самой простой форме – «понял» и «ответил».

Открытие левополушарных центров представительства в мозге такой специфически человеческой функции, как речь, и отсутствие центров любых значимых функций справа привело к представлению о доминантном, ведущем, левом полушарии (у 95% людей, включая и леворуких, оно ответственно за речевые, вербальные, операции) и подчинённом правом полушарии, не имеющем чётко выраженных функциональных особенностей. Такая трактовка, как увидим далее, не подтвердилась, а левосторонняя локализация вербальной деятельности (рис.1.) – непреложный факт, неоднократно подтверждавшийся и чётко демонстрируемый результатами современных визуализационных методов исследования.

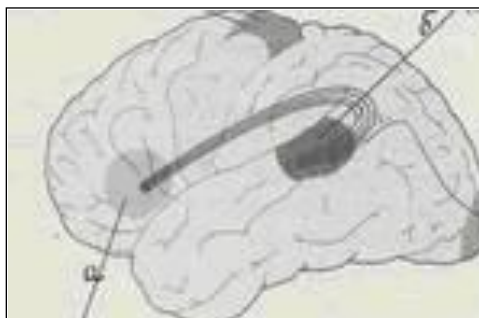


Рис.1 Локализация речевых зон в левом полушарии, схема:
а – зона Брока; б – область Вернике

Представления о характере локализации функций ещё раньше разделили учёных на два лагеря: в одном из них находились ярые сторонники центров (узкий локализационизм), а оппозиционеры считали, что за реализацию той или иной функции ответствен мозг в целом.

Как же оценивать в этой связи функции правого полушария? Простые наблюдения клиницистов и самих пациентов понемногу проясняли картину и реабилитировали «подчинённое» правое полушарие. Действительно, симптоматика правополушарных поражений не такая чёткая и бросающаяся в глаза, как при нарушениях слева, когда затронута речь. Но больные отмечали трудности пространственной ориентации, невозможность найти дорогу в знакомом месте, игнорирование левой половины поля зрения (текста книги, предметов, находящихся слева от больного). Проведённые в середине 30-х годов XX века специальные психологические тесты на состояние зрительно-пространственных функций (рис.2), показали их специфическое нарушение при разного рода дефиците правого полушария.

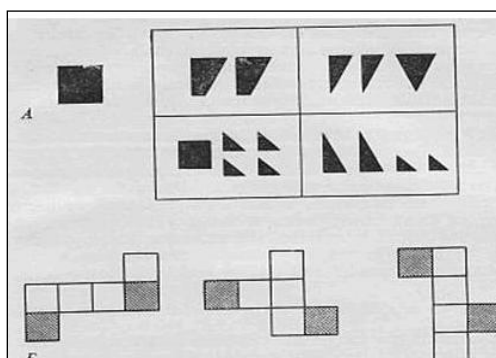


Рис.2. А. Из каких деталей можно составить квадрат, показанный слева?
 Б. В каком из кубиков, сложенных из разверток, тёмные грани образуют одно общее ребро?

Вскоре произошли события, сильно продвинувшие исследуемую проблему.

В 1941 г., когда началась война, в клинику московского Института нейрохирургии, в лабораторию Александра Романовича Лурии, стали поступать раненые с самыми разными поражениями мозга. Наблюдения за ними, применение новых, разрабатываемых в лаборатории проб и тестов привели фактически к созданию науки нейропсихологии и её бурному взлёту на мировой уровень, благодаря исследованиям А.Р. Лурии с сотрудниками. Особенно важно также то, что предложенная Александром Романовичем интерпретация – положение о **динамической локализации функций** – подчеркнула, во-первых, пластичность, компенсаторные возможности мозга, а во-вторых, заложила основы системных представлений о его деятельности [1]. При этом научная стратегия или/или (бурные споры и абсолютное неприятие иной точки зрения), как это часто бывает, изменилась на и/и (возможно и то, и другое в зависимости от ситуации и образа действия).

Второе событие произошло в 1940 году, когда в результате «пионерской» операции, проведённой Ван Вагеномом (*Van Wagenen*), исследователи получили «подарок» – пациентов с расщеплённым мозгом [2]. Этому предшествовали длительные эксперименты на животных с хирургическим разобщением полушарий как средством борьбы с тяжёлыми формами эпилепсии, когда однополушарный очаг эпилептической активности передаётся по плотному пучку волокон («мозолистое тело») в другое полушарие, что приводит к припадку.

Эксперименты показали, что, действительно, перерезка мозолистого тела ликвидирует припадки, «излечивает» эпилепсию и не вызывает видимых нарушений поведения животных. Это позволило сделать первую такую операцию на больном с эпилепсией, не поддающейся лечению никакими препаратами. Опыт оказался удачным, и операции встали на поток. После острого послеоперационного периода больные в

основном чувствовали себя нормально, и для выявления некоторых особенностей и возможного дефицита потребовались специальные тесты, которые разрабатывались и совершенствовались в течение, по крайней мере, 30 лет. В 1981 г. постоянному исследователю и интерпретатору полушарной специализации Роджеру Сперри (*Rodger Sperry*) была присуждена Нобелевская премия.

Великолепная возможность подавать различные раздражители изолированно каждому полушарию и анализировать полушарные «монологи» была широко использована в уникальных исследованиях, подробно описанных в книге [2]. Несколько примеров: при предъявлении предмета левому полушарию испытуемый называл, что он видел; изменение адресации вправо давало ответ «ничего», но если испытуемому предлагалось завести левую руку за непрозрачный экран и найти предъявленный предмет путём ощупывания, он находил его безошибочно, не замечая странного несоответствия. С инструкцией собрать кубики с различной штриховкой, так чтобы получился узор на образце (зрительно-пространственная задача), лучше справлялась левая рука. Впечатляли данные, полученные при показе испытуемым для опознания так называемых «химерных» лиц, составленных из правой и левой половин лица разных людей (рис.3). Рисунок иллюстрирует эксперимент такого рода.

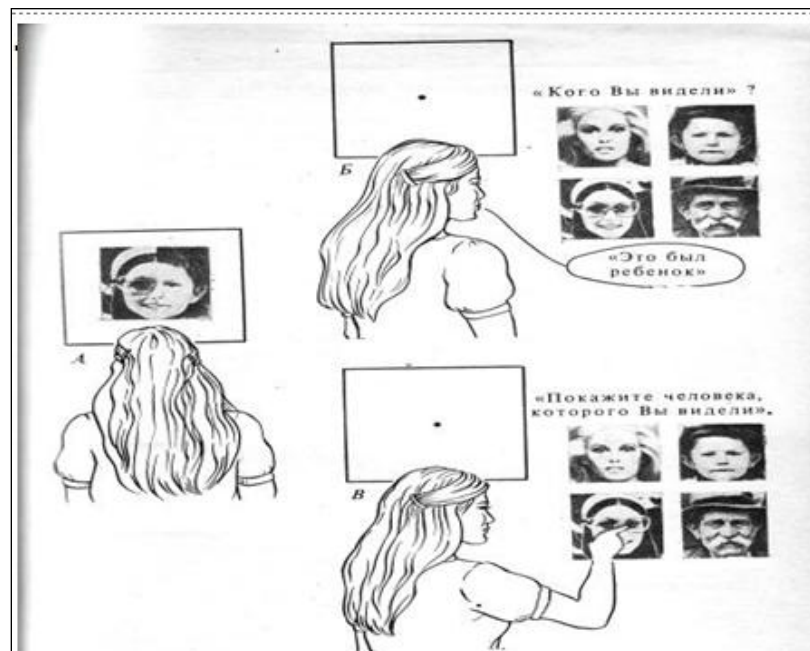


Рис.3. Испытуемая по инструкции смотрит на фиксационную точку в середине экрана, затем на короткое время на экране вспыхивает изображение составного лица (А). Ответы при просьбе назвать, что она видела (Б), и показать (В).

Как видно из рисунка, адресация химеры левому полушарию вызывает ответ, что показан ребёнок (дистраивание до целого); если же составное лицо проецируется на правое полушарие, словесный ответ отсутствует, а на предложение показать, какое из предъявленных лиц видела испытуемая, её левая рука выбирает женщину в очках, тоже осуществляя завершение образа. При этом в силу отсутствия полушарного «диалога» испытуемый не замечает ничего странного. Ограничимся этими примерами, чтобы показать, какой всплеск интереса к проблеме наблюдался в те годы, благодаря накоплению новых, необычных фактов. И, конечно, усиливалась тенденция к анализу

полушарных особенностей «здорового» мозга, не отягощённого искусственными вмешательствами.

Современные электрофизиологические и «визуализационные» (МРТ) методы исследования, новые и совершенствующиеся способы обработки полученных данных позволили близко подойти к пониманию механизмов функционирования полушарий «живого» мозга. При анализе мозговой организации высших психических функций оказалось возможным выявить функциональные объединения корковых зон в покое и при деятельности, определить источник и направление связей между нейронными системами, вычленив на временном отрезке в 1000 мсек (миллисекунд) отдельные операции процессов восприятия, внимания, запоминания, принятия решения при выполнении испытуемым различных заданий. Наиболее информативна комбинация этих методов в сочетании с психологическим тестированием состояния изучаемых функций, поведенческими показателями и словесным отчётом испытуемых, что в основном и использовалось в экспериментах.

Было показано, что даже *в состоянии покоя* характеристики внутримушарных нейронных систем отличаются спецификой: в левом полушарии нейронные объединения более локальные и дифференцированные, в правом – более широкие и однородные [3, с.114].

Полушарные различия чётко проявляются и *при мозговой деятельности*. На рис. 4 показаны результаты проведённых нами исследований стратегии работы мозга при напряжённом ожидании слуховой (щелчок) или тактильной (касание пальцев) задачи в условиях дефицита времени. В левом полушарии формируются локальные фокусы взаимосвязанной активности корковых областей с центрами в зонах представительства слуховой и тактильной модальности (прогнозируемая «модель» ожидаемого стимула). В правом полушарии регистрируются независимые от модальности сходные при двух задачах функциональные связи с равновероятным участием задействованных областей (общая ситуация эксперимента).

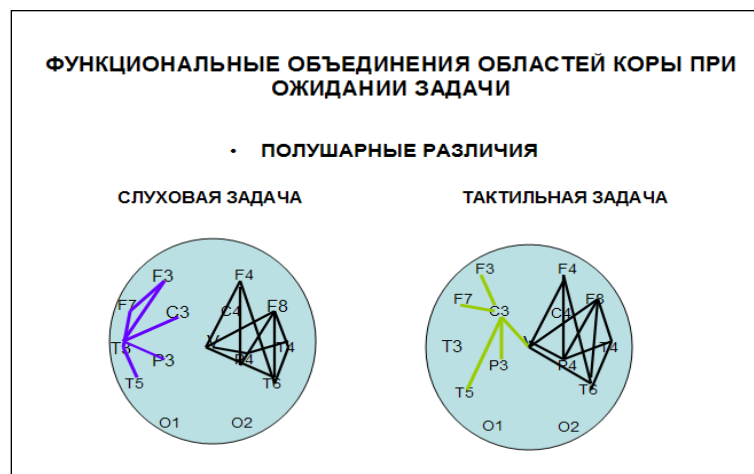


Рис.4. На схемах сплошные линии показывают взаимосвязь исследованных областей коры (обозначены латинскими буквами) левого (нечётные цифры) и правого (чётные) полушарий. Т3, С3 – проекции слуховой и тактильной информации.

Высокая избирательность функционирования левого полушария и интегративные характеристики функций правого – неоднократно подтверждались в экспериментах. В составе речевых зон левого полушария были выявлены семантические локусы, избирательно активирующиеся только при чтении слов, и более широкие,

фонологические, реагирующие, помимо слов, и на псевдослова, и на буквенные полоски [4]. При предъявлении испытуемым пациентам предложений, заканчивающихся ожидаемым словом («мы идем ловить на удочку рыбу»), неожиданным из той же семантической категории («...лягушку») и из другой («...ботинок»), оба полушария реагируют на неожиданные слова, но правое, в отличие от левого, не различает семантических категорий [5]. Левое полушарие при трудных задачах на различение зрительных изображений выделяет ведущий разделительный признак, правое описывает предмет в целом [3, с.146] и в большей степени вовлекается при предъявлении задач, близких реальным жизненным ситуациям.

Эти характерные особенности позволили В. Ротенбергу лет 30 назад высказать гипотезу о том, что основная характеристика правого полушария – наличие множества связей предметов и явлений, включая и противоречивые, как в реальном мире (многозначный контекст). В левом на основе последовательного анализа коротких информационных посылок (хороший пример – речь) строится однозначный контекст – вербализуемые (формулируемые) закономерности логической связи элементов с возможностью предсказания, прогнозирования.

На основе этих представлений и накопленных экспериментальных данных оказалось возможным объяснить многие противоречия, касающиеся полушарных функций [6]:

- преимущественную активацию левого полушария при чтении научных текстов и правого – при чтении художественных;
- приоритет правого – в реакциях на юмор и метафоры (противоречивые неожиданные связи), а левого – при восприятии карикатур (ведущий разделительный признак);
- настроенность левого полушария на восприятие ритмов, правого – мелодий, левого на сочинение, правого – на прослушивание музыки: Равель после травмы левого полушария, полученной при аварии, продолжал получать удовольствие от музыки, но не мог продолжать композиторскую деятельность.

Интересны материалы, связанные с языком глухонемых: и клинические, и экспериментальные данные показывают, что смысловой и грамматический компоненты жестикюляции – приоритет левого полушария, эмоциональная составляющая и контекст – в ведении правого [7].

Из этих данных следует также, что есть глобальные и принципиальные различия полушарных стратегий обработки информации, но в решение предъявляемых задач, особенно сложных, изобилующих деталями и близких к жизненным ситуациям, как правило, вовлекаются оба полушария, выполняя свойственные им операции, в соответствии с «компетентностью» каждого. Это особенно хорошо видно в экспериментах с предъявлением испытуемым разных задач на одном и том же материале [4]: на экране высвечивались различные четырёхбуквенные слова, в которых одна из букв была другого цвета; полученные данные показали, что в решение задачи включаются оба полушария, однако в буквенной задаче (есть ли буква «А»?) фокус взаимосвязанной активности («рабочая система») регистрировался в зоне Брока, а при ответе на вопрос, справа или слева от центра находится красная буква (зрительно-пространственная задача), фокус регистрировался в теменной области правого полушария.

Лобные доли мозга функционируют как высший центр управления и регуляции. На основе поступающей к ним уже обработанной информации формируются корректирующие влияния на работающие компоненты мозговых систем, обеспечивающие их динамичное функционирование, адекватное текущей ситуации. В последнее время внимание исследователей привлекает так называемый «социальный мозг» – интеграция структур, избирательно чувствительных к социальным стимулам: выражению глаз и лица, жестам

(доброжелательным, угрожающим), поведению окружающих людей. Структуры социального мозга в большей степени связаны с правым полушарием, а источником регулирующих воздействий в этой системе является правая лобная область (см. обзор [8]). Левую лобную область можно тогда условно считать высшим центром «интеллектуального» мозга. По мнению В. Ротенберга и в рамках предложенной им гипотезы [6] в лобной области левого полушария на базе его основных характеристик формируется «Я-концепция» – осознанное представление о себе, которое может быть описано словами. В правом полушарии находится «Образ Я» – не полностью осознаваемое представление о себе, которое ощущается, но не формулируется чётко и адекватно («Мысль изречённая есть ложь» [Ф. Тютчев]). Но в нём интегрированы все личностные установки и мотивы; здесь в условиях множественных альтернатив, в том числе конфликтных ситуаций, осуществляется принятие решения.

Представления о функционировании полушарий, изложенные выше, необходимы, но не достаточны для понимания работы мозга; требуется анализ полушарного «диалога». Взаимоотношения полушарий обеспечиваются волокнами мозолистого тела, которое представляет собой важный компонент полушарной интеграции. При его атрофических изменениях замедляется скорость обработки информации [9]; изменённые характеристики волокон мозолистого тела, соединяющих лобные структуры, обнаружены при шизофрении [10], у детей с дефицитом внимания [11]. В наших исследованиях детей с трудностями чтения, в отличие от нормы, не обнаруживалось усиления функционального взаимодействия задневисочных зон коры правого и левого полушарий при составлении слов из букв, что соответствовало более низкому уровню выполнения задания [12].

Наблюдения и самонаблюдения показывают, что полушария, в общем, работают в условиях согласованного взаимодействия [6] – из богатого, разнообразного многозначного контекста, передающегося в левое полушарие, в нём строится логический, последовательный однозначный контекст – речь, письмо, рассказ. Для наполнения этого содержания новой информацией, наряду с логическими построениями, посылаются «запросы» правому полушарию, и содержание обогащается и обновляется. Эта работа видна по динамике и направлению межполушарных связей. Сотрудничество в функционировании полушарий хорошо оттеняется данными [2] о поведении некоторых больных с возможно неполной перерезкой мозолистого тела – жалобы на противоположные действия двух рук (застёгивание/расстёгивание; притягивание/отталкивание), сопровождаемые агрессивностью и раздражительностью. Невозможность достижения гармонии полушарного взаимодействия вызывает ощущение неудовлетворённости и у здорового человека – трудности написания статьи, подготовки выступления, а по терминологии Ротенберга – затруднённое построение однозначного контекста из сложного, наполненного деталями и нюансами, многозначного.

Наряду с кооперацией в работе полушарий возможны и тормозящие влияния одного на другое, чаще левого на правое, что может формироваться под «давлением» среды. Методика обучения, направленная на усиление развития левого полушария, – доминирование вербальных операций, логических построений при отсутствии направляющих воздействий на правое полушарие – приводит к его существенному подавлению.

В этой связи целесообразно упомянуть результаты исследования ленинградских учёных В.Л. Деглина и Т.В. Черниговской (цитируется по [6]). Наблюдались больные при восстановлении с ними словесного контакта после электросудорожной терапии (временное выключение правого или левого полушария). Пациентам предлагался следующий силлогизм: обезьяны прыгают по деревьям, дикобраз – обезьяна; прыгает он по деревьям или нет? После выключения левого полушария ответ был резко отрицательным с возмущением нелепостью; после выключения правого

«левополушарный» ответ был положительным, пациенты были в плену формальной логики, вне реальности. При уточняющем вопросе «разве дикобраз – обезьяна?» ответ был правильным, но пациенты говорили «а так написано!». Поразительно то, что ответ по законам формальной логики, в полном подчинении инструкции, отмечался у некоторых испытуемых и в контрольном тестировании, до терапии. Это тоже можно рассматривать как одно из неблагоприятных последствий доминирования левого полушария и подчинения правого – формирование конформистского поведения под давлением авторитетов или господствующей идеологии.

Динамичность и пластичность мозгового обеспечения психических процессов обуславливает компенсаторные возможности мозга, высокие в раннем периоде развития, снижающиеся с возрастом, но подверженные тренировке. Это целиком относится и к полушарным взаимоотношениям. В литературе [13] описан впечатляющий пример наблюдения девочки (Мишель Мак), рождённой без левого полушария. Её развитие было замедленным, однако постепенно правое полушарие брало на себя основные функции левого, но за счёт снижения своих собственных возможностей. В 29 лет Мишель нормально говорит, обладает арифметическими навыками, высочайшей способностью запоминать события и даты, но теряется в незнакомых местах, плохо замечает предметы и события в правом поле зрения, не понимает абстрактных категорий, неспособна к обобщениям. Тем не менее, компенсация привела к развитию и сохранению специфически человеческой вербальной деятельности, что демонстрирует высокую надёжность функционирования мозга.

В заключение следует подчеркнуть основные характеристики полушарной специализации. Она не стабильна и носит функциональный характер, что проявляется динамичным избирательным вовлечением в деятельность соответствующих ситуаций нейронных систем обоих полушарий. Принципиально разная стратегия обработки информации полушариями обеспечивает взаимодополнительность и эффективность их взаимодействия при работе мозга.

Источники

1. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии. – М.: МГУ, 1973.
2. Спрингер С., Дейч Г. Левый мозг, правый мозг. – М.: «Мир», 1983.
3. Развитие мозга и формирование познавательной деятельности ребёнка. – М., 2009.
4. Stephan K., Fink G., Marshall J. *Neuropsychologia*. 2007, 45(2-4), 209-228.
5. Federmeier K., Kutas M. *Brain Res. a. Cogn. Brain Res.* 1999, 8, 373-392.
6. Ротенберг В. Межполушарная асимметрия, её функция и онтогенез. Гл.6.–М.: «Научный мир», 2009.
7. Bellugi U., Poizner H., Klima E. In: *Brain Development and Cognition*. «Blackwell», 1993. P.403-423.
8. Brancucci A. et al. *Philos. Trans. R Soc. London B. Biol. Sci.* 2009, 364 (1519), 895-914.
9. Jokinen H. et al. *J. Neurol., Neurosurg., Psychiatry*. 2007, 78, (5), 491-546.
10. Kubicky M. et al. *Shizophr. Res.* 2008, 106, (2-3), 125-131.
11. McNally M. et al. *J.Child Neurol.* 2010, 25 (4), 453-462.
12. Dmitrova E., Dubrovinskaya N., Shklovsky V. et al. *Human Physiol.* 2005, 31 (2), 125-131.
13. Дойдж Н. Пластичность мозга (перевод с англ.). – М.: «Эксмо», 2010.