

© 1992 г. ЛАЛАЯНЦ И. Э., МИЛОВАНОВА Л. С.

**НОВЕЙШИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМОВ ЯЗЫКОВОЙ
ФУНКЦИИ МОЗГА***

Наше понимание механизмов, лежащих в основе порождения мозгом речи и языка, еще далеко не полно. Несмотря на попытки провести нейролингвистический анализ компонентов языка [1], в частности синтаксиса, исследователи понимают, что они не полностью отвечают требованиям максимальной конкретности, предъявляемым им компьютерами. При этом не спасают ссылки на авторитеты ушедших десятилетий, например, А. Р. Лурия, проводившего нейропсихологический анализ у нейрохирургических больных, а также Л. С. Выготского, выдвинувшего концепцию речемышления. Действительность оказалась намного сложнее и интереснее.

Долгие десятилетия исследование нейропсихологических механизмов порождения языка ограничивалось в своих возможностях, так как не были разработаны методы непосредственного анализа данной функции мозга. Сегодня задача во многом облегчилась, поскольку в распоряжении исследователей появились методы прямого экспериментального анализа структур и функций мозговых отделов, ответственных за язык. Помимо генетического анализа на молекулярном уровне, исследователи получили в свое распоряжение новейшие томографы, позволяющие изучать функцию живого и здорового мозга в ходе решения тех или иных психологических и языковых задач. Большое значение имеет здесь существенный прогресс в анализе исторической эволюции языка.

Краткому освещению генетических и исторических данных с преимущественным упором на результаты, полученные в самое последнее время с помощью томографов (это позволяет углубить наше понимание механизмов возникновения и функционирования языка), посвящены три нижеследующих раздела статьи.

Генетические данные

Современные молекулярно-биологические данные указывают на то, что homo sapiens возник примерно 200 тысяч лет тому назад в районе Африки, прилегающем к Сахаре [2—6]. Подобное мнение базируется на данных исследования степени мутации так называемой митохондриальной ДНК, а также фрагмента ДНК из «мужской» Y-хромосомы [4—5]. В настоящее время нет, конечно, всеобщего признания этих новейших данных. В то же время необходимо отметить, что оппоненты молекулярно-биологического подхода не могут выдвинуть каких-либо строгих количественных аргументов против указанных положений.

* Предлагаемая читателям статья И. Э. Лалаянца и Л. С. Миловановой представляет собой дополненный вариант доклада, прочитанного на сессии Научного совета «Теория и методология языкознания» в феврале 1991 г. Публикацией этой статьи Редакция продолжает актуальную тему, начатую статьями Т. В. Гамкрелидзе «Р. О. Якобсон и проблема изоморфизма между генетическим кодом и семиотическими системами» (ВЯ, 1988, № 3) и М. С. Гельфанда «Коды генетического языка и естественный язык» (ВЯ, 1990, № 6).

Антропологические данные указывают на то, что современный человек, которого традиционно принято называть «кроманьонцем», появился на Ближнем Востоке в пещере Кафзех (гора Кармел) уже 92 тыс. лет назад. Интересно, что неандерталец в этом районе немного «моложе» — всего 60 тыс. лет. Можно предполагать, что человек современного типа пришел из Африки по афро-азиатскому ближневосточному перешейку где-то около 100 тысяч лет назад, что ознаменовало собой первый афро-азиатский «раскол» всей современной человеческой популяции.

Подобный «сценарий» эволюции современного человечества был подтвержден результатами значительной работы в области генетики: на протяжении многих лет проводился популяционный анализ более ста генетических аллелей различной природы, включая белки крови, комплекс антигенов иммунной «защиты», а также митохондриальную ДНК. Этот анализ также показал наличие афро-азиатского расщепления на самом первом этапе развития человеческой популяции. Интерес данной работы для лингвистов состоит в том, что генетический анализ был как бы «наложен» на древо расхождения основных языковых семей. При этом генетический и языковой «кластеры» совпали [3, 6].

Думается, что подобный биогенетический подход вполне оправдан и закономерен и в лингвистике, поскольку он, при всей независимости его методов исследования и результатов, накладываясь на данные лингвистики, призван показать единство происхождения людей и их языков. Дальнейшая работа будет, по-видимому, уточнять детали этого единства и позволит более точно проследить генетическую эволюцию популяций.

Здесь мы в очередной раз сталкиваемся с древним как мир вопросом о первопричине развития. Что было раньше — ген или анатомическая структура, насколько физиология первенствовала над анатомией, как анатомия и функция «отражалась» в мозгу, можно ли утверждать, что мозг был «впереди» в «программном обеспечении» функции, в частности говорения?

Все эти вопросы заданы не случайно. Дело в том, что совсем недавно была обнаружена гиоидная, или подъязычная, кость неандертальца [7—9]. Это очень важное открытие, так как оно свидетельствует о том, что речь могла существовать и у неандертальца, т. е. для функционирования языка не требуется слишком развитый — по сравнению с современным — мозг. Во многом это открытие позволяет перекинуть мостик между человеческим языком и «языком» животных, вопрос о котором остро дебатруется.

От языка «гавагай» до нестратического

Могут ли современные нам животные общаться, коммуницировать между собой и с человеком посредством языка? Споры вокруг этой проблемы не утихают даже после получения экспериментального подтверждения данной возможности [2, 10]. Сторонники существования языка животных, особенно у шимпанзе, усматривают у них наличие «логически последовательной образной компетентности» [1]. Критики же считают, что экспериментаторы неосознанно давали животным «подсказки».

Обнаружение подъязычной кости неандертальца заставляет по-новому взглянуть на проблему возникновения речи и языка. Не логично ли после этого допустить, что язык возник намного раньше, чем предполагалось? Было бы возможным межвидовое общение человека и человекообразных обезьян, если бы их мозг не был бы «настроен» на нечто общее? А поскольку язык есть средство коммуникации, то он более «задействован» у человека с его большим количеством контактов, нежели в значительно меньших по численности группах человекообразных. Интересно,

что опыт, полученный в экспериментах по «передаче» языка обезьянам, сегодня с успехом используется при обучении ретардантов и умственно-отсталых людей [2]¹.

Наличие языкового потенциала мозга, никак не связанного с речью, показано за последние годы при изучении различных вариантов языка жестов [12—14], в частности американского и британского. Интересно, что в этих языках имеется грамматическая категория рода (его жестовый эквивалент). Род, как известно, в современном английском языке сохранен лишь в рудиментарном состоянии, влияя главным образом лишь на выбор тех или иных личных и притяжательных местоимений третьего лица. Когда же обладателям языка жестов приходится овладеть в процессе обучения английским, то их мозг «процессирует» последний как любой другой иностранный язык.

О центральном характере процессов, протекающих в мозгу при генерации речи, свидетельствуют исследования дислексии [15, 16]. Этим расстройством и во взрослом состоянии страдали такие известные литераторы, как Флобер и поэт Иейтс, а также известный изобретатель Эдисон в один из братьев Рокфеллеров — Нельсон. В литературе указывается, что дислексия имеет наследственный характер. Дети при «стрессовой» нагрузке не справляются с лексическими задачами, что является неплохим тестом на дислексию. Если таких детей просят выполнить тест в то время как они проходят по положенному на пол брусу, количество ошибок резко возрастает [15].

Еще одну возможность заглянуть в глубь мозга, генерирующего язык — в данном случае письменный, — представляет так называемое расстройство «одностороннего игнорирования» (ОИ). Совсем недавно была описана больная с поражением в области левой теменной доли, которая может читать только левую половину слов. При этом проблему для нее представляла правая половина слов независимо от их длины. Если ей предъявляли для прочтения слово *контраст*, она могла прочесть только *кон-* и не более. Если же длину слова увеличивали, предъявляя, например, слово *контрастность*, то она прочитывала *контраст* нормально, оставляя без прочтения *-ность*. В качестве проверки ей было дано задание нарисовать циферблат часов с расположением стрелок, указывающих время «без четверти 12». Она точно воспроизвела левую половину циферблата с цифрами от 6 до 12, оставив правую часть его совершенно чистой [17]. Исследователи сделали вывод, касающийся того, что при подобном рода расстройствах центр слова должен занимать в распознающих и «производящих» системах мозга некую фиксированную точку, что важно для процессинга информации, так или иначе связанной с написанием слов. При этом распознавание слова зависит от его презентации в памяти, где оно «зафиксировано» слева направо при фиксированном «центре». Поэтому левая половина слова распознается легче, нежели правая, которая идет после центральной точки. Выдвинуто предположение, что ОИ локализуется на центральном уровне, т. е. в коре, которая к тому же удалена от первичной зрительной в затылочных отделах полушарий.

В этой связи большой интерес представляет исследование кортикальной локализации языковой функции в левом доминантном полушарии 117 больных, подвергавшихся операции по поводу эпилептических судорог [18]. У 31 человека эти судороги были вызваны ростом доброкачественной глиомы во фронтальной и височно-теменных областях левого полушария. Локализация языковой функции осуществлялась с помощью точечного электрораздражения. Площадь раздражаемого участка не превышала 1—2 см. Такая площадь значительно меньше традиционных зон

¹ В приматологическом центре им. Р. Йеркса в г. Атланте (США) самец шимпанзе Канзи научился изготавливать каменные отщепы с помощью другого камня (см. [11]).

Брока и Вернике. Электрическое раздражение приводило к появлению ошибок в назывании предметов и других объектов, рисунки которых предъявлялись больным на слайдах в течение 4 сек. Амплитуда стимуляции не превышала 10 мАмпер, а время составляло 2,5 мсек.

У 67% больных было обнаружено два и более участков, раздражение точек в которых вызывало блок называния. Между этими точками располагается «неязыковая кора». Показано, что раздражение электрическим током ведет к инактивации популяций нейронов в результате их деполаризации. При этом точки вызванных «ошибок» не локализируются в первичной моторной или чувствительной коре вдоль роландовой борозды, поскольку больные ничего не ощущали. В качестве «подсказки» больным на слайдах писали начало фразы *это...*, которое они нормально читали. Таким образом, было показано, что восприятие стимулов и речь у них нормально сохранены. Нарушался при электростимуляции сам языковой процесс, процесс называния предметов.

Интересно, что чаще всего больные просто не могли воспроизвести название. Гораздо реже они употребляли жаргонные словечки и бессмысленные звукосочетания. Следует также отметить то, что ошибки не были специфичны для данного места раздражения. Наибольшее количество ошибок (79%) было отмечено в точке у основания роландовой борозды заднего отдела левой лобной доли («зона Брока»?). Однако нельзя сказать, что в этой точке процент ошибок увеличивался градуально: вокруг этой точки отмечались места с меньшим процентом ошибок, а вдали от нее — с большим. Выявлено некоторое отличие частоты ошибок по разным зонам между мужчинами и женщинами, особенно в группе людей с более низким уровнем интеллектуального языкового развития. Все это также свидетельствует о сложных генетических и физиологических механизмах, лежащих в основе функционирования мозга в процессе генерации языка.

Могли ли эти механизмы сложиться и начать адекватно функционировать за тот крайне короткий промежуток времени в 14 тысяч лет, которые отводят на развитие нестратического языка? Или правы те, кто говорит, что нестратическому языку не меньше 100 тысяч лет [19—23]? Если принять последнюю цифру, то она неплохо «ложится» на те новейшие данные, которые касаются наличия развитой подъязычной кости у неандертальцев, появления современного человека на Ближнем Востоке — в ближайшем соседстве к Анатолии, где предположительно располагался центр возникновения индоевропейских языков, а также на чисто генетические данные, свидетельствующие о миграции популяций из Африки в Азию.

Сказанное выше концентрирует наше внимание на мозге, который в самое последнее десятилетие стал особенно интенсивно изучаться благодаря возможностям нового поколения компьютеризированных приборов, получивших общее название «томографы».

Томографы²

Первый томограф был создан в 1973 г., за что его создатели, англичанин Г. Хаунсфилд и американец А. Кормак, были удостоены Нобелевской премии по медицине и физиологии. В самом начале 80-х годов был создан другой томограф, использующий для построения изображения принцип ядерно-магнитного резонанса (ЯМР-томограф). Еще через пять лет в строй вошел первый позитронно-эмиссионный томограф (ПЭТ). При этом виде томографии необходимо введение в организм больного или испытуемого короткоживущих радиоизотопов (по новой терминологии — «нуклидов»).

² Обширная литература приведена в статье [25].

Само слово «томограф» по своему происхождению восходит к двум греческим корням: *τομή* «среза, сечение, разрез» и *γραφή* «писать». В литературе по томографии часто встречается и латино-англоязычное «имэджинг» с тем же значением, что и «граф». Все три указанных вида томографии используются сегодня не только в клинике и не только при изучении поражений мозга. Их все активнее эксплуатируют «чистые» исследователи, а также исследователи, которые пытаются понять структуру, организацию и функционирование мозга, классифицируя огромные массивы данных, уже накопленных в разных местах [24—27].

Одним из подобных широкомасштабных исследований является попытка проанализировать томографические и клинические данные, полученные при анализе более чем полутора тысяч больных с различными поражениями головного мозга [26]. Интересен пациент по имени Босвел. Этот 50-летний мужчина способен удерживать какую-либо информацию не более 40 сек. Он вполне нормально может поддерживать разговор, но достаточно человеку, с которым Босвел разговаривал минуту назад, выйти за дверь, а потом вновь вернуться в комнату, больной воспринимает его как абсолютно незнакомого. ЯМР показал, что у Босвела совершенно разрушены полюса височных долей, а также знаменитая извилина морского коня, или гиппокамп (вследствие перенесения герпесного энцефалита). В результате потери этих важнейших областей Босвел не может формировать новую память и вспомнить что-либо о себе в прошлом или о своей семье. В этом отношении он абсолютно «безмолвен», хотя в остальном языковая способность у него сохранена.

В то же время Босвел сохранил память об определенных предметах, которые может вполне адекватно описывать словами, например, книгу, ее вес, кожаный переплет и стоимость. Таким образом, у него сохранены некоторые возможности категориального описания. Однако когда Босвелу показывают фотографию его жены, он отвечает, что это фото какой-то женщины примерно 50 лет. Полагают, что в данном случае мы имеем пример потери «конвергентных» зон, которые связывают память о прошлом опыте, но не затрагивают знание об объектах. В других случаях мозг теряет доступ к подобного рода информации, которую хранит в своих тайниках.

Сегодня возможности нейрохирургии настолько велики, что позволяют оставлять мозг в функционирующем состоянии даже после операций достаточно крупномасштабного характера. Так, компьютерный томограф (КТ) показал наличие фокального поражения левой височной доли после операции при избирательной неспособности дать категориальную характеристику тех или иных животных. Одного больного спрашивали, что такое «свинья», на что он мог ответить только, что это животное, и не более того. Таким образом, его «вход» на память был в результате поражения заблокирован при адресации со слуховой коры.

Если же этому больному показывали фотографию носорога, то он весьма полно описывал это африканское травоядное животное. Нарушение функции не отмечалось и при описании неодушевленных предметов. Таким образом, налицо мозаичность поражения языковой функции в коре мозга, о чем свидетельствуют и данные электрического раздражения, приводившиеся выше.

Другой больной с подобного рода поражением на вопрос о том, кто такой Солженицын, отвечал, что это русский писатель, живущий в настоящее время в США и т. д. Но если больному показывали фамилию писателя, напечатанную на листке бумаги, то он говорил, что это польский писатель конца XIX в., умерший до 1900 г. Подобные примеры приводились невропатологами и психиатрами и ранее, но впервые исследователи получили возможность анализировать и сравнивать все эти данные, опи-

раясь на прижизненный анализ структурной целостности живого функционирующего мозга с помощью томографов, что резко повышает ценность этих работ и наблюдений.

Постараемся теперь кратко охарактеризовать разные виды томографов. Для построения изображения в КТ используется просвечивающий ткань и кости рентгеновский излучатель. Поскольку костная ткань, мозговые структуры и желудочки мозга поглощают рентгеновские лучи в разной степени (кость — больше всего, спинно-мозговая жидкость в желудочках — меньше всего), компьютер анализирует спектры поглощения, строя на экране телевизионного дисплея послойные изображения различных срезов мозга. Наиболее часто в клинической практике используются срезы, параллельные плоскости, проходящей через середину глазных яблок и наружных отверстий слуховых проходов. Не менее часто можно видеть и фронтальные срезы (как бы «от уха до уха»). Реже всего — в рекламных или демонстративных целях, — изображение строится в продольном плане ото лба к затылку.

Толщина среза может не превышать 5 мм, хотя обычно такой высокой степенью разрешения не пользуются, увеличивая «шаг» до 1,5 см. Компьютер может выводить информацию на дисплей в цвете, что резко повышает информативность изображения. Разрешающая способность КТ повышается благодаря применению особых контрастных веществ, задерживающих рентгеновские лучи. Полученная информация может храниться на магнитных носителях и обычной рентгеновской пленке.

ПЭТ также использует для построения изображения источник излучения, но не внешний, а «внутренний» [27—30]. Для этого испытуемым или больным вводят внутривенно раствор короткоживущих изотопов, в частности воду или глюкозу с радиоактивным кислородом или углеродом, а также фтором, период полураспада которых равен 2—20 мин. При их распаде выделяются позитроны, или антиэлектроны, генерирующие кванты гамма-излучения. Сигнал подается в компьютер, который и строит изображение на экране.

Как отмечено в [29], ПЭТ показывает нейроны, которые участвуют в генерации языка. Особенность ПЭТа заключается в том, что он позволяет снимать динамические картины функционирующего языка, решающего ту или иную языковую или психологическую задачу. Короткое время полураспада нуклидов позволяет использовать их в качестве маркеров метаболических и физиологических процессов, которые протекают в работающих участках коры головного мозга человека, а также его подкорковых ганглиях.

При этом, конечно, фиксируется не сама работа нейронов, а изменения кровотока и метаболизма кислорода, которые важны для физиологии нейронных структур. Известно, что благодаря ауторегуляции кровотока в коре последний увеличивается для достаточного кровоснабжения работающих нейронных ансамблей. При этом нейрон получает свое главное «горючее» — глюкозу, а за счет окисления создается его энергия в виде молекул аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

Окисление глюкозы происходит при помощи кислорода воздуха, приносимого в данное место кровотоком. ПЭТ позволяет — при использовании разных радионуклидов, — регистрировать либо увеличение притока с кровью кислорода, его уменьшение и эффективность потребления, либо увеличение или уменьшение глюкозы. Так или иначе оба эти «маркера» уровня метаболизма позволяют достаточно адекватно оценить изменение активности нейронов в той или иной точке коры или подкорковых структур, которые участвуют в языковых процессах. На цветных ПЭТ-граммах участки повышенной активности показываются красным или белым цветом, резко отличая их от пассивного фона зеленого или синего цвета.

В отличие от КТ и ПЭТ ядерно-магнитный резонанс не использует никаких источников излучения. ЯМР основывается на интересном физическом принципе [26]. Известно, что ядра атомов вращаются вокруг своей оси со скоростью $16,7 \times 10^{15}$ об/мин. Протоны ядра несут положительный заряд, равный $+1$. Широко также известно, что движущиеся в пространстве электрические заряды в силу законов квантовой механики генерируют вокруг себя магнитное поле. Поскольку подобное вращение описывается английским словом *spin* (отсюда слова «спиннинг», «шпиндель»), то такой момент вращения получил название «магнитный спин».

Если к магнитным спинам протонов, т. е. ядер атомов водорода, приложить мощное внешнее магнитное поле — в 10 — 30 тысяч раз больше магнитного поля Земли, — то спины выстроятся вдоль силовых линий внешнего поля. Ядра водорода переходят в так называемое состояние с «высокой энергией», которое чрезвычайно нестабильно. Если теперь внешнее магнитное поле убрать, то ядра водорода начнут «релаксировать» и постепенно возвращаться в положение с исходной ориентацией спинов. При этом избыток энергии испускается в виде высокочастотного радиопулса. Этот радиопульс улавливается сверхчувствительными детекторами, преобразующими их в сигналы, совокупность которых подается в компьютер для построения изображения. Выстраивание ядерных спинов вдоль силовых линий внешнего магнитного поля можно сравнить с четкими рядами солдат на военном параде. Когда же дается команда «вольно», порядок нарушается и люди начинают двигаться хаотично.

На практике при ЯМР-томографии человека помещают в огромный соленоид, или трубчатый магнит. Затем на ядра атомов водорода подается радиопульс, частота которого равна прецессии осей магнитных спинов протонов (2000 об/сек). Прецессией называются круговые движения оси волчка или юлы, которые тем больше, чем больше отклоняющий ось импульс. Поскольку радиочастота соответствует частоте прецессии, то говорят о резонансе или, лучше, резонансной частоте. Приемная антенна как раз и улавливает эту самую резонансную радиочастоту сигнала, испускаемого ядрами, о чем говорилось выше. Это также объясняет, откуда в названии данного вида томографии появляется слово «резонанс». Полностью аббревиатура ЯМР расшифровывается следующим образом: «резонансное излучение при возвращении магнитного спина ядер атомов в исходное положение».

Атомы водорода входят в состав молекул воды, которой богата мозговая ткань. Белое и серое вещество различаются по содержанию воды: в белом веществе ее не более 75%, в сером — из-за большей плотности кровеносных сосудов (васкуляризации) — концентрация воды достигает 80%. Регистрация этого отличия делает ЯМР-томографию наиболее чувствительной разновидностью этих исследований. Недаром говорят о ЯМР высокого разрешения. Переходим к описанию конкретных результатов, полученных при лингвистических исследованиях с помощью различного вида томографов.

Выше уже указывалось важнейшее значение процессов памяти для нормального функционирования структур мозга, отвечающих за язык. У трех больных с известным началом амнезии (нарушения памяти) исследовали мозг на ЯМР-томографе высокой степени разрешения (у одного из них нарушения памяти начались после кратковременной остановки дыхания, произошедшей в результате эпилептического припадка). Как и у Босвела, у всех троих оказались пораженными нейронные структуры гиппокампа с обеих сторон, а также различные структуры неокортекса. На фронтальных ЯМР-томограммах показано уменьшение площади поперечного сечения гиппокампа на 49%, что говорит о его атрофии.

КТ и ЯМР позволяют визуализировать повреждения мозговой ткани

и соотносить их с динамикой функции мозга после ее поражения, например, в результате разрыва мозговых сосудов. ЯМР, в частности, был использован при исследовании 20 таких больных, наблюдавшихся в течение двух лет с момента сосудистого приступа. При этом показано, что в отдельных случаях дефект мозговой ткани на ЯМР-томограммах соответствует нарушению когнитивной функции. У 7 больных были выявлены инфаркты белого вещества. Нейропсихологические последствия оценивались по шкале умственного развития, при этом фиксировались нарушения памяти и пространственной перцепции, скорость зрительного восприятия, процессинга информации и степень сосредоточения внимания, а также его рассеяния, умение формулировать определения, вербальная способность, логичность мышления и т. д.

В другой работе была выявлена более четкая корреляция данных КТ и психологических тестов, включавших и лингвистические. В общей сложности было обследовано 118 больных, которых просили сделать прямой и обратный счет, определяли память на пары слов, задавали семантические задачи ориентирования, проверяли объективную память и способность распределить слова по категориям.

Наибольшие поражения данных функций отмечались при повреждении латеральных отделов левого полушария в бассейне средней мозговой артерии. При этом у больных фиксировали замедление речи, путаницу в определении цветов и назывании предметов, нарушение вербальной памяти, трудности в решении категориальных задач. Эти данные совпадают с упоминавшейся работой по электрическому раздражению точек коры левого полушария в районе роландовой борозды и височной доли.

При фронтально-медиальных поражениях отмечалось нарушение способности определить предмет на ощупь. Тяжелая форма амнезии наблюдалась при билатеральном поражении гиппокампа и латерального отдела зрительного бугра (таламуса).

Неоценимой важности информацию удается получить при исследовании с помощью КТ и ПЭТ больных и здоровых людей, у которых отмечаются те или иные расстройства речи, а также при решении лингвистических задач. Рассмотрим сначала те данные, которые были получены у нормальных испытуемых. При предъявлении им обычных слов, написанных печатными буквами, происходит существенное увеличение регионального кровотока в первичной зрительной коре затылочной области полушарий. Осмысление содержания слова приводило к появлению очага активности в нижнем отделе задней области левой лобной доли. Уровень активности особенно увеличивался при решении семантических заданий.

Не меньший уровень возбуждения отмечался в зрительной коре и при предъявлении словоподобных буквосочетаний (например, ПАНАТ), не имеющих смысла. Но оно практически отсутствовало, когда испытуемым предъявляли бессмысленные буквосочетания и буквоподобные рисунки. Естественно, что восприятие слов на слух приводило к возбуждению первичной слуховой коры в извилине Гешле (дно сильвиевой борозды, отделяющей височную долю). Более интересно различие локализации очагов повышения метаболической активности при «думании» словами и при произношении слов.

В первом случае очаг локализовался на основании левой лобной доли, а во втором в области моторного представительства прецентральной извилины, идущей спереди вдоль роландовой борозды. Эти данные представляют огромный теоретический и практический интерес. Важно было бы их сравнить с данными, полученными на обезьянах, которые овладели «языком» символов.

В этом отношении возможности ПЭТ просто неограниченны. ПЭТ поз-

воляет визуализировать физиологические процессы во времени. Одним из важных результатов, полученных с его помощью, было открытие сложных закономерностей при решении чисто лингвистических задач. ПЭТ показал, что при генерировании речи процесс возбуждения захватывает не какие-то ограниченные «центры», постулировавшиеся старыми гипотезами, но представляет собой многокомпонентную систему, зависящую от памяти, процессов мышления, концентрации внимания, а также внутренних «кодов» отдельных слов. Показано, что широко известная зона Вернике не возбуждается при пронанесении отдельных слов. Это было выявлено в ходе экспериментов, при которых испытуемых просили произносить предъявляемое слово вслух. При этом процесс возбуждения не захватывал зону Вернике. В ходе следующего эксперимента испытуемых заставляли односложно определять слово-стимул, что позволяло выявить семантические ассоциации (например: «кекс» — еда, есть). И здесь увеличения локального мозгового кровотока в структурах зоны Вернике не происходило. В ходе указанных экспериментов было сделано одно довольно неожиданное открытие. Оно заключается в том, что в правом контралатеральном полушарии тоже происходит увеличение локального мозгового кровотока, что свидетельствует о наличии очага возбуждения в полушарии, которое не участвует в генерации речи. Таким образом, торможение в симметричной области правого полушария тоже требует затраты энергии, чтобы не «мешать» работе зоны Брока в левом полушарии. Думается, что этот и другие описанные факты нуждаются в более детальном осмыслении [25, примеч. 37].

При всей важности исследования коркового представительства речевой и языковой функции необходимо учитывать его «размытость» и вариабельность, о чем говорилось выше. В этом отношении не меньшего внимания должно заслуживать подобное представительство в подкорковых ганглиях, где оно гораздо более компактно. И при его оценке томографы опять же играют существенную роль.

Кора, как известно, активируется импульсами, поступающими из зрительного бугра, или таламуса. У двух больных с выраженными нарушениями чтения и письма ПЭТ позволил выявить инфаркты, локализованные в переднем отделе левого таламуса. У больных сохранялась речь и понимание смысла того, что им говорят. Однако при написании под диктовку японских иероглифов (азбука «канджи») отмечалась визуальная подмена, семантическое искажение и подмена знака, а также неполное написание символа. Эти данные свидетельствуют о более локализованном виде указанной функции в таламусе, нежели в коре.

В другом случае дисграфия была отмечена у 46-летнего бизнесмена, который 1 сентября 1988 г. проснулся с нарушением памяти: он забыл, как пользоваться турникетом метро, открывать сейф на работе, жаловался на слуховые галлюцинации (слышал голоса, произносившие слова шепотом). После написания совершенно бессмысленного отчета по работе его отправили в психиатрическую клинику, откуда, разобравшись, перевели в неврологическое отделение. КТ на 6-й день заболевания обнаружил наличие локального субкортикального инфаркта в левом полушарии в области колена и головки хвостатого ядра, захватившего переднюю часть левого таламуса. Таким образом, поражению подверглась та же часть подкорковых структур, что и у описанных выше больных с нарушениями иероглифического письма. ПЭТ показал уменьшение локального мозгового кровотока и метаболизма кислорода, особенно в левой лобной и височной долях, а также в левом таламусе и правом полушарии мозжечка. Уменьшение достигало 10—26%. Психологическое тестирование по шкале оценки интеллекта Уэслера (для взрослых) показало, что повышение вербального коэффициента интеллектуальности началось с 16-го дня (хо-

тя неврологически больной восстановился уже к 7-му дню). К 27 дню этот коэффициент поднялся с 83 до 118. Речевая способность полностью восстановилась к 33 дню; то же относится и к парам связанных по смыслу слов. Тем не менее этот человек отмечал нарушение вербальной памяти. ПЭТ позволил предположить наличие дефекта в системе волокон, идущих от таламуса к корковым отделам левой лобной и височной коры и играющих очень важную роль [31]. Именно этим можно объяснить нарушения в написании пероглифов под диктовку, что также отмечалось и в этом случае.

Особое внимание обращает на себя нарушение кровотока и метаболизма в мозжечке на стороне, контралатеральной поражению таламуса. Это очень интересно в свете работы, в которой было выявлено наличие мутизма (немоты) после операций на задней черепной ямке ([32], ср. [34]). Задней черепной ямкой у нейрохирургов называется область черепа, в которой локализируются мозжечок и ствол мозга. В общей сложности наличие мутизма было проанализировано у 18 детей в возрасте от 2 до 11 лет.

«Мозжечковый» мутизм описан впервые только в 1985 г. До этого хорошо была известна моторная афазия, возникающая при поражении зоны Брока, акинетический мутизм, т. е. немота на фоне полной обездвиженности при поражении области третьего желудочка по средней линии мозга и т. д. Таким образом, выявлена роль мозжечка в «языкотворчестве», что несколько неожиданно (но к этому придется привыкать, поскольку нас ждут еще многие открытия в области изучения мозга, который мы еще не знаем). Правда, следует отметить, что мутизм, возникающий при затрагивании мозжечка, благополучно проходит через 18—72 часа после вмешательства, свидетельствуя тем самым, что это функциональное расстройство, а не органическое поражение.

Стоит напомнить и о дислексии, которая усиливается при прохождении дислектика по бревну, положенному на пол. Не есть ли это также отражение влияния мозжечка, наиболее ярко проявляющееся в постоперационном мутизме и подтвержденное позитронно-эмиссионной томографией?

В заключение хотелось бы еще раз подчеркнуть, что языкознание в самые последние годы сделало огромный шаг в своем экспериментальном развитии, что приблизило нас к пониманию функции мозга, проявляющейся в генерации и процессинге языка как такового. При этом экспериментальные подходы дают свои результаты в самых неожиданных областях, которые еще несколько лет тому назад никак не ассоциировались с языком. Огромную роль играют и томографы, которые позволили заглянуть в живой и здоровый функционирующий мозг, генерирующий языковые реалии. И в этом смысле томографы просто неопределимы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азутина Т. В. Порождение речи. М., 1989.
2. Лаалаану И. Э. Шестой день творения. М., 1989.
3. Cavalli-Sforza L. Reconstruction of human evolution // Proc. the National Academy of sciences. 1988. V. 85. № 16.
4. Gibbons A. Looking for the father of us all // Science. 1991. V. 251. № 4992.
5. Smith J. The Y of human relationships // Nature. 1990. V. 344. № 6267.
6. Sutherland S. Genes and Babylon tower // Nature. 1988. V. 336. № 6200. P. 622.
7. Arensburg B., Tiller A., Vander B. A middle paleolithic human hyoid bone // Nature. 1989. V. 338. № 6218.
8. Bunney S. Neandertals weren't so dumb at all // New scientist. 1989. № 1671 P. 43.
9. Marshall J. Larynx of the language // Nature. 1989. V. 338. № 6218. P. 702.
10. Премак Д. «Гавагай», или будущая история дискуссий о языке животных // В мире науки. 1987. № 1.

11. *Lewin R.* Chimp learns stone-age use of tools // *New scientist*. 1991. № 1757. P. 21
12. *Petitto L. A., Marentette P. F.* Babbling in the manual mode: evidence for the ontogeny of language // *Science*. 1991. V. 251, № 5000.
13. *Gleason J.* Social signs // *Science*. 1990. V. 247. № 4946.
14. *Vines G.* Signs of change // *New scientist*. 1990. № 1740.
15. *Ferry G.* Dyslexia and psychology of the written word // *New scientist*. 1985 № 1475.
16. *Lloyd V.* «Lysdextia» // *Newsweek*. 1979. 12. March. P. 92.
17. *Sutherland S.* Unilateral neglect // *Nature*. 1990. V. 346. № 6281.
18. *Ojermann G. et al.* Cortical language localization // *Journal of neuro-surgery*. 1989. V. 71. № 3.
19. *Allman W.* The mother-tongue // *US news and world report*. 1990. 5. November
20. *Diamond J.* The talk of the Americas // *Nature*. 1990. V. 344. № 6267.
21. *Howlett R.* Between biology and culture // *Nature*. 1990. V. 347. № 6294.
22. *Lewin R.* Linguists search for the mother tongue // *Science*. 1988. V. 242. № 4882
23. *Morell V.* Confusion in earliest America // *Science*. 1990. V. 248. № 4954.
24. *Лалаянц И. Э., Милованова Л. С.* Томографы // *Вопросы психологии*. 1991. № 1
25. *Palca J.* Insights from broken brains // *Science*. 1990. V. 248. № 4957.
26. *Белова Т. В.* Новейшие томографы // *США*. 1990. № 5.
27. *Лалаянц И. Э., Белова Т. В.* На экране движение мысли // *Наука и жизнь*. 1990. № 8.
28. *Bylinsky G.* The inside story on the brain // *Fortune*. 1990. 3. December.
29. *Leblanc R., Meyer E.* Functional PET scanning in assessment of cerebral arteriovenous malformations // *Journal of neurosurgery*. 1990. V. 73. № 4.
30. *Longmore D.* MRI brings 3-D precision to cardiovascular imaging // *Documenta CIBA-Geigy*. 1990. № 3. P. 5-6.
31. *Lai C.* A case of left internal capsular infarction with auditory hallucination and peculiar amnesia and dysgraphia // *Brain and nerve*. 1990. V. 42. № 9.
32. *Ferrante L.* Mutism after posterior fossa surgery in children // *Journal of neurosurgery*. 1990. V. 72. № 6.