

КРАТКИЙ ОБЗОР АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ СОВРЕМЕННОЙ НЕЙРОЛИНГВИСТИКИ

Заманбап нейролингвистиканын аппараттык каражаттарынын кыскача кергезмеси

A Brief Review of Modern Neuro Linguistic Hardware

Аннотация: В данной статье приводится краткий обзор современных аппаратных средств, применяемых в исследованиях нейрофизиологических основ языковой деятельности человека. Перед нейролингвистикой стоит задача как можно более точной локализации языковых функций и отслеживания процесса возбуждения нейронов во времени. Рассматриваемые в данной статье аппаратные средства обладают ограниченными возможностями с точки зрения решения обеих задач одновременно. Это обуславливает необходимость использовать комбинацию из несколько методов для получения релевантных результатов и усложняет интерпретацию полученных в ходе эксперимента данных.

Аннотация: Бул макалада адамдын тил эмгегинин нейрофизиологиялык негиздерди изилдөөдө колдонуучу азыркы учурдагы аппараттык каражаттар туралуу кыскача чагылдырылган. Нейролингвистиканын алдында тил функцияларынын так локалдашуусу жана нейрондордун козголуу процессин изилдөө маселеси турат. Бул макалада каралган аппараттык каражаттар эки маселени бир убактытта чечүүдөгү чектелген мүмкүнчүлүктөрдү камтыйт. Бул, керектүү жыйынтыкты алуу үчүн комбинацияны бир канча ыкмалар аркылуу колдонууга алып келет, жана тажрыйбадагы маалыматтардын түшүндүрмөлөрүн татаалдатат.

Annotation: The article is a brief review of modern hardware used in neurolinguistics for revealing brain foundations of language-related activity. The task of neurolinguistics is to determine, with the highest possible precision, both spatial and temporal characteristics of neural response to a language-related stimulus. The review shows that both tasks cannot be solved with one instrument. Due to the technical restrictions of the hardware, neurolinguists have to employ a combination of methods in one experiment to obtain relevant results. It also complicates interpretation of the experimental data.

Ключевые слова: Нейролингвистика, позитронно-эмиссионная томография, функциональная магнитно-резонансная томография, электроэнцефалография, магнитоэнцефалография.

Урунттуу сөздөр: Нейролингвистика, позитрондуу-эмиссиялык томография, функционалдык магниттик резонанстык томография, электрондук энцефалография, магниттик энцефалография

Key word: Neurolinguistics, positron emission tomography, functional magnetic resonance imaging, electroencephalography, magnetoencephalography.

Со времен Поля Брока (1824-1880) и Карла Вернике (1848-1905) ученые не оставляют надежды разгадать тайну человеческого мозга. Какие области мозга отвечают за какие функции? Может ли одна и та же область мозга обрабатывать различные виды информации? Чем отличается от мозга обычного человека мозг гения? Как человеческий мозг принимает решения? Каким образом мозг реализует языковую способность? Вот далеко не полный список вопросов, которые приходят в голову, как только начинаешь думать о человеке как о *Homo sapiens*. Видовое имя человека предполагает, что от всех других животных мы отличаемся способностью мыслить. Но что является основным инструментом мышления? Ответ прост - язык как «продукт наиболее сложных форм психической деятельности человека» [1, с. 65]. Следовательно, из всех вопросов, приведенных выше, самым важным и, вместе с тем, самым интригующим, является последний. Тем более он интересен ученым-лингвистам. Для современной лингвистики выявление нейрофизиологических основ языковой деятельности - это тот Гордиев узел, распутав который

(именно распутав, а не разрубив) мы получим возможность создать единую теорию языка, теорию способную на основе единой универсальной терминологии описать и/или предсказать любое языковое явление в любом, даже гипотетическом, языке. Не имея ни стройной теории языка, ни стройной теории функционирования мозга, на современном этапе нейролингвистика вынуждена ограничить себя лишь одним видом исследований – локализацией языковых функций. Изучение этого вопроса уже дало немалые результаты, продуктивность которых напрямую зависит от точности того инструментария, который используется в исследованиях. Метод афазий долгое время был единственным достоверным методом в этой области. Однако, последние десятилетия подарили нейролингвистике уникальную возможность – исследовать языковые функции на живом и здоровом мозге. Аппаратные средства, с помощью которых реализуются эти возможности, и являются предметом данной работы.

В настоящее время существуют несколько различных методов исследования активности головного мозга человека. Эти методы основаны на двух принципах: изменение электрической активности мозга и изменение кровотока в мозге в ответ на определенные стимулы. Электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитоэнцефалография (МЭГ) – методы, базирующиеся на первом принципе. Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) и функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ) – на втором[2, с. 31]. Особняком стоит метод транскраниальной магнитной стимуляции (ТМС). Этот метод заключается в стимуляции (неинвазивной) коры головного мозга магнитными импульсами. Таким образом искусственно вызывается временная и точно локализованная афазия. Это позволяет исследователям делать выводы об участии или неучастии данной области мозга в той или иной деятельности. В данной работе будут рассматриваться только наиболее распространенные методы, а именно ЭЭГ, фМРТ и ПЭТ.

При предъявлении того или иного стимула, в коре головного мозга испытуемого происходят изменения, которые можно зафиксировать различными аппаратными средствами. Эти изменения заключаются в изменении электрической активности и увеличении кровотока в активной зоне, а также в изменении состава крови. Для фиксации изменений электрической активности в той или иной области мозга применяют метод ЭЭГ, который получил в последнее время интенсивное развитие [3, с. 133] Для фиксации изменений кровотока – фМРТ и ПЭТ. Два последних метода можно назвать гемодинамическими. Наиболее распространенным гемодинамическим методом является фМРТ, которая позволяет «локализовать участок активности с высоким пространственным разрешением» [3, с. 134]. Этот метод, в отличие от ПЭТ, не связан с использованием радиоактивных веществ и, поэтому, может использоваться с меньшим количеством ограничений. Кроме того, этот метод позволяет фиксировать изменение состава крови, которая поступает к активной области мозга. Считается, что та часть мозга, которая участвует в выполнении определенной задачи, нуждается в большем количестве энергии. Следовательно, к ней поступает большее количество крови, и эта кровь более насыщена кислородом. Для регистрации и визуализации этих изменений испытуемого помещают в постоянное магнитное поле высокой напряженности и воздействуют на него радиочастотными импульсами определенной резонансной частоты. При этом происходит переориентация магнитных моментов молекул с ненулевым спином и излучение электромагнитной энергии на определенной частоте. Это и фиксируется детекторами магнитно-резонансного томографа. На основе этих данных с помощью специальных алгоритмов строится изображение головного мозга испытуемого. Такое изображение показывает, какие именно области мозга были задействованы при обработке предъявленного стимула.

Позитронно-эмиссионная томография – еще один метод, позволяющий отслеживать изменения в кровотоке головного мозга. Физиологическое обоснование этого метода такое же, как и у метода МРТ, однако, физика процесса иная. В кровь испытуемого вводится вещество, содержащее радиоактивную метку. Такое вещество называется радиофармпрепаратом. В качестве метки обычно используются следующие радионуклиды: углерод-11, азот-13, кислород-15, фтор-18. При бета-распаде радионуклидов образуются позитроны, которые при столкновении с электронами аннигилируют с выделением двух гамма-квантов определенной энергии. Это гамма-излучение регистрируется детекторной системой томографа. Полученные данные используются для визуализации. В нейролингвистической практике в качестве радиофармпрепарата используется глюкоза.

Оба описанных выше метода имеют свои достоинства и недостатки, как общего характера, так и

применительно только к лингвистическим исследованиям. Позитронно-эмиссионная томография предполагает введение радиоактивного вещества в организм испытуемого. Это ограничивает количество сканирований с участием одного и того же человека. Кроме того, для получения конечного изображения на ПЭТ требуется несколько минут. Следовательно, существуют серьезные ограничения на постановку лингвистического эксперимента. За такое длительное время в мозге испытуемого могут произойти изменения, которые не позволят правильно интерпретировать полученный результат. В исследованиях с ПЭТ испытуемому предъявляют только один тип стимулов, что далеко не всегда удовлетворяет нужды исследователей. У магнитно-резонансной томографии, в отличие от ПЭТ, такого недостатка нет. Визуализация здесь занимает несколько секунд, а не минут. Это позволяет использовать в эксперименте стимулы различного типа. Однако магнитно-резонансный томограф, в отличие от позитронно-эмиссионного, производит много шума. Это делает его очень неудобным инструментом при исследовании реакций мозга на акустические стимулы. Принимая во внимание тот факт, что первичной формой существования и функционирования языка является звуковая форма, МРТ нельзя назвать идеальным методом лингвистических исследований. Кроме того, у обоих методов имеется ряд общих недостатков, не критичных, возможно, для других областей исследований, но принципиальных для лингвистики. Изменение кровотока в мозге происходит довольно медленно по сравнению со скоростью обработки мозгом языковой информации. Увеличение кровотока достигает своего пика примерно через шесть секунд после предъявления стимула. Известно, что человек способен понимать предложения со скоростью примерно три слова в секунду [4, с. 57]. Таким образом, гемодинамические методы не позволяют нам исследовать быстрые процессы. При использовании этих методов так же затруднена интерпретация полученных данных. Обычно в ответ на предъявления какого-либо стимула активируется не одна, а несколько областей мозга и не все они ответственны за реакцию на данный конкретный стимул. К тому же, неясно «соотношение ингибирования и возбуждения в общей активности мозга» [4, с. 44].

Список цитируемых источников:

1. Выготский Л.С. Мышление и речь. М., 1999. С.352
2. Слюсарь Н.А. Введение в экспериментальные исследования грамматики. СПб., 2019. С.74
3. Савостьянов А.Н., Пальчунов Д.Е. Когнитивные исследования и нейролингвистика: современное состояние и перспективы дальнейших исследований //Вестник Томского государственного университета. 2013. №368. С.133-140
4. Balazs Gulyas. Functional Neuroimaging and the Logic of Brain Operations // Biological Foundations and Origin of Syntax. StrungmannFotum Reports. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 2009. pp. 41- 59.

Рецензент: Исабекова Б.А. – профессор кафедры иностранных языков Кыргызского экономического университета им. М. Рыскулбекова