

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ В ТРАДИЦИОННОЙ ФИЗИОЛОГИИ



Елена Саваневская,
старший преподаватель
кафедры физиологии
человека и животных
БГУ, младший научный
сотрудник НИЛ физиологии
биологического
факультета БГУ



Анатолий Чумак,
заведующий кафедрой
физиологии человека
и животных БГУ, доктор
биологических наук,
профессор

Стремительная и глубокая компьютеризация всех аспектов человеческой деятельности не обошла набор технических средств, применяемых для оценки работы мозга. Среди современных нейроимиджинговых методов исследования живого мозга электроэнцефалография (ЭЭГ) занимает ведущее место прежде всего благодаря уже имеющимся наработкам, а также оснащению аппаратов современными производительными компьютерами. Такое оборудование широко используется в клинике для диагностики неврологических и психических расстройств, однако возможности, которые открывают современные электроэнцефалографы-полиграфы в физиологии мозга, не исчерпываются медицинскими целями. Ведь выявление свойств самой загадочной структуры живого организма связано с задачами психологии, лингвистики и даже науки о питании – нутрициологии, поскольку формирование аппетита у людей затрагивает многие аспекты жизни общества. Благодаря новой методологии удалось приблизиться к решению давно сформулиро-

ванных проблем нейрофизиологии, в том числе касающихся таких фундаментальных понятий, как ощущение, внимание, сознание, мышление, память. Выяснилось, что осознаваемые и неосознаваемые процессы в организме широко взаимодействуют между собой. Пример – языковая грамматика, в процессе речи требующая вовлечения не только коры большого мозга, как было понятно ученым и в прошлые десятилетия, но и лимбической системы, ответственной, казалось бы, за поддержание процессов жизнедеятельности. В ней обнаружены эмоциональные подсистемы, от которых зависит поведение, в том числе appetitive.

При оценке вкуса различных веществ и реализации программ пищевого поведения афферентным (чувствительным) аппаратам нервной системы отведена ключевая роль. Давно известно, что в смешанных по составу нервных стволах (а других практически нет в организме) чувствительные волокна преобладают. Не исключение и те ветви, которые связывают язык и структуры серого вещества мозга, включая самые высшие его отделы.

Несмотря на то, что именно развитая кора больших полушарий отличает человека от других млекопитающих, высшие психические функции – не единственное преимущество, предоставляемое нам неокортексом. Осуществление функций высшей нервной деятельности происходит исключительно на основе информации о состоянии внешней среды. В 1970 г. академик П.К. Анохин предложил схему целенаправленного поведенческого акта, который, по его мнению, вне зависимости от степени сложности, начинается со стадии так называемого афферентного синтеза. Под этим понималось, что до начала действия в структурах головного мозга протекают процессы аккумуляции и синтеза всех сигналов из внешнего мира. В свою очередь, преобразование энергии внешних раздражителей в нервный код и передача его в структуры ЦНС, венцом которой является кора большого мозга, – задача сенсорных систем.

Условия для создания и реализации программы действий создаются только в результате интеграции афферентных возбуждений, поступающих по всем активируемым сенсорным каналам. Таким образом, в тот момент, когда обедающий человек, желающий приправить свою порцию супа перцем, ищет его среди столовых приборов, обоняет аппетитный запах блюда, в коре его мозга реализуется сложнейшая программа межнейронных электрохимических коммуникаций.

Как происходит восприятие и оценка сенсорных сигналов? Эволюционным приспособлением для высокоспецифического восприятия раздражителей различных сенсорных модальностей являются рецепторные аппараты. Они, подобно переводчикам, обеспечивают трансформацию энергии раздражителя из той физической формы, которая свойственна ему во внешней среде, в форму разности мембранных потенциалов воспринимающих клеток, которые либо сами являются нейронами (такой рецептор – первично чувствующий), либо находятся с ними в непосредственном контакте. Например, после попадания в ротовую полость разнообразные молекулярные составляющие красного или черного перца осуществляют лиганд-рецепторное взаимодействие с мембранными рецепторами вкусовых чувствительных клеток языка. Среди таких молекул-рецепторов открыты сенсоры глюкозы, соли, кислоты, горечи и аминокислот. Чувствительные клетки, в мембранах которых идентифицированы эти молекулярные сенсоры, бывают разными, функции их до конца не определены. Одни

из них ответственны за специфическое распознавание молекул пищи, другие – за трансформацию химического сигнала в электрический импульс, третьи – за передачу его на мембраны чувствительных нейронов. Так происходит уже достаточно хорошо изученный процесс генерации сигнала в рецепторном отделе вкусового анализатора.

При всей сложности молекулярных процессов, приводящих к распознаванию и специфическому связыванию вкусовых агентов в ротовой полости, процесс формирования вкусового ощущения протекает далеко за пределами полости рта. Покинув ее и перемещаясь по множеству отростков чувствительных клеток, нервный импульс от рецепторов поступает в структуры центральной нервной системы. Его путь протекает через множество стволовых и подкорковых структур и завершается в коре больших полушарий, где и формируется вкусовое ощущение. И именно этот момент является белым пятном в современной физиологии.

Трудность исследования любого центрального процесса заключается в том, что проследить путь нервного сигнала на этапе, когда он покидает аксоны афферентных нейронов и распространяется по многим нейронам, осуществляющим даже начальные этапы обработки сигнала, довольно проблематично. Современные электрофизиологические методы позволяют лишь косвенно судить об этом по суммарной электрической активности мозга в тех анатомических областях, в которых предположительно располагаются нейроны, ответственные за обработку вкусовой информации. Тем не менее такие методы по своей информативной значимости сопоставимы с более дорогими и инвазивными, включая функциональную магнитно-резонансную томографию или позитронно-эмиссионную томографию, которые дают медленно развивающийся сигнал.

Более точно соотнести по времени стимул и реакцию позволяет высокоскоростной прием – электроэнцефалография. Он основан на отведении электрических потенциалов от поверхности волосистой части головы в сравнении их с потенциалами, отведенными от точки сравнения. Это позволяет вычлени из сигнала суммарную электрическую активность мозга. Разрешающая способность метода ниже, чем у томографии, однако ее можно повысить путем увеличения числа электродов на скальпе. Для ЭЭГ также разработана имиджинговая технология. Это так называемое спектральное картирование – выявление участка, характеризующегося наиболь-

шей мощностью спектра ЭЭГ. Под мощностью понимают показатель, получаемый после математической процедуры Фурье-преобразования первичного ЭЭГ-сигнала.

Пока не существует возможности идентифицировать в коре полушарий большого мозга цепочку синаптически связанных нейронов, по которой проходит импульс, поступающий от вкусовых рецепторов. Однако мы можем в форме электрического сигнала зафиксировать все многообразие импульсов, возникающих в коре больших полушарий в момент попадания в рот кусочка перца. Пусть это не позволит описать корковые механизмы, благодаря которым мы способны идентифицировать перец во рту, но путем подбора релевантных проб можно косвенно судить о принципиальных закономерностях корковой рецепции вкуса.

Одна из подобных закономерностей – неодинаковое расположение групп нейронов, ответственных за ощущение вкусов различных модальностей. Несмотря на то, что идея функционального картирования коры больших полушарий на фоне открытия явления нейропластичности, по-видимому, навсегда останется невоплощенной, стремление найти анатомические ориентиры многим функциональным доминантам мозговой активности побуждает ученых использовать имиджинговые технологии. Они позволяют точнее локализовать мозговую активацию, возникающую при вкусовой рецепции тех или иных продуктов питания, и сделать выводы относительно уровня функциональной дифференцированности нейроцитов вкусовой коры.

В качестве примера на рисунке представлены образцы частотного картирования спектров ЭЭГ, зарегистрированные с помощью аппаратно-программного комплекса «Нейрон-Спектр-4» (ООО «Нейрософт», РФ) в ходе «слепого» тестирования добровольцем разновидностей перца. Детали методики опущены, испытуемому при записи ЭЭГ-сигнала на язык помещался образец, после чего человек сообщал о вкусовом ощущении. Можно заметить, что его возникновение от разных пищевых форм жгучего перца (кашица из мякоти сочного образца и пряность, изготовленная из высушенных плодов) сопровождалось очевидным повышением мощ-

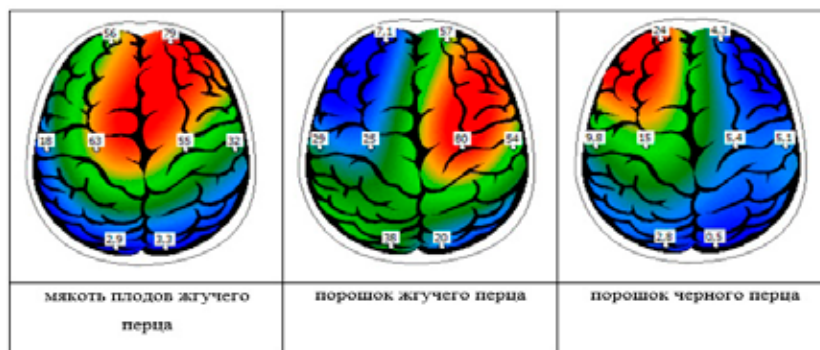


Рисунок. Результаты картирования спектральной мощности ЭЭГ при предъявлении порошка жгучего перца, мякоти плода перца рода *Capsicum* и порошка черного перца у отдельно взятого испытуемого. В белых квадратах на схемах – мощность бета-частот (мкВ²). Шкала цвета от синего к красному – возрастание мощности ЭЭГ

ности сигнала во фронтальной области скальпа справа, хотя расположение локуса и численные значения различались. В то же время тестирование испытуемым пряности черного перца приводило к локализации максимальной мощности с противоположной стороны. Таким образом, методика частотного картирования ЭЭГ позволяет косвенно судить о расположении нейронных сетей вкусового восприятия по локализации максимальной активности при органолептическом тестировании даже довольно схожих вкусов.

Специфично ли расположение нейронных сетей, ответственных за распознавание вкуса продуктов в коре большого мозга? Или он использует имеющиеся нейронные сети для анализа многих процессов? Скорее верно последнее предположение. По имеющимся данным, электрическая активность мозга при формировании речи усиливается в тех же частях коры, которые вовлечены в оценку жгучести перца.

В литературе появляются все новые публикации, связанные с результатами исследований функций мозга. Но до сих пор нет ясности, где и как локализованы и распределены его функции, как устроено сознание, внимание, откуда берутся осознаваемые умозаключения при восприятии сигналов, каковы пределы мощности мозга и приблизится ли в обозримом будущем к ней компьютер. Да и соотношение врожденного и приобретенного в мозге до сих пор не установлено, а ведь это главный мировоззренческий вопрос современной нейрофизиологии. ■