

Щербакова Ирина Викторовна, старший преподаватель,
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского, Саратов
Scherbakova Irina Viktorovna, Saratov State Medical University
named after V.I. Razumovsky, Saratov

Гудков Григорий Александрович, студент,
ФГБОУ ВО Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского, Саратов
Gudkov Grigory Alexandrovich, Saratov State Medical University
named after V.I. Razumovsky, Saratov

ПОНЯТИЕ СЕНСОРНОГО КОДИРОВАНИЯ. ОСНОВЫ КОДИРОВАНИЯ ЗАПАХОВ THE CONCEPT OF SENSORY CODING. BASICS OF ODOR CODING

Аннотация: В статье рассматривается понятие сенсорного кодирования. Особое внимание уделяется основным аспектам кодирования запахов. Рассматривается проблема влияния высокочастотной активности на процесс кодирования запахов в мозге.

Abstract: The article discusses the concept of sensory coding. Particular attention is paid to the basic aspects of odor coding. The problem of the influence of high-frequency activity on the process of encoding odors in the brain is considered.

Ключевые слова: Сенсорное восприятие, сенсорное кодирование, кодирование запахов, нейроны, обонятельный эпителий, рецепторные нейроны.

Keywords: Sensory perception, sensory coding, odor coding, neurons, olfactory epithelium, receptor neurons.

Понятием «сенсор» в технике называется чувствительный элемент датчика, однако это понятие применимо и к человеческому организму. Сенсорная система человека представляет собой целую совокупность периферических и центральных структур нервной системы, ответственных за восприятие сигналов различных модальностей из окружающей или внутренней среды.

Рецепторы, нейронные «проводящие пути» и отделы головного мозга, ответственные за обработку сигналов, составляют единую структуру сенсорной системы организма. Зрение, слух, осязание, вкус, обоняние = основные сенсорные системы человека. Именно сенсорная система позволяет нам чувствовать запах, вкус, ощущать температуру, давление, звук и т.д.

Наш соотечественник, физиолог Иван Петрович Павлов ввел в научную терминологию термин «анализатор», подразумевая совокупность образований, воспринимающих, передающих и анализирующих информацию из окружающей и внутренней среды организма.

Информацию об окружающей среде человек воспринимает через различные раздражители. Они могут иметь механическую, химическую, звуковую, световую либо иную природу. Информацию о внешнем мире они несут, преобразуясь рецепторами в нервные импульсы, являющиеся универсальными для мозга сигналами.

В технике отображение одного сигнала другим называют кодированием. Данный термин тоже можно употреблять применительно к организму человека: по сути, рецепторы кодируют информацию о среде, преобразуя сигналы, не воспринимаемые мозгом, в сигналы, понятные ему.

«Кодирование» в человеческом организме начинается с сенсорных рецепторов и последовательно продолжается на остальных «этажах» сенсорной системы. Аналогично техническим устройствам, в живом организме «действует» двоичный код, характеризующийся простотой и устойчивостью к помехам. Этот код выражается в наличии либо отсутствии электрического импульса. Информация о сенсорном стимуле в высшие сенсорные центры передается в виде отдельных импульсов, а также групп или пачек импульсов (залпов импульсов).



Установлено, что в сенсорном кодировании важная роль принадлежит осцилляциям полевых потенциалов. Именно эти осцилляции отражают активность нейронов. Они имеют один и тот же источник (в случае восприятия запахов источником является одорант) и модулируются совместно.

Говоря о восприятии запахов, можно утверждать, что мощность и продолжительность осцилляций определяется концентрацией одоранта, однако пиковая частота при этом не изменяется. Локальные синаптические взаимодействия внутри обонятельной луковицы модулируют разряды митральной клетки, облегчая дискриминацию запахов. Обонятельная информация кодируется пространственным компонентом активных нейронных ансамблей и точным таймингом (фазами первичных ответов тех информационных единиц, которые активировались под влиянием сенсорного события).

В обонятельном эпителии процесс передачи сигналов между нейронами происходит посредством химических синапсов, где нейроны обмениваются нейромедиаторами. При воздействии на нейроны химических веществ происходит активация синапсов и передача сигнала от одного нейрона к другому. В обонятельном эпителии свойство нейронных клеток сохранять свою активность в отсутствие внешних стимулов происходит благодаря специальным каналам и ионным насосам, которые поддерживают определенный уровень разности электрического потенциала между внутренней и внешней частями клетки. Это позволяет клетке сохранять свой потенциал действия и быть готовой к реагированию на внешние стимулы.

Главным источником и инициатором сетевых высокочастотных синхронизированных осцилляций митральных клеток являются тормозные интернейроны. Важно подчеркнуть, что при синхронизации митральных клеток взаимодействуют две клетки: пресинаптическая митральная клетка и постсинаптическая клетка в обонятельной луковице или другой связанной структуре.

Пресинаптические клетки, расположенные в митральном слое обонятельного бульбы, передают электрические импульсы в постсинаптические клетки, которые могут быть различными типами нейронов. Это взаимодействие между митральными клетками и другими нейронами позволяет передавать и обрабатывать запаховую информацию в мозге.

Одорант вызывает возбуждение митральных клеток луковицы от соответствующих рецепторных нейронов, а высокочастотные разряды митральных клеток снимают блокаду NMDA-рецепторов тем самым, открывая ГАМК-эргическое взаимодействие реципрокных синапсов интернейронов. Эти растормаживающие действия запускают механизмы кодирования одного или другого одоранта на входе в систему. Тормозная нейронная сеть обонятельной луковицы самообновляется, сохраняя, тем самым, способность долговременного запоминания информации.

Отметим следующие интересные факты:

- обонятельные рецепторные нейроны эпителия носа существуют два месяца, а затем заменяются на новые;
- за идентификацию одоранта отвечают обонятельные рецепторы;
- обонятельная система многократно использует рецепторы для выражения широкой области запахов.

Обонятельная система характеризуется феноменальной чувствительностью. Способность детектировать самые разнообразные пахучие стимулы обусловлена существованием многочисленных рецепторов запахов в организме человека, а гены, кодирующие обонятельные рецепторы, составляют самое большое семейство в геномах всех млекопитающих.

Предполагается, что определяющим принципом в модели кодирования обонятельной информации является правило «один нейрон – один рецептор», хотя оно пока еще носит гипотетический характер. Возможно, существуют мультирецепторные нейроны, играющие важную роль в процессе обонятельного нейрогенеза. Важно изучать основы сенсорного кодирования применительно к организму человека и проводить соответствующие эксперименты.



Список литературы:

1. Быстрова М.Ф., Колесников С.С. Правило «один нейрон–один рецептор» в физиологии и генетике обоняния // Успехи физиологических наук. - 2020. - Т. 51, № 3. - [с.3-15].
2. Донченко Б.А., Голдина А.С., Полич Д.С., Шаляпина В.Г. Связь высокочастотной активности электроэнцефалограммы с качественными характеристиками запахов // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. - 2016. - Т. 60. - № 3. - [с.58-67].
3. Жиров И.В., Пономарев В.А., Трофимова Л.А. Роль высокочастотной активности в обработке запаховых сигналов у человека // Нейрофизиология. - 2002. - Т. 34. - № 6. - [с.504-513].
4. Козлов М.А., Вилла Э. Кодирование информации о запахах нейронами мозга // Известия АН СССР. Серия биологическая. - 2004. - № 1. - [с.67-76].
5. Остапчук Е. Что такое цифровой аромат и как работают технологии передачи запахов [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://blog.rt.ru/b2c/что-такое-цифровой-аромат-и-как-работают-технологии-передачи-запахов.htm> (дата обращения 20.12.2023).
6. Смирнов В. М., Будылина С. М. Физиология сенсорных систем и высшая нервная деятельность: учебное пособие. - М.: Академия, 2003. - [с.161-174].
7. Соловьев М.М. Местные переобразования в восприятии запахов и их устойчивость при изменении общего подхода предъявления их внешней средой // Исследование запахов, реакции на них в электроэнцефалограмме и их модифицирования / под ред. М.М. Соловьева. - М.: Наука, 2001. - [с.75-92].
8. Хандверкер Х. Общая сенсорная физиология // Физиология человека: в 3 т.; перевод под ред. акад. П.Г. Костюка. - М.: Мир, 1996. - Т. 1. - [с.131-136].
9. Цукерман В.Д. Нелинейная динамика сенсорного восприятия, или что и как кодирует мозг. - Ростов: Изд-во Ростов. госун-та, 2005. - [с.28-39].
10. Veit Grabe, Silke Sachse. Fundamental principles of the olfactory code // BioSystems. - 2018. - Т. 164. - [с.94-101].

