

Лекция 16

Общие свойства сенсорных систем

Сенсорной системой называют часть нервной системы, воспринимающую внешнюю для мозга информацию, передающую ее в мозг и анализирующую ее. Она состоит из воспринимающих элементов (рецепторов), нервных путей, передающих информацию в мозг, и тех частей мозга, которые заняты переработкой и анализом этой информации. Таким образом, работа любой сенсорной системы сводится к реакции рецепторов на действие внешней для мозга физической или химической энергии, трансформации ее в нервные сигналы, передаче их в мозг через цепи нейронов и анализу этой информации.

Процесс передачи сенсорных сигналов (их часто называют сенсорными сообщениями) сопровождается их многократными преобразованиями и перекодированием на всех уровнях сенсорной системы и завершается опознанием сенсорного образа. Сенсорная информация, поступающая в мозг, используется для организации простых и сложных рефлекторных актов, а также для формирования психической деятельности. Поступление в мозг сенсорной информации может сопровождаться осознанием наличия стимула (ощущением раздражителя). Так бывает не всегда: часто стимулы остаются неосознанными. Понимание ощущения и способность обозначить его словами связано с восприятием.

Все сенсорные системы человека организованы по некоторым общим принципам. Важнейшие из них следующие: многослойность, многоканальность, наличие так называемых «сенсорных воронок», а также дифференциации систем по вертикали и горизонтали.

Многослойность сводится к наличию в каждой системе нескольких слоев нейронов, первый из которых связан с рецепторами, а последний — с нейронами моторных областей коры мозга. Это свойство дает возможность специализировать слои на переработке разных видов сенсорной информации, что позволяет быстро реагировать на простые сигналы, анализируемые уже на низких уровнях.

Многоканальность сенсорной системы заключается в том, что в каждом нейронном слое имеется множество (от десятков тысяч до миллионов) нервных клеток, связанных нервными волокнами со множеством клеток следующего слоя. Наличие множества таких параллельных каналов обработки и передачи сенсорной информации обеспечивает сенсорной системе большую тонкость анализа сигналов (высокое «разрешение» сенсорных сигналов) и значительную надежность.

Разное количество элементов в соседних нейронных слоях формирует так называемые «сенсорные воронки». Так, в сетчатке каждого глаза у человека насчитывается 130 млн. фоторецепторов, а в слое выходных (ганглиозных) клеток сетчатки нейронов в 100 раз меньше (суживающаяся воронка). На следующих уровнях зрительной системы формируется расширяющаяся воронка: количество нейронов в

первичной проекционной области зрительной коры мозга в тысячи раз больше, чем на выходе из сетчатки. В слуховой и в ряде других сенсорных систем от рецепторов к коре представлена только расширяющаяся воронка. Физиологический смысл суживающейся воронки связан с изменением избыточности информации, а расширяющийся — с обеспечением параллельного анализа разных признаков сигнала.

Дифференциация сенсорной системы по вертикали заключается в образовании отделов, каждый из которых состоит, как правило, из нескольких нейронных слоев. Таким образом, отдел сенсорной системы — более крупное образование, чем слой нейронов. Каждый отдел (например, обонятельные луковицы или кохлеарные ядра слуховой системы) имеют определенную функцию.

Дифференциация сенсорной системы по горизонтали определяется различиями в свойствах рецепторов, нейронов и связей между ними в пределах каждого из слоев. Так, в зрении работают два параллельных нейронных канала, идущих от фоторецепторов к коре и по-разному перерабатывающих информацию от центра и от периферии сетчатки.

Рецептором называют специализированную клетку, эволюционно приспособленную к восприятию из внешней или внутренней среды определенного раздражителя и к преобразованию его энергии из физической или химической формы в форму нервного возбуждения.

Различают зрительные, слуховые, обонятельные, вкусовые, осязательные рецепторы, терморецепторы, проприорецепторы и вестибулорецепторы (рецепторы положения тела и его частей в пространстве).

Рецепторы подразделяют, кроме того, на внешние (экстерорецепторы), и внутренние (интерорецепторы).

К экстерорецепторам относят слуховые, зрительные, обонятельные, вкусовые и осязательные рецепторы.

К интерорецепторам относят вестибулорецепторы и проприорецепторы (рецепторы опорно-двигательного аппарата), а также интерорецепторы, сигнализирующие о состоянии внутренних органов.

По характеру контакта с внешней средой рецепторы делятся на дистантные, получающие информацию на расстоянии от источника раздражения (зрительные, слуховые и обонятельные) и контактные — возбуждающиеся при непосредственном соприкосновении с раздражителем (вкусовые и тактильные).

В зависимости от природы раздражителя, на который они оптимально настроены, рецепторы можно классифицировать следующим образом: 1) фоторецепторы; 2) механорецепторы, к которым относятся рецепторы слуховые, вестибулярные, тактильные рецепторы кожи, рецепторы опорно-двигательного аппарата, барорецепторы сердечнососудистой системы; 3) хеморецепторы, включающие рецепторы вкуса и обоняния, сосудистые и тканевые рецепторы; 4) терморецепторы (кожи и внутренних

органов, а также центральные термочувствительные нейроны) и 5) болевые (ноцицептивные) рецепторы.

Абсолютная чувствительность сенсорной системы основана на ее свойстве, обнаруживать слабые, короткие или маленькие по размеру раздражители.

Абсолютную чувствительность измеряют порогом той или иной реакции организма на сенсорное воздействие. Чувствительность системы и порог реакции — обратные понятия: чем выше порог, тем ниже чувствительность, и наоборот. Порогом реакции считают ту минимальную интенсивность, длительность, энергию или площадь воздействия, которые вызывают первичное ощущение.

Дифференциальная сенсорная чувствительность основана на способности сенсорной системы к различению сигналов. Различение начинается в рецепторах, но в нем участвуют нейроны всех отделов сенсорной системы. Оно характеризует то минимальное различие между стимулами, которое человек может заметить.

Процессы передачи и преобразования сигналов обеспечивают поступление в высшие сенсорные центры наиболее важной (существенной) информации о сенсорном событии в такой форме, которая удобна для надежного и быстрого анализа. Имеется некоторое общее свойство, которое отличает существенную информацию от таковой несущественной. Это — степень ее новизны. Новые события при прочих равных условиях информационно важнее для организма, чем привычные.

Изменения в сенсорной среде могут быть как временными, так и пространственными. Среди пространственных преобразований выделяют изменение представительства размера или соотношения разных частей сигнала.

Зрительная информация, идущая от фоторецепторов, могла бы очень быстро насытить все информационные резервы мозга. Огромная избыточность первичных сенсорных сообщений, идущих от рецепторов, ограничивается путем подавления информации о менее существенных сигналах.

Кодированием называют совершаемое по определенным правилам преобразование информации в условную форму — код. В сенсорной системе сигналы кодируются двоичным кодом, т.е. с наличием или отсутствием электрического импульса в тот или иной момент времени. Информация о раздражении и его параметрах передается в виде отдельных импульсов, а также групп, или «пачек» импульсов.

Детектированием называют избирательное выделение сенсорным нейроном того или иного признака раздражителя, имеющего поведенческое значение. Осуществляют такой анализ нейроны-детекторы, избирательно реагирующие лишь на определенные свойства стимула. В высших отделах сенсорной системы сконцентрированы детекторы высших порядков, ответственные за выделение сложных признаков и целых образов.

Опознавание образа - это конечная и наиболее сложная операция сенсорной системы. Она заключается в отнесении образа к тому или иному классу объектов, с которыми ранее встречался организм, т.е. в классификации образов. Оpoznание завершается принятием

решения о том, с каким объектом или ситуацией встретился организм. В результате этого происходит восприятие, т.е. мы осознаем, чье лицо видим перед собой, кого слышим, какой запах чувствуем.

Опознавание часто происходит независимо от изменчивости сигнала. Мы надежно опознаем, например, предметы при различной их освещенности, окраске, размере, ракурсе, ориентации и положении в поле зрения. Это означает, что сенсорная система формирует независимый от изменений ряда признаков сигнала сенсорный образ.

Сенсорная система обладает способностью приспосабливать свои свойства к условиям среды и потребностям организма. Сенсорная адаптация — это общее свойство сенсорных систем, заключающееся в приспособлении к длительно действующему раздражителю. Существует общая или глобальная и локальная или селективная адаптации.

Общая или глобальная адаптация проявляется в снижении абсолютной и повышении дифференциальной чувствительности всей сенсорной системы. Субъективная адаптация проявляется в привыкании к действию постоянного раздражителя.

Локальная или селективная адаптация сводится к снижению чувствительности не всей сенсорной системы, а какой-либо ее части, подвергнутой длительно действию стимула.

Взаимодействие сенсорных систем осуществляется на сигнальном, ретикулярном, таламическом и корковом уровнях. В коре мозга происходит интеграция сигналов высшего порядка. Межсенсорное взаимодействие на корковом уровне создает условия для формирования «схемы мира» (или «карты мира») и непрерывной увязки, координации с ней собственной «схемы тела» данного организма.

Рецептивные поля соседних нейронов частично перекрываются. В результате такой организации связей в сенсорной системе образуется так называемая «нервная сеть». В результате повышается чувствительность системы к слабым сигналам.

Горизонтальная переработка сенсорной информации имеет тормозной характер. Сила этого торможения тем больше, чем сильнее возбужден первый элемент и чем ближе к нему соседняя клетка. Это один из ведущих механизмов, осуществляющих большую часть операций по снижению избыточности и выделению наиболее существенных сведений о раздражителе.