

Сенсорные системы (анализаторы)

Все живые организмы, в том числе и человек, нуждаются в информации об окружающей среде. Эту возможность им обеспечивают сенсорные (чувствительные) системы. Деятельность любой сенсорной системы начинается с восприятия рецепторами энергии раздражителя, трансформации ее в нервные импульсы и передачи их через цепь нейронов в мозг, в котором нервные импульсы преобразуются в специфические ощущения: зрительные, обонятельные, слуховые и т. п.

Анализаторами называются сложные нервные механизмы, посредством которых нервная система получает раздражения из внешней среды, а также от органов самого тела и воспринимает эти раздражения в виде ощущений. Каждый анализатор состоит из трех отделов: периферического, проводникового и центрального.

Периферический отдел представлен рецепторами – чувствительными нервными окончаниями, обладающими избирательной чувствительностью только к определенному виду раздражителя. Рецепторы входят в состав соответствующих *органов чувств*. В сложных органах чувств (зрения, слуха, вкуса) кроме рецепторов есть и вспомогательные структуры, которые обеспечивают лучшее восприятие раздражителя, а также выполняют защитную, опорную и другие функции.

Проводниковый отдел анализатора представлен нервными волокнами, проводящими нервные импульсы от рецептора в центральную нервную систему (например, зрительный, слуховой, обонятельный нерв и т. п.).

Центральный отдел анализатора – это определенный участок коры головного мозга, где происходит анализ и синтез поступившей сенсорной информации и преобразование ее в специфическое ощущение (зрительное, обонятельное и т. д.).

Непременным условием нормального функционирования анализатора является целостность каждого из трех его отделов.

Деятельность анализаторов человека, как правило, связывают с наличием пяти чувств: зрения, слуха, вкуса, обоняния и осязания. Но в реальной жизни их значительно больше, поэтому физиологи (В.М. Смирнов и др.) рассматривают и классифицируют анализаторы по их роли.

1. Внешние анализаторы воспринимают и анализируют изменения внешней среды. Среди них – зрительный, слуховой, обонятельный, вкусовой, тактильный и температурный анализаторы. Их роль заключается в обеспечении познания внешнего мира, приспособлении организма к окружающей среде, поддержании тонуса ЦНС (за счет импульсации от периферических отделов анализатора).

2. Внутренние (висцеральные) анализаторы воспринимают и анализируют изменения внутренней среды организма, показателей гомеостаза. Основная функция этих анализаторов – регуляция внутренних органов и обеспечение адаптационных возможностей организма к изменяющейся среде обитания.

3. Анализаторы положения тела воспринимают и анализируют положение тела в пространстве и частей тела относительно друг друга. К этому типу анализаторов относят вестибулярный и двигательный (кинестетический) анализаторы.

4. Болевой анализатор информирует о повреждениях целостного организма или его частей. Болевые ощущения возникают при раздражении наружных и внутренних рецепторов.

Рецепторы – первое звено, принимающее действие раздражителей. Они представляют собой специализированные клетки. Энергия любого (специфического) раздражителя кодируется этими клетками и передается в центральный аппарат анализа в корковый отдел. Рецепторы отличаются друг от друга по своей структуре и выполняемым функциям. В зависимости от характера воздействующего раздражителя рецепторы подразделяются на экстероцепторы, интероцепторы и проприоцепторы.

Экстероцепторы воспринимают раздражения из внешней среды. К ним относятся зрительные рецепторы глаза (фоторецепторы), слуховые рецепторы (фонорецепторы), обонятельные рецепторы слизистой оболочки носа, вкусовые рецепторы, расположенные в слизистой оболочке языка, температурные, болевые и тактильные рецепторы кожи и слизистых оболочек.

Интероцепторы расположены во внутренних органах, в стенке сосудов. Они возбуждаются изменениями состояния и деятельности органов и внутренней среды организма.

Проприоцепторы локализованы в мышцах, сухожилиях, связках, суставных поверхностях костей. Они возбуждаются в результате растяжения мышц и изменения положения конечностей и других частей тела по отношению друг к другу и в пространстве.

Все рецепторы можно разделить на две большие группы: дистантные и контактные. Дистантные рецепторы способны воспринимать раздражения от предметов, находящихся на значительном расстоянии от организма (зрительные, слуховые и обонятельные). Контактные рецепторы воспринимают раздражения только от предметов, которые находятся в близком соприкосновении с рецепторным аппаратом. К ним относятся тактильные, температурные, вкусовые рецепторы.

Одним из свойств рецепторов является адаптация, т. е. приспособление к силе раздражителя. Способностью к адаптации обладают в большей или меньшей степени почти все рецепторы. Исключение составляют проприоцепторы (в мышцах).

Явление адаптации заключается в том, что происходит снижение чувствительности рецепторов к постоянно действующему раздражителю. Внешне адаптация проявляется в привыкании к постоянно действующему раздражителю: запаху, шуму, давлению одежды и т. д.

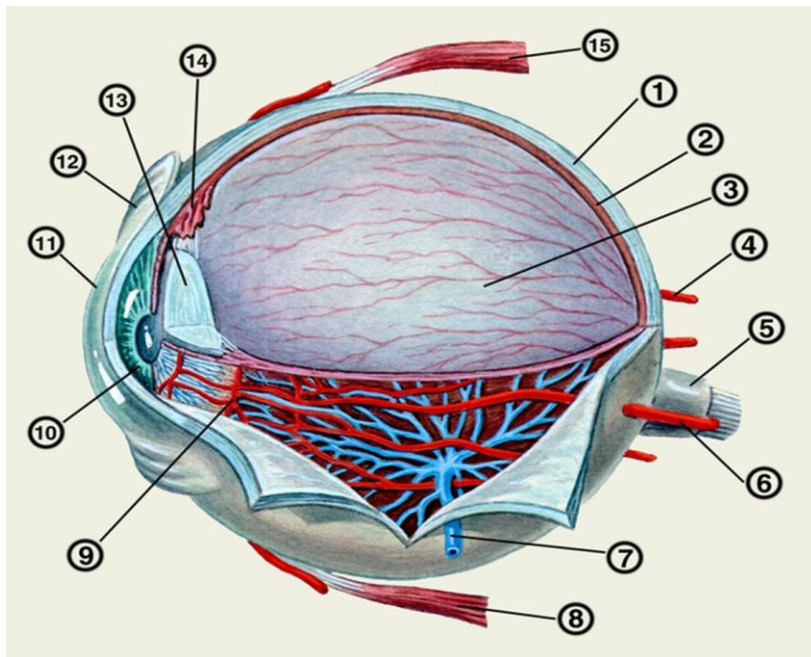
Как только постоянное действие раздражителя заканчивается, возникшая под его влиянием адаптация постепенно исчезает. Чувствительность рецепторов при этом повышается.

Зрительный анализатор

Зрение – одно из главных чувств человека. Мы доверяем нашим сравнительно небольшим глазам всю зрительную информацию. Мы можем настраивать их на далекую звезду и на частичку пыли, видеть при ярком солнечном свете и в темноте.

Строение глаза. Глаз человека имеет диаметр около 2,5 см, расположен в глазнице черепа. Веки и ресницы защищают глаза от пыли и травм. Расположенная у наружного угла глаза слезная железа, выделяя жидкость, согревает глаз, удаляет с его поверхности посторонние частицы, а затем переносит «отработанную» жидкость уже со стороны внутреннего угла глаза по слезному каналу в носовую полость. Движение глазного яблока осуществляют шесть глазодвигательных мышц, прикрепленных к склере снаружи. Глазное яблоко снаружи покрыто белочной оболочкой, которая в передней части прозрачна, она называется роговицей (через нее свободно проходят лучи света). Средняя, сосудистая, оболочка пронизана капиллярами и снабжает за счет их глазное яблоко кровью. Внутренняя поверхность оболочки покрыта красящим черным веществом (пигментом), который способен поглощать световые лучи. Передняя часть сосудистой оболочки называется радужкой (радужная оболочка), она определяет цвет глаз. Зрачок в виде отверстия в радужной оболочке регулирует поступление внутрь глаза света – при ярком освещении суживается и расширяется при слабом. Хрусталик расположен за зрачком. Вся внутренняя часть глазного яблока заполнена стекловидным телом. Внутренней оболочкой глазного яблока является сетчатка, где расположены рецепторы глаза – палочки и колбочки. Напротив зрачка в сетчатке расположено желтое пятно (состоящее только из колбочек). В палочках содержится пигмент родопсин, или зрительный пурпур, а в

колбочках – пигмент йодопсин. При действии света в палочках и колбочках происходят физические и химические процессы. В частности, под влиянием света родопсин разрушается. При затемнении глаз родопсин восстанавливается. Для этого необходим витамин А. Если же в организме витамин А отсутствует, то образование родопсина нарушается, что приводит к развитию так называемой куриной слепоты, т. е. неспособности видеть при слабом свете или в темноте. Йодопсин также подвергается разрушению под влиянием света и образуется в темноте. Преобразованные в сетчатке нервные импульсы по зрительному нерву идут в кору больших полушарий. Точка выхода нерва образует на сетчатке слепое пятно.



Схематическое изображение глазного яблока в сагиттальной плоскости (стекловидное тело, часть хрусталика и оболочек удалены): 1 — склера; 2 — собственно сосудистая оболочка; 3 — сетчатка; 4 — короткая задняя ресничная артерия; 5 — зрительный нерв; 6 — длинная задняя ресничная артерия; 7 — вортикозная вена; 8 — нижняя прямая мышца; 9 — большой артериальный круг радужки; 10 — радужка; 11 — роговица; 12 — конъюнктивa; 13 — хрусталик; 14 — ресничное тело; 15 — верхняя прямая мышца.

Периферическим отделом зрительного анализатора являются фоторецепторы глаза. Световые ощущения воспринимаются в сетчатке

светочувствительными палочками и колбочками. Колбочки чувствительны к красному, зеленому или синему свету, и сигналы от них дают способность мозгу воспринимать цветное изображение. Они также обеспечивают дневное зрение. Палочки очень чувствительны при низкой освещенности, но не способны различать цвета. Вот почему предметы теряют цвет ночью. Палочки и колбочки связаны с мозгом нервными клетками, которые идут от задней стенки глаза, формируя зрительный нерв.

Глаз человека представляет собой своеобразную оптическую камеру, в которой можно выделить светочувствительный экран – сетчатку и светопреломляющие среды, главным образом роговицу и хрусталик. Хрусталик специальной связкой соединен с цилиарной мышцей, располагающейся широким кольцом позади радужки. С помощью этой мышцы хрусталик меняет свою форму – становится более или менее выпуклым и соответственно сильнее или слабее преломляет попадающие в глаз лучи света. Эта способность хрусталика называется аккомодацией. Она позволяет отчетливо видеть предметы, расположенные на различном расстоянии, обеспечивая совмещение фокуса попадающих в глаз лучей от рассматриваемого предмета с сетчаткой. Преломляющую способность глаз при покое аккомодации, т. е. когда хрусталик максимально уплощен, называют *рефракцией глаз*. Различают три вида рефракции глаз: *соразмерную* (эмметропическую), *дальнозоркую* (гиперметропическую) и *близорукую* (миопическую). В глазу с соразмерной рефракцией параллельные лучи, идущие от предметов, пересекаются на сетчатке. Это обеспечивает отчетливое видение предмета. Дальнозоркий глаз обладает относительно слабой преломляющей способностью. В нем параллельные лучи, идущие от далеких предметов, пересекаются за сетчаткой. В близоруком глазу параллельные лучи от далеких предметов пересекаются впереди сетчатки, не доходя до нее. Близорукий глаз хорошо видит только близко расположенные предметы.

Для ясного видения фокус попадающих в глаз лучей должен совпадать с сетчаткой. Но это не единственное условие. Для различения деталей предмета необходимо, чтобы его изображение попало на область желтого пятна сетчатки, расположенную прямо против зрачка. Центральный участок желтого пятна является местом наилучшего видения. Воображаемую линию, соединяющую рассматриваемый предмет с центром желтого пятна, называют зрительной линией или зрительной осью, а способность одновременно направлять на рассматриваемый предмет зрительные линии обоих глаз – конвергенцией. Чем ближе зрительный объект, тем больше должна быть конвергенция, т. е. степень схождения зрительных линий. Между аккомодацией и конвергенцией имеется известное соответствие: большее напряжение аккомодации требует большей степени конвергенции и, наоборот, слабая аккомодация сопровождается меньшей степенью схождения зрительных линий обоих глаз.

Рассматривание предметов обоими глазами называют *бинокулярным зрением*. Когда человек смотрит на какой-либо предмет обоими глазами, то у него не получается восприятия двух одинаковых предметов. Это связано с тем, что изображения от всех предметов при бинокулярном зрении попадают на соответственные, или идентичные, участки сетчатки, в результате чего в представлении человека эти два предмета сливаются в одно. Если слегка надавить сбоку на один глаз, то у человека начинает «двоиться» в глазах, так как в этом случае изображения от предмета падают на неидентичные участки сетчатки.

Бинокулярное зрение имеет большое значение в определении расстояния до предмета, его формы. Оценка величины предмета связана с размером его изображения на сетчатке и расстоянием предмета от глаза.

Человек имеет цветовое зрение благодаря тому, что в его глазу содержатся колбочки трех разных видов, каждый из которых чувствителен к свету с определенной длиной волны. Содержащийся в них фотопигмент – вещество, реагирующее на свет определенной частоты и меняющее

электрическую возбудимость клетки, – различен для всех трех видов. Выделяют синие, зеленые и красные колбочки. Следует, однако, отметить, что эти названия не связаны напрямую с участком спектра, который активирует их лучше всего. Например, зеленые колбочки лучше всех из трех групп клеток отвечают на зеленый свет, но сильнее всего они активируются желтым светом.

Мы способны различать цвета потому, что волны света разной длины активируют синие, зеленые и красные колбочки в неодинаковой степени. Колбочки посылают в мозг импульсы, сила которых пропорциональна степени активации. Мозг преобразует соотношение нервных импульсов, приходящих от трех типов колбочек, в изображение определенного цвета.

Если в сетчатке глаза выпадает или ослаблено восприятие одного из трех основных цветов, то человек не воспринимает какой-то цвет. Наиболее часто встречаются «цветослепые» на красный и зеленый цвет, и реже встречаются люди, не различающие сине-фиолетового спектра. Такой недостаток зрения был назван дальтонизмом – по имени английского ученого Д. Дальтона, который сам страдал расстройством цветного зрения и впервые описал его. Дальтонизм встречается у 8 % мужчин и намного реже у женщин: возникновение его связывают с отсутствием определенных генов в половой непарной у мужчин X-хромосоме.

Хорошее цветоощущение очень важно для моряков, летчиков, химиков, художников, поэтому для некоторых профессий цветовое зрение проверяют с помощью специальных таблиц.

Слуховой анализатор

С помощью слуха люди общаются между собой, слышат речь, музыку, выполняют свои профессиональные обязанности. Человеческое ухо воспринимает звуки громкостью от 10 до 14 дБ и частотой волны от 20 до 20 000 Гц (выше данного показателя ультразвуки, которые человек не воспринимает). Человеческая речь – это звуковые колебания от 1000 до

3000 Гц, которые воспринимаются ухом. Данный диапазон носит название речевой зоны.

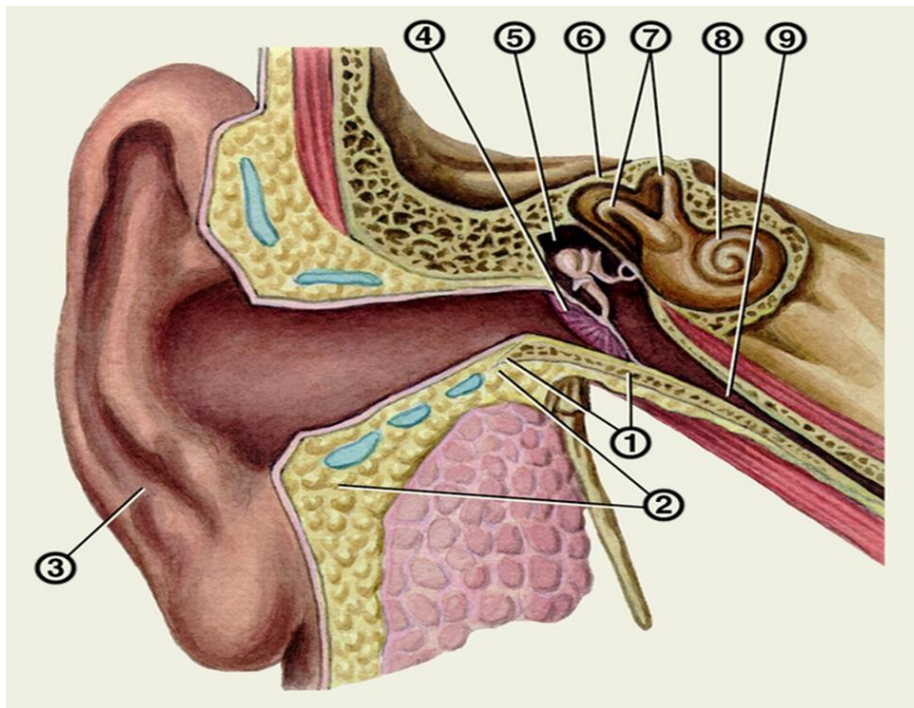
Ухо – это орган, преобразующий звуковые волны в нервные импульсы, которые способен воспринимать мозг. Взаимодействуя друг с другом, элементы внутреннего уха дают нам возможность различать звуки. Анатомически ухо делится на три части.

Наружное ухо предназначено для направления звуковых волн во внутренние структуры уха. Оно состоит из ушной раковины, представляющей собой эластичный хрящ, покрытый кожей с подкожной клетчаткой, соединенный с кожей черепа и с наружным слуховым проходом – слуховой трубкой, покрытой ушной серой. Эта трубка заканчивается барабанной перепонкой.

Среднее ухо – полость, внутри которой находятся мелкие слуховые косточки (молоточек, наковальня, стремя) и сухожилия двух небольших мышц. Расположение стремени позволяет ему ударять по овальному окну, которое является входом в улитку.

Внутреннее ухо состоит:

- из полукружных каналов костного лабиринта и преддверия лабиринта, которые являются частью вестибулярного аппарата;
- из улитки – собственно органа слуха. Улитка внутреннего уха очень напоминает раковину живой улитки. В поперечном сечении можно увидеть, что она состоит из трех структур, которые заполнены жидкостью. В канале улитки находится спиральный кортиев орган. Он состоит из чувствительных, снабженных волосками клеток, которые фактически улавливают звуковые волны и дальше через слуховой нерв передают их в головной мозг.



Схематическое изображение фронтального разреза через ухо: 1 — костный отдел наружного слухового прохода; 2 — перепончато-хрящевой отдел наружного слухового прохода; 3 — ушная раковина; 4 — барабанная перепонка; 5 — барабанная полость со слуховыми косточками; 6 — височная кость; 7 — полукружные каналы; 8 — улитка; 9 — слуховая (евстахиева) труба.

Вестибулярный анализатор

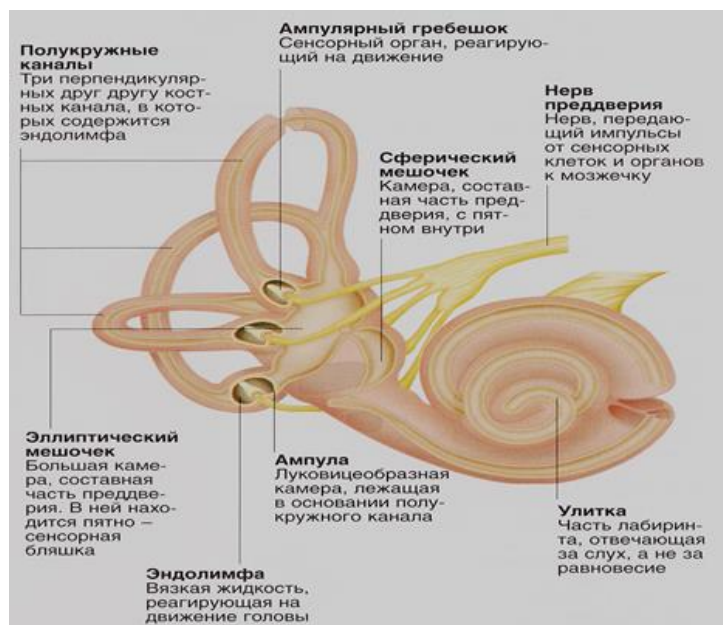
Ухо не только дает способность слышать, но и отвечает за равновесие тела при решении повседневных задач — от подъема по ступенькам до катания на роликах. Сложно организованные структуры равновесия расположены во внутреннем ухе.

Таким образом, внутреннее ухо выполняет две функции: улитка воспринимает звуковые волны и способствует их передаче в головной мозг, где они интерпретируются как звуки, а вестибулярный аппарат выявляет изменения положения тела.

Внутреннее ухо представлено костным лабиринтом, который состоит из трех частей: преддверия, полукружных каналов и улитки.

Полукружными каналами называются три трубочки в каждом ухе, которые расположены приблизительно перпендикулярно друг другу.

Благодаря такому своему расположению и строению они способны распознавать движение в трехмерном пространстве и являются элементами, чувствительными к вращению. У каждого канала есть расширенный конец, называемый ампулой, внутри которого находится эндолимфа. Эта жидкость не просто заполняет пространство, она является необходимой составляющей всей системы сохранения равновесия. На внутренней поверхности ампул расположены рецепторные клетки, снабженные тонкими волосками, выступающими в эндолимфу. При движении человека движется эндолимфа и смещает эти выступающие волоски. Это раздражает нерв преддверия, который посылает сигналы в мозжечок, и головной мозг ощущает изменение положения. Оттуда нервные импульсы направляются к мышцам и другим органам тела, ответственным за регуляцию его положения в пространстве.



Вестибулярный аппарат может реагировать на изменение внешних условий, например во время авиационного или морского путешествия, в результате чего может начаться воздушная или морская болезнь. Сходный эффект возникает после обильного приема алкоголя.

Морская болезнь – это нарушение вегетативных и соматических реакций. Такое состояние проявляется сердцебиением, тошнотой, рвотой и повышенной перистальтикой кишечника. Как правило, это происходит

при раздражении вестибулярных рецепторов и ядер мозга во время качки кораблей, лодок или других средств передвижения на воде. Морская качка является чрезвычайным раздражителем вегетативного аппарата, но регулярные тренировки и целенаправленные упражнения способствуют включению вегетативных заслонов, и человек постепенно становится невосприимчивым к подобным раздражителям.

Двигательный анализатор

Двигательный (кинестетический) проприоцептивный анализатор обеспечивает первичный анализ изменяющихся мышечных напряжений (растяжение, сокращение, давление), т. е. формирует «мышечное чувство». Он отвечает за положение тела в пространстве, позу, участвует в координации мышечной деятельности и поднимании груза. Периферический отдел представлен проприоцепторами мышц, сухожилий, связок и суставных сумок, которые представляют собой мышечные веретена, заключенные в соединительную ткань. Одним концом веретена закреплены в сухожилии мышц, другим – в глубине мышечных волокон. Второй вид рецепторов, относящихся к проприоцепторам, – это тельца Гольджи, Фатер-Пачини, представленные в виде нервных волокон и сплетений, которые опоясывают сухожилия мышц.

Проводниковый отдел двигательного анализатора начинается чувствительными нейронами спинальных ганглиев в составе спинного мозга, затем возбуждение (как при напряжении, сокращении и расслаблении) достигает продолговатого мозга и локализуется в двигательном анализаторе. Центральным отделом является область коры головного мозга.

Обонятельный анализатор

Обонятельные ощущения играют значительную роль в жизни человека. С помощью обоняния человек может предотвратить попадание в организм химически опасных ингредиентов.

Рецепторы обоняния и вкуса являются наиболее древними образованиями, ибо первоначальным «общением» со средой обитания служат именно данные сенсорные системы.

Запахи проникают в носовую полость, когда человек вдыхает воздух. Внутри носовой полости они попадают на слизистую оболочку. Слизь действует как растворитель, поглощая газообразные молекулы воздуха. Небольшой участок слизистой оболочки, расположенный в верхней части носовой полости непосредственно под основанием мозга, содержит около 40 млн клеток обонятельных рецепторов. Это особые нервные клетки, легко реагирующие на запахи в чрезвычайно низких концентрациях. В результате взаимодействия молекул запаха с обонятельными клетками возникает серия нервных импульсов, которые передаются на обонятельную луковицу, а оттуда информация поступает в головной мозг.

Профессиональный парфюмер способен различить 100 тыс. запахов. Предполагается, что даже нетренированный человек может различать 20 тыс. запахов.

Благодаря особенностям нейроанатомии обонятельного проводящего пути запахи могут значительно влиять на память. Например, повторное воздействие какого-либо запаха, который человек впервые почувствовал в детстве, может вызвать серию воспоминаний, связанных с этим периодом.

Вкусовой анализатор

Вкус, так же как и запах, является химическим ощущением. Оно работает благодаря реакции между химическими элементами в пище и чувствительными элементами, находящимися в специальных клетках, образующих вкусовые рецепторы. Реакция передается нервными окончаниями в мозг в виде вкусового ощущения.

Язык, таким образом, является главным органом вкуса, поскольку пища, которую принимает организм, попадает прежде всего в рот. Верхняя поверхность языка покрыта многочисленными маленькими наростами, бугорками. Вокруг них и образуются скопления вкусовых рецепторов

(периферический отдел). Вместе с тем какое-то их количество находится в гортани, на мягком небе и на надгортаннике.

Как только пища смешивается со слюной, вкусовые рецепторы получают сигнал к действию. Вкусовые клетки трансформируют химическую реакцию вкуса в нервный импульс, который по афферентным нервам направляется в центральный отдел вкусового анализатора. Это проводниковый отдел. Когда нервный импульс достигает мозга, начинается анализ вкусовой информации. Центральный (корковый отдел) локализуется в нижней части соматосенсорной зоны коры.

Вкусовые ощущения можно сгруппировать в четыре главные категории. Это сладкое, кислое, соленое и горькое. Разные части языка имеют разную чувствительность к каждому из вкусов, хотя четкого структурного деления между вкусовыми сосочками не наблюдается.

Кончик языка наиболее чувствителен к сладкому и соленому. Боковые стороны языка распознают кислый вкус. Задняя часть языка наиболее сильно реагирует на горькое. Тем не менее это деление не абсолютно, поскольку большая часть вкусовых сосочков реагирует на два, три, а иногда все четыре вкусовых ощущения.

Определенные пищевые субстанции имеют тенденцию менять вкус по мере продвижения во рту. Сахарин, например, вначале сладок на вкус, а потом переходит в горечь. Некоторые натуральные яды и испорченная пища имеют горький вкус. Скорее всего, поэтому рецепторы горечи находятся в задней части языка как предохранительный барьер перед проглатыванием.

Температурный анализатор

Температурный анализатор имеет большое значение для терморегуляции, поведенческих и приспособительных реакций. Холодовые рецепторы (колбочки Краузе) располагаются в коже и слизистых оболочках ближе к поверхности, чем тепловые (тельца Руффини), и поэтому они возбуждаются быстрее. Периферический отдел температурного анализатора представлен рецепторами данных клеток.

Проводниковый отдел находится в задних рогах спинного мозга и далее до зрительного бугра. Отсюда возбуждение поступает в центральный отдел температурного анализатора, который находится в области задней центральной извилины коры полушарий головного мозга.

Тактильный анализатор

Важность данного анализатора в том, что он обеспечивает ощущения прикосновения, давления, вибрации, щекотки, ласк и формирует приспособительные реакции.

Периферический отдел представлен тельцами Мейснера, располагающимися на поверхности кожи и слизистых оболочках. На коже волосяные фолликулы также воспринимают ощущения щекотания. В ощущении давления участвуют диски Меркеля, а вибрацию контролируют тельца Пачини.

Проводниковый отдел начинается от нейронов спинного мозга, далее в продолговатый мозг и в зрительный бугор. Центральный отдел тактильного анализатора локализуется в первой и второй зоне постцентральной извилины коры большого мозга.

Висцеральный анализатор

Висцеральный рецептор обеспечивает регуляцию деятельности внутренних органов. Импульсация, идущая от различных органов, позволяет ЦНС управлять органами и поддерживать стабильное состояние организма. Наряду с висцерорецепторами, куда входят механорецепторы, хеморецепторы (улавливающие изменения химического состава среды обитания), существуют и интерорецепторы, являющиеся первичным звеном, регистрирующим состояние внутренних органов.