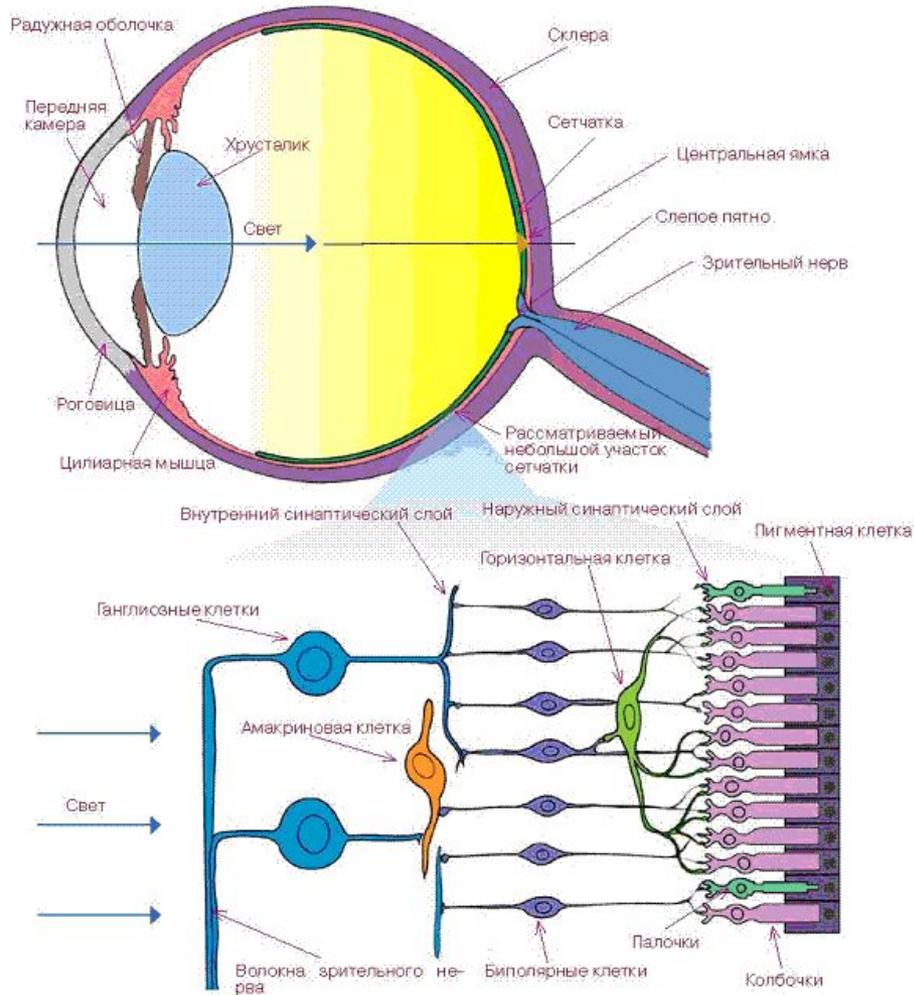


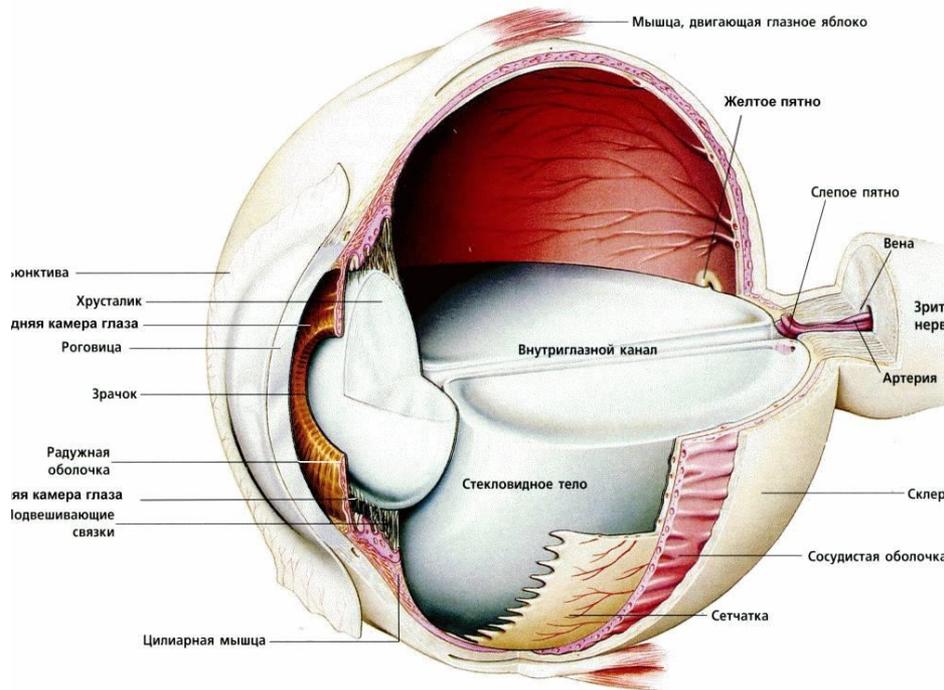


# Сенсорная система

Совокупность периферических и центральных структур нервной системы, ответственных за восприятие сигналов различных модальностей из окружающей или внутренней среды. Сенсорная система состоит из рецепторов, нейронных проводящих путей и отделов головного мозга, ответственных за обработку полученных сигналов. Наиболее известными сенсорными системами являются зрение, слух, осязание, вкус и обоняние. С помощью сенсорной системы можно почувствовать такие физические свойства, как температура, вкус, звук или давление.

# Зрительная система





Строение глаза

Глаз представляет собой сферический орган, покрытый плотной фиброзной оболочкой, склерой. Склера спереди переходит в прозрачную роговицу. Внутренняя поверхность склеры выстлана двумя тонкими оболочками - сосудистой и сетчаткой. Сосудистая оболочка, содержащая многочисленные сосуды, питающие глаз, расположена между склерой и сетчаткой. Сетчатка - это слой, образованный нервными элементами: здесь расположены фоторецепторы и вставочные нейроны. Аксоны ганглиозных клеток сетчатки образуют зрительный нерв. Хрусталик делит глаз на два отсека с жидким содержимым: передняя камера заполнена водянистой влагой; позади хрусталика находится сосудистая масса - стекловидное тело. Перед тем как попасть на сетчатку, свет должен пройти через прозрачную роговицу, водянистую влагу, зрачок, хрусталик и стекловидное тело.

# Палочки и колбочки

В сетчатке имеется два вида фоторецепторов - палочки и колбочки. Палочки, чувствительность которых выше при слабом освещении, ответственны за «сумеречное зрение»; колбочки - воспринимают различные цвета и отвечают за «дневное зрение». В сетчатке более 100 млн палочек и около 5 млн колбочек. Последние сосредоточены преимущественно в центре сетчатки, в частности в центральной ямке. На периферии сетчатки большую часть рецепторов составляют палочки.

# Зрительная система обеспечивает функцию зрения.

Зрительная система (зрительный анализатор) у млекопитающих включает следующие анатомические образования:

периферический парный орган зрения — глаз (с его воспринимающими свет фоторецепторами — палочками и колбочками сетчатки);

нервные структуры и образования ЦНС: зрительные нервы, хиазма, зрительный тракт, зрительные пути — II-я пара черепно-мозговых нервов, глазодвигательный нерв — III-я пара, блоковый нерв — IV-я пара и отводящий нерв — VI-я пара;

латеральное коленчатое тело промежуточного мозга (с подкорковыми зрительными центрами), передние бугры четверохолмия среднего мозга (первичные зрительные центры);

подкорковые (и стволовые) и корковые зрительные центры: латеральное коленчатое тело и подушки зрительного бугра, верхние холмики крыши среднего мозга (четверохолмия) и зрительная кора.

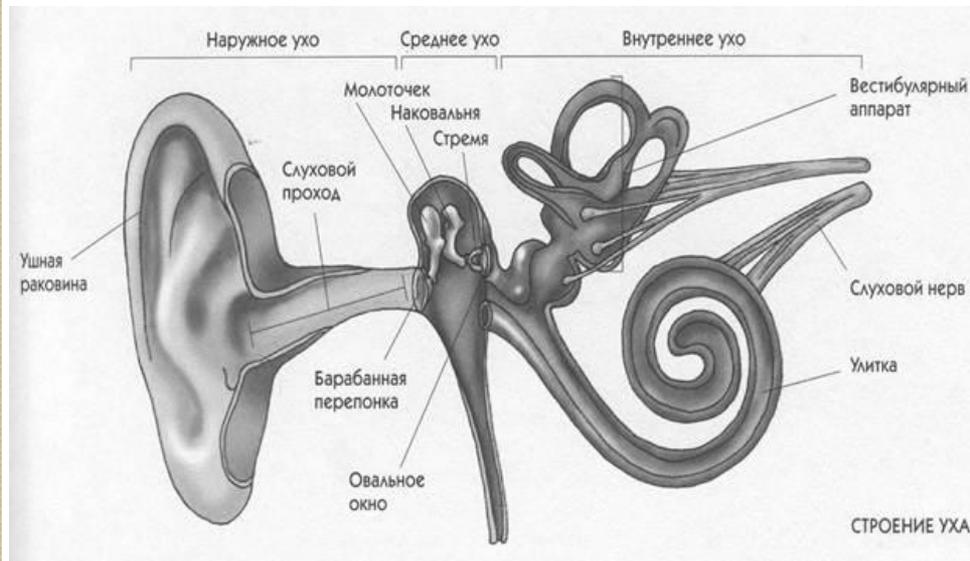
Оптикобиологическая бинокулярная (стереоскопическая) система, эволюционно возникшая у животных, воспринимая электромагнитное излучение видимого спектра (света) и создавая изображение, одновременно формирует в виде ощущения (сенсорного чувства) представление о положении предметов в пространстве.

# Зрение человека

- Процесс психофизиологической обработки изображения объектов окружающего мира, осуществляемый зрительной системой, и позволяющий получать представление о величине, форме (перспективе) и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними. Из-за большого числа этапов процесса зрительного восприятия его отдельные характеристики рассматриваются с точки зрения разных наук — оптики (в том числе биофизики), психологии, физиологии, химии (биохимии). На каждом этапе восприятия возникают искажения, ошибки, сбои, но мозг человека обрабатывает полученную информацию и вносит необходимые коррективы. Эти процессы носят неосознаваемый характер и реализуются в многоуровневой автономной корректировке искажений. Так устраняются сферическая и хроматическая аберрации, эффекты слепого пятна, проводится цветокоррекция, формируется стереоскопическое изображение и т. д. В тех случаях, когда подсознательная обработка информации недостаточна, или же избыточна, возникают оптические иллюзии.

# Слуховая система

Сенсорная система, обеспечивающая кодирование акустических стимулов и обуславливающая способность животных ориентироваться в окружающей среде посредством оценки акустических раздражителей. Периферические отделы слуховой системы представлены органами слуха и лежащими во внутреннем ухе фонорецепторами. На основе формирования сенсорных систем (слуховой и зрительной) формируется назывательная (номинативная) функция речи — ребёнок ассоциирует предметы и их названия.



Человеческое ухо состоит из трех частей:

**Наружное ухо** — латеральная часть периферического отдела слуховой системы млекопитающих, птиц, некоторых пресмыкающихся и единичных видов земноводных. У наземных млекопитающих включает ушную раковину и наружный слуховой проход; от среднего уха отделяется барабанной перепонкой. Иногда последнюю рассматривают в качестве одной из структур наружного уха.

**Среднее ухо** — часть слуховой системы млекопитающих (в том числе человека), развившаяся из костей нижней челюсти и обеспечивающая преобразование колебаний воздуха в колебания жидкости, наполняющей внутреннее ухо. Основной частью среднего уха является барабанная полость — небольшое пространство объёмом около  $1\text{ см}^3$ , находящееся в височной кости. Здесь находятся три слуховые косточки: молоточек, наковальня и стремечко — они передают звуковые колебания из наружного уха во внутреннее, одновременно усиливая их.

**Внутреннее ухо** — один из трёх отделов органа слуха и равновесия. Является наиболее сложным отделом органов слуха, из-за своей замысловатой формы называется лабиринтом.

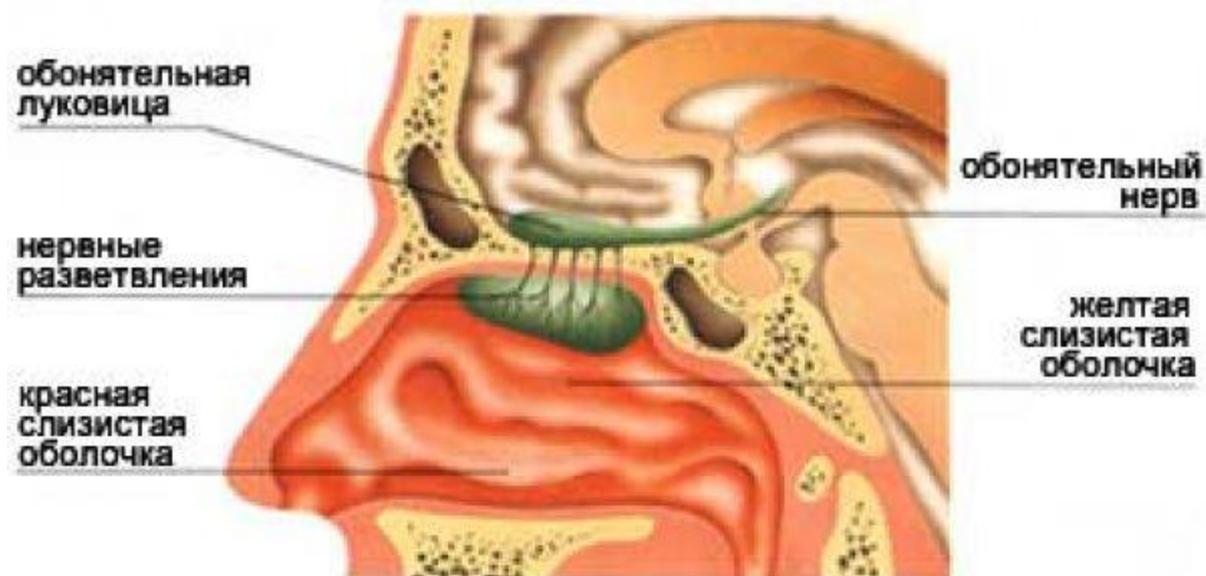
# Строение улитки.

Во внутреннем ухе находится улитка, представляющая собой костный спиральный канал с диаметром у основания 0,04 мм, а на вершине — 0,5 мм. Костный канал разделен двумя перепонками: преддверной (вестибулярной) мембраной и основной мембраной. На вершине улитки обе эти мембраны соединяются. Верхний канал улитки сообщается с нижним каналом улитки через овальное отверстие улитки барабанной лестницей. Оба канала улитки заполнены перилимфой, которая напоминает по составу цереброспинальную жидкость. Между верхним и нижним каналами проходит средний — перепончатый канал, заполненный эндолимфой. Внутри среднего канала улитки на основной мембране расположен звуковоспринимающий аппарат, который содержит рецепторные волосковые клетки, трансформирующие механические колебания в электрические потенциалы

# Механизмы слуховой рецепции.

При действии звука основная мембрана начинает колебаться, а наиболее длинные волоски рецепторных клеток, наклоняясь, касаются покровной мембраны. Отклонение волоска на несколько градусов приводит к натяжению тончайших вертикальных нитей (микрофиламент) и открытию от 1 до 5 ионных каналов в мембране рецепторных клеток. После чего через открытый канал в волосок начинает течь калиевый ионный ток. Деполяризация пресинаптического окончания волосковой клетки приводит к выходу в синаптическую щель нейромедиатора, который воздействует на постсинаптическую мембрану афферентного волокна и вызывает генерацию в нём возбуждающего постсинаптического потенциала, после чего в нервные центры генерируются импульсы. Рецепторные клетки связаны между собой в пучок тонкими поперечными нитями. При сгибании одного или нескольких более длинных волосков, они тянут за собой все остальные волоски. По этой причине открываются ионные каналы всех волосков и обеспечивается достаточная величина рецепторного потенциала

# Обонятельная система



# Анатомия и физиология органа обоняния

Обоняние играет значительную роль в жизни человека. Оно участвует в отборе пищи (человек отказывается от пищи с неприятным запахом), и в рефлекторном возбуждении пищеварительных желез, предупреждает человека о наличии в воздухе ядовитых или вредных веществ.

Источником различных запахов являются вещества, находящиеся в воздухе в газообразном состоянии или в виде взвеси мельчайших частиц. Эти вещества

воспринимаются дистантными рецепторами, которые представлены окончаниями обонятельных клеток.

Обонятельные клетки располагаются в заднем отделе верхнего носового хода и в задневерхней части носовой перегородки. Общая поверхность обонятельной области небольшая  $\Delta$  около 5 см<sup>2</sup>. Среди опорных клеток располагаются биполярные обонятельные клетки, напоминающие веретено, с булавообразным вздутием на конце периферического отростка  $\Delta$  обонятельные булавки с ресничками. В цитоплазме обонятельных клеток имеются периферические отростки с сократительными образованиями  $\Delta$  миоидами. При сокращении миоидов обонятельные булавки находятся в толще слизи, покрывающей обонятельную область. При расслаблении миоидов они выходят на поверхность и вступают в контакт с пахучими веществами. Центральные отростки обонятельных клеток (их около 20) входят в состав нервных стволиков, проходящих через отверстия решетчатой кости. Эти стволики проникают в обонятельную луковицу, представляющую собой выпячивание вещества головного мозга.

Центральные отростки клеток обонятельной луковицы в составе обонятельного тракта направляются к обонятельным ядрам стволочной части головного мозга.

При дыхании воздух, содержащий пахучие вещества, проходит через нижний и средний носовые ходы и достигает верхней носовой щели, где находится обонятельная область. Пахучие вещества попадают в носовую полость также

через хоаны при жевании и глотании пищи. Этим обеспечивается связь обонятельного анализатора со вкусовым. К пахучим веществам, раздражающим только обонятельные клетки и называемым ольфакторными веществами, относятся эфирные масла растений (гвоздики, лаванды, аниса), бензол, ксилол и др. Кроме того, существуют пахучие вещества, раздражающие одновременно с обонятельными клетками и окончания тройничного нерва. Эти вещества получили название смешанных. К ним относятся камфора, пиридин, эфир, хлороформ, аммиак и др. Смешанные вещества могут вызывать рефлекторную задержку дыхания.

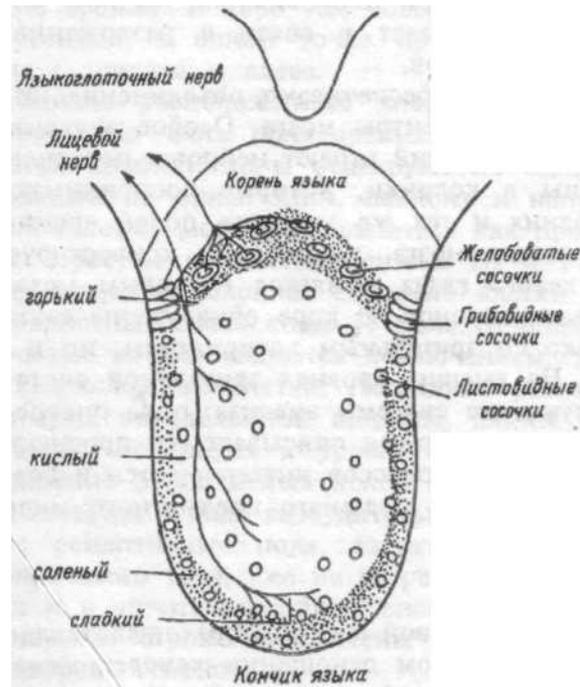
Человек относится к макросматикам, т. е. имеет слабо развитое обоняние. Однако обоняние может быть развито упражнениями. Это имеет место у лиц,

связанных по роду своей профессии с пахучими веществами (парфюмеры, повара, химики, дегустаторы вин и др.). Обоняние компенсаторно развивается у лиц, лишенных главных анализаторов - зрительного и слухового.

# Обонятельные ощущения

- Обонятельная чувствительность является дистантным видом рецепции. С этим видом рецепции связано различие более 400 различных запахов. Чувствительность к запахам зависит от вида пахучего вещества, его концентрации, места его нахождения (в воде, воздухе и т. д.), температуры и влажности воздуха, наличия иных веществ, длительности воздействия и многих других факторов. Пороги абсолютной чувствительности зависят от концентрации пахучего вещества во вдыхаемом воздухе, физиологического и патофизиологического состояния человека, например повышаются после приема пищи, изменяются после заболевания носовой полости. Пороги определяются временем адаптации, которое прямо пропорционально давлению паров пахучего вещества. Так, люди не ощущают запах своей одежды, даже если на них брызнули духами. В данном случае произошла адаптация (привыкание) обонятельного анализатора. В результате адаптации пороги ощущения значительно увеличиваются, а после устранения воздействия пахучих веществ на обонятельный анализатор происходит восстановление чувствительности. Скорость восстановления исходной чувствительности и результаты восстановления для разных веществ неодинаковы. Так, после паров бензина и скипидара восстановление наступает через 5-30 мин, а после формальдегида первоначальная чувствительность не восстанавливается даже в течение 1 часа. Этиловый спирт повышает обонятельную чувствительность выше исходной, и она остается повышенной в течение 1 часа и более. Адаптация обонятельной чувствительности. Различают два вида адаптации - гомогенную и гетерогенную. Гомогенная адаптация - изменение обонятельной чувствительности на тот запах, который действует на обонятельные рецепторы. Гетерогенная адаптация - это изменение чувствительности к запахам других веществ. Анализ обонятельных ощущений возможен только при примерно одинаковой интенсивности запахов веществ. В случае преобладания запахов более слабый будет подавляться. Возможность подавления одного запаха другим используется как мера борьбы со зловонием. Для различения запахов важно соблюдение последовательности чередования запахов. При первоначальной малой интенсивности можно различить запах большей интенсивности, в то же время после сильного запаха ощутить слабый почти невозможно. В литературе подробно описано взаимное ослабление запахов или их взаимная компенсация. Обнаружено много комбинаций пахучих веществ, запахи которых взаимно компенсируют друг друга. Сенсбилизация обонятельной чувствительности. Исследования обонятельной чувствительности у слепых и слабовидящих немногочисленны. Однако они показывают, что обоняние у слепых и слабовидящих по сравнению с нормальнозрящими повышено. Особенно сенсбилизуется обоняние у слепых в процессе тренировки и упражнений в быту и при ориентировке в пространстве. Примером высокой развитости обонятельной чувствительности служит развитие способности ориентироваться в пространстве у слепоглухой О.И. Скороходовой. Благодаря обонянию она точно определяла местоположение различных магазинов, знавала знакомых людей, предметы, цветы и т. д. Познавательное значение обонятельных ощущений особенно повышается у слепых и слабовидящих. Обонятельные ощущения у слепых выражены ярче и имеют более широкий диапазон, поскольку запахи приобретают для них большое сигнальное и познавательное значение. Благодаря предметности обонятельных ощущений слепые и слабовидящие получают дополнительную информацию об изменениях в окружающей среде.

# Вкусовая система.



# Рецепторы

- **Вкусовые почки** — рецепторы вкуса — расположены на языке, задней стенке глотки, мягком небе, миндалинах и надгортаннике. Больше всего их на кончике, краях и задней части языка. Каждая из примерно 10 000 вкусовых почек человека состоит из нескольких (2—6) рецепторных клеток и, кроме того, из опорных клеток. Вкусовая почка имеет колбовидную форму; у человека ее длина и ширина около 70 мкм. Вкусовая почка не достигает поверхности слизистой оболочки языка и соединена с полостью рта через вкусовую пору.
- **Вкусовые клетки** — наиболее короткоживущие эпителиальные клетки организма: в среднем через каждые 250 ч старая клетка сменяется молодой, движущейся к центру вкусовой почки от ее периферии. Каждая из рецепторных вкусовых клеток длиной 10—20 мкм и шириной 3—4 мкм имеет на конце, обращенном в просвет поры, 30—40 тончайших микроворсинок толщиной 0,1—0,2 мкм и длиной 1—2 мкм. Считают, что они играют важную роль в возбуждении рецепторной клетки, воспринимая те или иные химические вещества, адсорбированные в канале почки. Предполагают, что в области микроворсинок расположены активные центры — стереоспецифические участки рецептора, избирательно воспринимающие разные адсорбированные вещества. Этапы первичного преобразования химической энергии вкусовых веществ в энергию нервного возбуждения вкусовых рецепторов еще не известны.
- **Проводящие пути и центры вкуса.** Проводниками всех видов вкусовой чувствительности служат барабанная струна и языкоглоточный нерв, ядра которых в продолговатом мозге содержат первые нейроны вкусовой системы. Многие из волокон, идущих от вкусовых рецепторов, отличаются определенной специфичностью, так как отвечают учащением импульсных разрядов лишь на действие соли, кислоты и хинина. Другие волокна реагируют на сахар. Наиболее убедительной считается гипотеза, согласно которой информация о 4 основных вкусовых ощущениях: горьком, сладком, кислом и соленом — кодируется не импульсацией в одиночных волокнах, а разным распределением частоты разрядов в большой группе волокон, по-разному возбуждаемых вкусовым веществом.
- **Вкусовые афферентные сигналы** поступают в ядро одиночного пучка ствола мозга. От ядра одиночного пучка аксоны вторых нейронов восходят в составе медиальной петли до дугообразного ядра таламуса, где расположены третьи нейроны, аксоны которых направляются в корковый центр вкуса. Результаты исследований пока не позволяют оценить характер преобразований вкусовых афферентных сигналов на всех уровнях вкусовой системы.
- **Вкусовые ощущения и восприятие.** У разных людей абсолютные пороги вкусовой чувствительности к разным веществам существенно отличаются вплоть до «вкусовой слепоты» к отдельным агентам (например, к креатину). Абсолютные пороги вкусовой чувствительности во многом зависят от состояния организма (они изменяются в случае голодания, беременности и т.д.). При измерении абсолютной вкусовой чувствительности возможны две ее оценки: возникновение неопределенного вкусового ощущения (отличающегося от вкуса дистиллированной воды) и осознанное восприятие или опознание определенного вкуса. Порог восприятия, как и в других сенсорных системах, выше порога ощущения.

# Вкусовая адаптация

- При длительном действии вкусового вещества наблюдается адаптация к нему (снижается интенсивность вкусового ощущения). Продолжительность адаптации пропорциональна концентрации раствора. Адаптация к сладкому и соленому развивается быстрее, чем к горькому и кислому. Обнаружена и перекрестная адаптация, т. е. изменение чувствительности к одному веществу при действии другого. Применение нескольких вкусовых раздражителей одновременно или последовательно дает эффекты вкусового контраста или смешения вкуса. Например, адаптация к горькому повышает чувствительность к кислому и соленому, адаптация к сладкому обостряет восприятие всех других вкусовых стимулов. При смешении нескольких вкусовых веществ может возникнуть новое вкусовое ощущение, отличающееся от вкуса составляющих смесь компонентов.

# Сенсорная система человека

- У человека имеются, согласно классификации по физической энергии стимула, являющейся для данного рецептора адекватной:
- **Хеморецепторы** — рецепторы, чувствительные к воздействию химических веществ. Каждый такой рецептор представляет собой белковый комплекс, который, взаимодействуя с определённым веществом, изменяет свои свойства, что вызывает каскад внутренних реакций организма. Среди таких рецепторов: рецепторы органов чувств (обонятельные и вкусовые рецепторы) и рецепторы внутреннего состояния организма (рецепторы углекислого газа дыхательного центра, рецепторы pH внутренних жидкостей).
- **Механорецепторы** — это окончания чувствительных нервных волокон, реагирующие на механическое давление или иную деформацию, действующую извне, или возникающие во внутренних органах. Среди таких рецепторов: тельца Мейснера, тельца Меркеля, тельца Руффини, тельца Пачини, мышечные веретена, сухожильные органы Гольджи, механорецепторы вестибулярного аппарата.
- **Ноцицепторы** — периферические болевые рецепторы. Интенсивная стимуляция ноцицепторов обычно вызывает неприятные ощущения и может причинить вред организму. Ноцицепторы расположены главным образом в коже (кожные ноцицепторы) или во внутренних органах (висцеральные ноцицепторы). В окончаниях миелинизированных волокон (А-тип) они обычно реагируют только на интенсивное механическое раздражение; в окончаниях немиелинизированных волокон (С-тип) могут реагировать на различные типы раздражений (механическое, тепловое или химическое).
- **Фоторецепторы** — светочувствительные сенсорные нейроны сетчатки глаза. Фоторецепторы содержатся во внешнем зернистом слое сетчатки. Фоторецепторы отвечают гиперполяризацией (а не деполяризацией, как другие нейроны) в ответ на адекватный этим рецепторам сигнал — свет. Фоторецепторы размещаются в сетчатке очень плотно, в виде шестиугольников (гексагональная упаковка).
- **Терморецепторы** — рецепторы, отвечающие за температурную рецепцию. Основные из них: колбочки Краузе (дающие ощущение холода) и уже упоминавшиеся тельца Руффини (способные реагировать не только растяжение кожи, но и на тепло).
- **Рецептивное поле** (поле рецепторов) — это область, в которой находятся специфические рецепторы, посылающие сигналы связанному с ними нейрону (или нейронам) более высокого синаптического уровня той или иной сенсорной системы. Например при определённых условиях рецептивным полем может быть названа и область сетчатки глаза, на которую проецируется зрительный образ окружающего мира, и единственная палочка или колбочка сетчатки, возбуждённая точечным источником света. На данный момент определены рецептивные поля для зрительной, слуховой и соматосенсорной систем.