

# Кожный анализатор

- 
- **Анализатор** – совокупность трех отделов нервной системы: периферического, проводникового и центрального.

# Значение кожного анализатора.

---

- У животных, даже обладающих самой примитивной нервной системой, имеются рецепторы, расположенные на поверхности тела и чувствительные к внешним раздражениям. У кишечнополостных они мало специализированы и реагируют на действия различных раздражителей.

- В процессе эволюционного развития происходила дифференциация структуры функции этих рецепторов. Соответственно дифференцировался и центральный отдел анализатора. В результате первичный анализатор общей чувствительности поверхности тела дал начало ряду специализированных анализаторов:
- 

- Вкусовому
- Обонятельному
- боковой линии (у рыб)
- Вестибулярному
- слуховому и зрительному

- 
- Функциональное обособление этих анализаторов не только не снизило значения рецепторной функции кожного покрова, но, наоборот, способствовало ее специализации в определенных направлениях. У многих млекопитающих большое значение приобрела волосковая чувствительность (волоски на летательных перепонках летучих мышей, «усы» ночных хищников).
  - У человека кожный анализатор играет существенную роль в познании внешнего мира. Через рецепторы кожи человек получает представление о плотности и упругости тел, их поверхности (гладкость, шершавость и пр.), температуре и т. д.
  - У ребенка первые представления о форме предметов, об их величине и пространственном соотношении развиваются на основе совместной деятельности нескольких анализаторов, к числу которых наряду со зрительным, двигательным и другими относится и кожный. Не менее велико значение кожного анализатора как источника рефлекторных реакций, особенно оборонительных.

# Периферический отдел кожного анализатора.

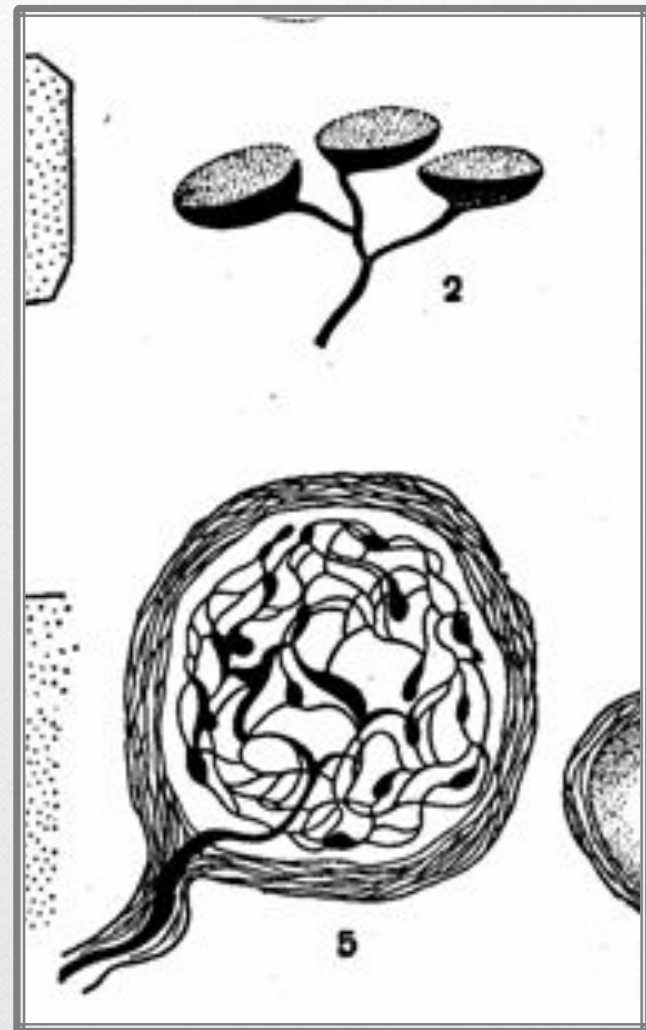
---

- Прилагая слабое электрическое раздражение к различным соседним точкам кожи, можно вызвать отдельные ощущения прикосновения, тепла, холода и боли (ощущение легкого укола). Тот же эффект дает раздражение кожи тонкой иглой или щетинкой.
- На основании этих наблюдений выделяют тактильные, тепловые, холодовые и болевые рецепторы кожи и соответственно четыре вида кожной чувствительности. Их отдельное существование подтверждается отсутствием определенных видов чувствительности в отдельных участках кожи и слизистых оболочек, а также частичной потерей чувствительности при воздействии на кожу некоторыми химическими веществами.

- 
- новокаин вызывает потерю чувствительности к холоду, а затем к боли и некоторое ее снижение к теплу, тогда как тактильная чувствительность не изменяется. Каждый вид кожной чувствительности связан с определенными структурными особенностями рецепторных аппаратов (рис. 1).

Рис. 1. Полусхематическое  
изображение некоторых  
рецепторных аппаратов кожи:

- 1 — свободные нервные окончания в эпидермисе;
- 2 — осязательные тельца Меркеля (главным образом в эпидермисе);
- 3 — осязательное тельце Мейсснера;
- 4 — нервное сплетение вокруг волосяной луковицы;
- 5 — чувствительное к холоду тельце (или колба) Краузе;
- 6 — фатерпачиниево тельце, чувствительное к давлению.





# Виды рецепторов

---

## *Тактильные рецепторы,*

- воспринимающие прикосновение и давление, имеют различное строение. Одни из них, оплетающие волосяную луковицу, обладают большой чувствительностью к малейшим колебаниям волоса. Другие обычно расположенные под самым эпидермисом в сосочках кожи, встречаются там, где отсутствуют волосы, а также в слизистой оболочке кончика языка. Особые рецепторы, которые находятся главным образом в подкожной клетчатке. возбуждаются не при легком прикосновении к коже, а при надавливании, на нее.

## *Рецепторы тепловые и холодовые*

- (т. е. температурной чувствительности) расположены на различной глубине в собственно коже) и в верхних слоях подкожной клетчатки. Опытами с введением в кожу термоэлектрической иглы на различную глубину установлено, что холодовые рецепторы находятся ближе к поверхности, а тепловые в более глубоких слоях кожи.

- 
- Свободные нервные окончания в эпидермисе и в собственно коже, по-видимому, осуществляют *болевою рецепцию*. Однако достаточно сильное раздражение других рецепторов также может вызвать болевое ощущение.

- Тщательное исследование кожи путем точечного раздражения отдельных ее пунктов выявило неодинаковое распределение различных видов чувствительности.

В среднем, не считая волосистой части  
головы, приходится:

---

- болевых точек около 50 на 1 кв. см, а на всей поверхности кожи около миллиона;
- тактильных примерно вдвое меньше;
- холодовых в 4 раза меньше (12 на 1 кв. см);
- тепловых 1—2 на 1 кв. см или всего около 25 000.

В коже различных областей тела количество и соотношение точек разных видов чувствительности сильно варьирует

---

- . На 1 кв. см кожи головы или ладонной стороны ногтевых фаланг кисти приходится более 100 тактильных точек, а на таком же участке кожи голени всего лишь 9—10. В то же время кожа лица содержит тепловых точек в 2—3 раза больше, а холодových несколько меньше, чем кожа ногтевых фаланг.

# Пороги раздражения и пространственного различия.

---

- Различное в отдельных областях кожи количество чувствительных точек, а также особенности структуры и глубины залегания соответствующих рецепторов обуславливают неодинаковые пороги адекватного раздражения разных участков кожи. Так, порог тактильного раздражения для кожи кончика носа или ладонной стороны ногтевой фаланги пальцев руки раз в 10—15 меньше, чем для кожи живота и спины. Относительно редкое расположение холодовых и особенно тепловых точек приводит к тому, что температурное раздражение очень ограниченного участка кожи может совсем не вызвать соответствующего ощущения.

- 
- В области голени, бедра и живота ощущение тепла иногда отсутствует даже в том случае, если площадь раздражаемого участка кожи превышает 1 кв. см. Порог раздражения кожного анализатора зависит также от величины раздражаемой поверхности. Интенсивность температурного ощущения тем выше, чем большая поверхность кожи (например, руки) погружена в холодную или теплую воду.

- 
- Если одновременно прикоснуться к двум соседним точкам кожи, то в зависимости от расстояния между ними можно получить ощущение либо одного, либо двух отдельных прикосновений. По наименьшему расстоянию между раздражаемыми точками кожи, при котором еще ощущается двойное прикосновение, можно судить о пороге пространственного различения тактильных раздражений (*дискриминационная, 1Гли различительная, чувствительность*).

Для определения этого порога  
пользуются специальным  
прибором — *эстезиометром*.

---

- Он состоит из двух ножек с очень тонким, но, слегка притупленным концом; одна из них неподвижна, а другая передвигается вдоль разлинованной шкалы и может быть закреплена на любом расстоянии от первой. Исследования показали, что порог пространственного различения примерно равен: на кончике языка 1 мм, на ладонной стороне ногтевой фаланги пальцев руки 2 мм, на кончике носа 6—7 мм, на лбу 20—25 мм, на плече и предплечье 25—40 мм, на спине и груди 40—70 мм.



# Явления адаптации.

---

- Кожные рецепторы проявляют резко выраженную адаптацию к непрерывно длящимся раздражениям. Надавливание на кожу или прикосновение к ней вызывает появление в соответствующих рецепторах и афферентных волокнах потенциалов действия, следующих друг за другом с большой частотой. Однако почти тотчас же потенциалы начинают становиться все более редкими, а через несколько секунд совсем исчезают. Соответственно прекращается и ощущение давления или прикосновения.

- 
- Относительную адаптацию к теплу и холоду легко обнаружить, если одну руку опустить в воду, охлажденную до  $15^{\circ}$ , а другую — в воду, нагретую до  $45^{\circ}$ : при последующем переносе обеих рук в воду, имеющую температуру  $30^{\circ}$ , получается ясное ощущение, что одна рука находится в теплой воде, а другая — в холодной. опыты показывают, что температурные ощущения зависят не только от абсолютной температуры раздражителя, но также и от состояния кожи, т. е. ее температуры и адаптации к теплу или холоду.

# Проводящие пути кожного анализатора.

---

- Аfferентные волокна, связанные с различными видами кожной чувствительности, отличаются друг от друга толщиной миелиновой оболочки, а следовательно, и скоростью проведения импульсов. По волокнам безмякотным и обладающим тонкой миелиновой оболочкой поступают импульсы, связанные с температурной, болевой, а отчасти и тактильной чувствительностью.

- 
- Волокна второго нейрона проводящих путей перекрещиваются, и направляются к ядрам багров промежуточного мозга, где находятся тела третьего нейрона, проводящего импульсы к коре больших полушарий.
  - Через боковые ответвления (коллатерали) нервных волокон и через промежуточные (вставочные) нейроны импульсы, идущие от кожных рецепторов, могут переходить в спинном мозгу на эфферентные пути.
  - Часть волокон направляется к бугоркам четверохолмия, при участии которых осуществляются такие рефлекторные реакции на раздражение кожи, как поворот головы, движение глаз, настораживание и т. п.

# Корковый отдел кожного анализатора.

---

- У человека ядро коркового отдела кожного анализатора расположено в постцентральной области коры больших полушарий. Основная масса афферентных волокон направляется к полю 5, которое находится в глубине центральной борозды, а также к соседним полям 1 и 2. Уже в спинном мозгу пучки волокон, несущих импульсы от разных участков кожи, занимают строго определенное положение, а, дойдя до латерального ядра бугров промежуточного мозга, заканчиваются около различных клеточных групп, каждая из которых направляет свои аксоны к определенным участкам коры преимущественно противоположного полушария. В результате ядро коркового отдела кожного анализатора можно рассматривать как своеобразную проекцию кожи.

- Исследование мозга людей, у которых при жизни отсутствовала чувствительность отдельных участков кожи, а также опыты с электрическим раздражением коры во время мозговых операций позволили установить корковую локализацию кожной чувствительности у человека. В верхнем участке постцентральной" извилины проецируется кожа нижних конечностей, а в среднем и нижнем участках — кожа верхних конечностей и головы. Величина корковой проекции различных областей кожи пропорциональна их богатству рецепторами, что совпадает и с функциональной значимостью отдельных участков кожного анализатора. Так, проекция кожи туловища занимает относительно малое Пространство; большой участок занимает проекция стопы, а еще больший — кисти. Особенно велики размеры проекции большого пальца и губ. Следует, однако, отметить, что участки коры, связанные с определенными областями кожи, в сильной степени перекрывают друг друга.

- Повреждение Постцентральной извилины, и особенно поля 3, влечет за собой резкое расстройство анализа и синтеза кожных раздражений. Однако даже при полном разрушении постцентральной области коры (например, при удалении мозговой опухоли) происходит постепенное восстановление грубой чувствительности к давлению, теплу, холоду и боли. Это объясняется наличием в других участках коры рассеянных элементов кожного анализатора. Особенно широко рассеяны те элементы, раздражение которых вызывает болевые ощущения. Своеобразное нарушение наблюдается при поражениях верхней теменной области (поля 5 и 7): точно локализуя раздражаемый участок кожи, человек не может определить характер раздражения, а при ощупывании не различает знакомые предметы, т. е. не узнает их.

# Анализ и синтез кожных раздражений.

---

- В опыте на спинномозговом препарате животного можно обнаружить элементарный пространственный анализ, проявляющийся в различных рефлекторных двигательных реакциях в зависимости от места раздражения. Наличие четырех основных видов кожной чувствительности, связанных с различными рецепторами, создает возможность качественного периферического анализа раздражения.
- В известной мере анализ, а также и синтез может продолжаться и в проводящих путях, особенно в соответствующих ядрах бугров промежуточного мозга. Здесь взаимодействие импульсов, идущих от разных участков кожи и от разных ее рецепторов, может определять как ответную реакцию, осуществляемую через подкорковые двигательные ядра, так и судьбу тех импульсов, которые направляются в кору больших полушарий. В буграх же происходит взаимодействие импульсов, относящихся к разным анализаторам, что, по-видимому, служит источником тех неясных, смутных ощущений общего состояния организма, которые принято называть низшими эмоциями.



- Высший анализ и синтез раздражений, связанный с образованием положительных и отрицательных условных рефлексов, происходит в корковом отделе анализатора. Здесь возникают связи между определенными комбинациями очагов возбуждения в каждом анализаторе и теми очагами, которые появляются в коре под влиянием раздражений, падающих на другие анализаторы. Опыты на собаках показали, что можно выработать условные рефлексы на самые различные тактильные, температурные и болевые раздражения, сочетая их с действием тех или иных безусловных раздражителей. Очень сходные раздражения, как правило, легко могут быть отдифференцированы. Так, удастся выработать дифференцировку на тактильные раздражители, приложенные к двум соседним участкам кожи, а также на различную силу или частоту раздражений.

- Тонкий анализ и синтез раздражении приобретает особое значение в тех случаях, когда выбывают из строя другие анализаторы. Высокого совершенства аналитико-синтетическая деятельность кожного анализатора достигает у людей, потерявших зрение и слух.
- Примером может служить слепоглухонемая Ольга Скороходова, опубликовавшая в 1947 году книгу под названием «Как я воспринимаю окружающий мир».
- Малейшие колебания температуры, еле заметное движение воздуха, ничтожные детали ощупываемого предмета — все это становилось источником определенных условных связей, позволяющих легко и быстро ориентироваться в окружающих явлениях.

# Взаимодействие различных видов кожной чувствительности.

---

- Обычно раздражения, воспринимаемые кожей, носят комплексный характер, ибо действуют на разные виды рецепторов, причем получается единое обобщенное ощущение, характер которого зависит от степени вовлечения в реакцию различных видов рецепторов. Приложение к коже холодного или теплого предмета в первый момент вызывает отчетливое ощущение прикосновения, к которому быстро присоединяется и становится доминирующим ощущение холода или тепла.

- Объясняется это тем, что импульсы от тактильных рецепторов быстрее достигают центральной нервной системы, ибо проходят по толстым мякотным волокнам, тогда как от тепловых и холодовых рецепторов импульсы идут по безмякотным или тонким мякотным волокнам. Следовательно, прежде всего очаг возбуждения возникает в тех корковых клетках, которые получают импульсы от тактильных рецепторов. Последующее появление второго очага возбуждения — в клетках, получающих импульсы от тепловых или холодовых рецепторов, — вызывает в силу отрицательной индукции понижение возбудимости клеток, воспринимающих тактильное раздражение.

- Сила очагов возбуждения, возникающих в коре под влиянием импульсов от тактильных и болевых рецепторов, зависит от характера и интенсивности раздражения, причем более сильный (доминирующий) очаг вследствие отрицательной индукции способен понижать возбудимость слабого очага. Этим объясняется ослабление или отсутствие тактильных ощущений при сильном болевом раздражении, или, наоборот, уменьшение болевых ощущений, если потирать рукой ушибленное место, прикладывая к нему холодный или теплый предмет. Болевые ощущения могут совсем отсутствовать, когда одновременно сильно раздражаются тактильные и относительно слабо болевые рецепторы.

- Аналогичный корковый механизм лежит в основе подавления болевых ощущений путем интенсивного сжимания рук; в этом случае сильный очаг возбуждения возникает не только в кожном, но и в двигательном анализаторе.

---

- Значение коркового взаимодействия импульсов, приходящих от различных рецепторов кожи, особенно отчетливо выявляется при некоторых заболеваниях центральной нервной системы. Поражение бугров промежуточного мозга может резко нарушить тактильную чувствительность, тогда как болевая и температурная сохраняются. Однако болевые и температурные ощущения изменяются: они становятся очень резкими и плохо локализуются.
- Например, укол в области плеча воспринимается как резкое болевое раздражение всей или большей части конечности. Это объясняется тем, что возбуждение, возникающее в коре под влиянием болевого раздражения, легко иррадирует, чему способствует отсутствие отрицательной индукции со стороны корковых центров тактильной чувствительности.

- Сходные явления отмечал английский невропатолог Хэд.
- Он перерезал у себя веточку кожного нерва, тотчас же сшил ее концы и затем в продолжение длительного времени наблюдал за восстановлением кожной чувствительности по мере того, как происходила регенерация нервных волокон.

---

- Прежде всего начала восстанавливаться болевая и грубая температурная чувствительность. В этот период легкий укол большого пальца иглой и даже простое прикосновение к коже вызывали резкое и мучительное болевое ощущение. Приложение теплового раздражителя ( $+45^{\circ}$  и выше), а также холодового ( $+10^{\circ}$  и ниже) вызывало столь же резкие и очень неприятные температурные ощущения. Все эти ощущения носили разлитой характер: определить место приложения раздражителя не удавалось. Значительно позднее стала восстанавливаться чувствительность тактильная и тонкая температурная.
- Вскоре болевые ощущения приобрели обычный, нормальный характер, и опять появилась способность точно локализовать наносимые раздражения.

- На основании своих наблюдений Хэд пришел к выводу о существовании двух видов чувствительности:
  - филогенетически древней, примитивной
  - позднее появившейся тонкой.
- 
- Однако этот вывод требует дальнейших подтверждений, так как некоторые факты ему противоречат. Описанные Хэдом наблюдения следует рассматривать как лишнее подтверждение коркового взаимодействия импульсов, приходящих от различных рецепторов кожи, а также значения тактильной чувствительности для точной локализации наносимых на кожу раздражений. Факторы, определяющие чувствительность кожного анализатора. Существенное влияние на чувствительность кожного анализатора оказывают температура кожи и состояние кровообращения в ней (например, сужение или расширение кожных сосудов). Известно, что при повышении температуры кожи ее чувствительность к тактильному и болевому раздражениям повышается, а при охлаждении понижается.



- Изменение температуры влияет и на порог пространственного различения. Чувствительность к теплу и холоду, далеко не одинаковая у отдельных людей, в сильной степени зависит от адаптации кожи к этим раздражителям. Как правило, она особенно велика при температуре кожи 28—30°. Наблюдения над чувствительностью кожи руки показали, что при этой температуре разностный порог ощущения нередко может достигать 0,1°. Чувствительность понижается к тепловым раздражителям при адаптации- кожи к низкой температуре, а к холодовым — при адаптации к высокой температуре. Изменения кожной чувствительности зависят и от состояния центрального отдела анализатора.
- Во-первых, центральная нервная система, реагируя на поступающие с периферии импульсы, оказывает рефлекторные влияния на кожу: изменяет ее функциональное состояние, а тем самым и чувствительность.
- Во-вторых, меняется возбудимость корковых клеток кожного анализатора; она повышается, если афферентные импульсы достаточно интенсивны и особенно при образовании жизненно важных условных связей.
- Этим объясняется повышение кожной чувствительности под влиянием профессиональных навыков, а также при нарушении функции других анализаторов, что имеет место у слепых и у слепоглухонемых.

- Слабые тактильные и температурные раздражения, в особенности длительно и часто повторяющиеся, наоборот, понижают возбудимость корковых клеток и приводят к развитию в них процесса торможения.
- Методом условных рефлексов показано, что такие раздражения легко вызывают иррадиацию торможения. Изменение возбудимости коркового отдела анализатора может происходить и под влиянием сдвигов функционального состояния корковых отделов других анализаторов.
- Установлено, что порог тактильных раздражений, а также порог их пространственного различения в условиях освещения ниже (т. е. чувствительность выше), чем в темноте.
- Порог тактильных раздражений понижается и в том случае, если усиливается приток импульсов с рецепторов двигательного анализатора (например, при нанесении болевого раздражения путем внутримышечной инъекции солевого раствора).
- Повышение кожной чувствительности при раздражении центрального отдела зрительного и двигательного анализаторов объясняется иррадиацией возбуждения на корковые клетки кожного анализатора.

- 
- Порог раздражения может, наоборот, повышаться вследствие отрицательной индукции, возникающей под влиянием сильного очага возбуждения в корковом отделе другого анализатора. Так, значительное мышечное напряжение резко повышает порог болевых и тактильных раздражений, т. е. понижает чувствительность к ним. Аналогичное влияние, особенно на порог пространственного различения тактильных раздражений, оказывает утомление. Надо полагать, что и в этом снижении кожной чувствительности существенную роль играют корковые процессы.

# Кожный анализатор как источник рефлекторных реакций.

---

- Рефлекторные реакции возникают при раздражении рецепторов любого анализатора. Так, вкусовые и запаховые раздражители вызывают рефлексы со стороны органов пищеварения; в ответ на звуковое или световое раздражение может появиться ориентировочный рефлекс и т. д.
- Не составляет исключения и кожный анализатор. Сосудистые, двигательные и другие рефлексы легко возникают в ответ на различные раздражения кожи. Особое значение приобретают рефлексы на болевое раздражение. Сильное болевое ощущение возникает при действии на кожу любых раздражителей, если они достигают большой интенсивности и оказывают повреждающее действие.
- Иными словами, болевыми раздражителями могут оказаться самые разнообразные физические и химические агенты, будь то тепло или холод, механическое воздействие (например, давление или растяжение), химические вещества и т. д.
- Следовательно, для рецепции боли адекватна не природа раздражителя, а *интенсивность* его воздействия на кожу.

- Если в результате образования соответствующих условных рефлексов звуковые, зрительные и другие раздражители могут быть сигналами предстоящего повреждения организма, то болевое раздражение сигнализирует уже наступившее повреждение.

---

- В ответ на такой сигнал возникает оборонительная безусловнорефлекторная реакция; она направлена на устранение раздражителя или на удаление от него. Оборонительная реакция на повреждающее болевое раздражение кожи не ограничивается тем или иным ответным двигательным актом.
- Она проявляется в значительных изменениях функций различных органов.

- 
- Еще в 70-х годах прошлого века Павлов обнаружил, что в условиях острого опыта болевое раздражение вызывает резкое торможение секреторной функции пищеварительных желез. В дальнейшем было установлено, что под влиянием боли наступают рефлекторные изменения кровообращения, повышается свертываемость крови и увеличивается содержание в ней адреналина и сахара, нарушается функция почек и т. д.

- Иногда при сильном и внезапном раздражении наблюдаются остановка сердца и другие сильные изменения жизненно важных функций, в результате чего наступает гибель организма.

---

- Таким образом, рефлекс на болевое раздражение представляет собой целостную реакцию всего организма. Характер этой реакции зависит как от состояния самого организма, так и от интенсивности повреждающего действия. Чаще всего болевое раздражение повышает возбудимость нервной системы и вызывает такие координированные реакции различных органов, которые облегчают протекание защитных функций организма.