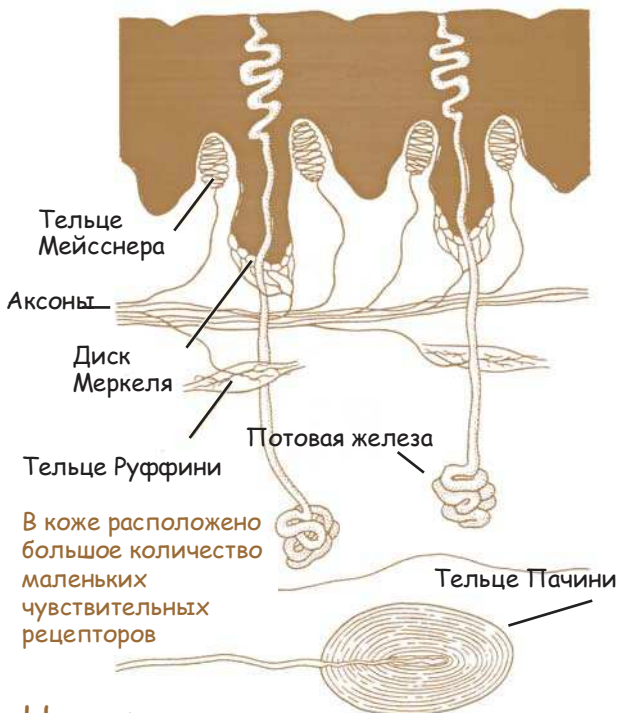


Осязание и боль

Осязание бывает разным - при рукопожатии, поцелуе, крещении. Оно обеспечивает наш первый контакт с миром. Множество рецепторов нашего тела настроены на восприятие различных аспектов соматосенсорного мира - прикосновения, температуры, положения тела, а также некоторых других для чувства боли. Сила дискриминации варьирует в различных участках тела, будучи наивысшей в таких местах, как кончики пальцев. Активное исследование окружающей среды имеет важное значение, особенно учитывая связь с двигательной системой. Боль призвана информировать и предупреждать о повреждениях тела. Она имеет сильный эмоциональный эффект, и значительно контролируется телом и мозгом.



Начинается в коже

В дермальном слое кожи, под поверхностью, находится большое количество маленьких рецепторов. Названные в честь ученых, впервые идентифицировавших их под микроскопом, тельца Пачини и Мейсснера, диски Меркеля и окончания Рuffини чувствительны к различным аспектам осязания. Все эти рецепторы имеют ионные каналы, которые открываются в ответ на механическую деформацию, запускают потенциалы действия, которые можно зарегистрировать в эксперименте при помощи тонких электродов. Некоторые удивительные эксперименты были сделаны несколько лет назад учеными на самих себе, путем введения электродов в свою кожу для записи сигналов от одиночных чувствительных волокон. Благодаря этим, а также сходным опытам над анестезированными животными, мы теперь знаем, что первые два вида рецепторов

адаптируются быстро и отвечают в основном на быстроизменяющиеся надавливания (чувство **вибрации** и **дрожания**), диски Меркеля отвечают на продолжительное давление на кожу (чувство давления), тогда как окончания Рuffини отвечают на медленно изменяющиеся надавливания. Важным понятием, связанным с соматосенсорными рецепторами, является **рецептивное поле**. Это область кожи, за которую отвечает один индивидуальный рецептор. Тельца Пачини имеют гораздо большее рецептивное поле, чем тельца Мейсснера. Вместе, эти и другие рецепторы охватывают всю поверхность тела. После распознавания стимула, они шлют импульсы по чувствительным волокнам, которые через задние корешки входят в спинной мозг. Аксоны, идущие от рецепторов прикосновения, представляют собой толстые миелинизированные волокна, которые передают информацию с периферии к коре мозга очень быстро. Холод, тепло и боль распознаются тонкими аксонами со «**свободными**» нервными окончаниями, имеющими меньшую скорость проведения. Температурным рецепторам также свойственна **адаптация**. (смотрите «Экспериментальный Блок»). В продолговатом мозге и таламусе, до проецирования в первичную чувствительную область - **соматосенсорную кору** - происходит перекрест чувствительных путей. Нервы пересекают срединную линию таким образом, что правая сторона тела представлена в левом полушарии, а левая сторона - в правом.



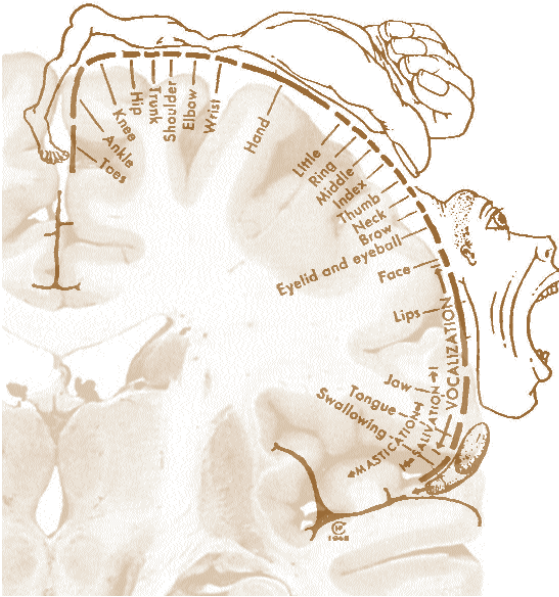
Эксперимент по температурной адаптации

Эксперимент очень прост. Вам потребуется металлический стержень около метра длиной и два ведра воды. Одно ведро должно быть наполнено довольно горячей водой, а другое - очень холодной. Поместите левую руку в одно ведро, а правую в другое, и держите там не меньше минуты. Затем выньте руки наружу, очень быстро вытрите их и схватите металлический стержень. Вы почувствуете, что разные концы стержня имеют разную температуру. Почему?

Чувствительный вход с тела систематически «картирован» в соматосенсорной коре и формирует представление поверхности тела. Некоторые части тела, такие как кончики пальцев и рот, имеют высокую плотность рецепторов, и, соответственно, большее число чувствительных нервов. Другие области, такие как спина, имеют гораздо меньше рецепторов и нервов. Однако, в соматосенсорной коре плотность нейронов одинакова.

Следовательно, карта поверхности тела в коре сильно искажена. В связи с этим иногда используют термин «гомункулус», означающий странно перекошенного человечка, который получился бы, если бы количество чувствительных рецепторов было равномерно распределено на поверхности тела.

Вы можете проверить различия в чувствительности разных частей тела при помощи **дискриминационного теста**. Изогните скрепки в виде буквы "V" так, чтобы расстояние между кончиками у одной было 2-3 см, а у другой - гораздо меньше. Затем, завязав глаза, попросите друга прикоснуться кончиками скрепки различных частей Вашего тела. Вы чувствуете два кончика или один? Иногда вы чувствуете один кончик, хотя на самом деле их два? Почему?



«Гомункулус». Представлен рисунок человечка, нарисованного на поверхности соматосенсорной коры пропорционально количеству рецепторов, относящихся к той или другой части тела. Они имеют искаженную форму.

Удивительная сила различения

Способность ощущать тонкие детали значительно варьирует в различных частях тела, и наиболее сильно развита в кончиках пальцев и губах. Кожа чувствительна настолько, что позволяет ощутить точку высотой менее чем на одну сотую миллиметра - поэтому слепые могут читать шрифт Брайля. Существует направление в нейронауке, занимающееся изучением того, как различные типы рецепторов участвуют в выполнении различных процессов, например, различения текстуры поверхности или определения формы предмета.

Осязание - не просто пассивное чувство, отражающее то, что мы получаем. Оно участвует также и в активном контроле движения. Нейроны двигательной коры, контролирующие мышцы пальцев, получают чувствительные входы от рецепторов кончиков пальцев. Как можно лучше узнать, что предмет выскальзывает из рук, если не путем быстрой связи между чувствительной и двигательной системами? Перекрест между чувствительной и двигательной системами начинается в спинном мозге,

включая проприоцептивную обратную связь с мотонейронами, а затем продолжается на всех уровнях соматосенсорной системы. Первичные сенсорная и моторная зоны находятся в непосредственной близости друг от друга в мозге.

Активное изучение очень важно для осязания. Представьте, что Вам необходимо различить несколько поверхностей, например, разные виды ткани или наждачной бумаги. Какое действие, по вашему, поможет лучше это сделать?

- Прикладывать Ваши пальцы к образцам?
- Ощупать образцы целиком?
- Сделать «машинный прогон» образцов через Ваши пальцы?

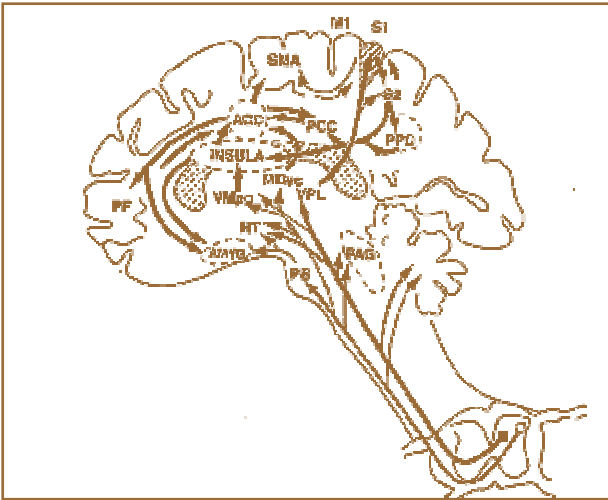
Исход таких поведенческих экспериментов приведет к вопросу о том, где в мозге обрабатывается чувствительная информация. Функциональное исследование мозга свидетельствует о том, что идентификация поверхностей объектов путем осязания требует активации различных областей коры. Показав, что карта тела в соматосенсорной зоне изменяется с опытом, визуализация мозга начинает давать понимание о пластичности коры. Например, слепые читатели брайлевской печати обладают увеличенным корковым представителем указательного пальца, используемого в чтении, а те, кто играют на струнных инструментах, имеют увеличенное корковое представительство пальцев левой руки.

Боль

Отделяемая от осязания как другое кожное чувство, боль действительно является системой с совершенно другими функциями и другой анатомической организацией. Основными характеристиками боли является то, что она неприятна, значительно варьирует у разных людей, и информация, передаваемая болевыми рецепторами, мало говорит о природе стимула (боль от ссадины и от крапивы мало отличается). Древние греки считали боль эмоцией, но не чувством.

Запись от одиночных чувствительных волокон дает информацию об ответах на стимулы, вызывающие или просто угрожающие повреждением тканей - интенсивные механические стимулы (как щипок), сильный нагрев, различные химические стимулы. Но эти эксперименты ничего не говорят конкретно о субъективном опыте.

Молекулярно-биологические технологии позволили установить структуру и свойства ноцицепторов. Они включают рецепторы, которые отвечают на температуру выше 46°C, на кислотность тканей, и, сюрприз! - на активный компонент «чилийского» перца. Гены рецепторов, отвечающих на интенсивную механическую стимуляцию, еще не идентифицированы, но скоро будут. Два класса периферических афферентных нервов передают болевые стимулы: относительно быстрые миелинизированные **волокна типа Аδ** и очень тонкие, медленные немиелинизированные **волокна типа С**. Оба типа нервов входят в спинной мозг, где образуют синапс с набором нейронов, проецирующихся в кору мозга. Они идут по параллельным восходящим путям, один из которых обеспечивают локализацию боли (аналогично осязательным путям), другие отвечают за эмоциональный аспект боли.



Восходящие болевые пути – из спинного мозга в несколько областей ствола мозга, а также в кору, включая ACC (передняя поясная извилина) и островковую извилину

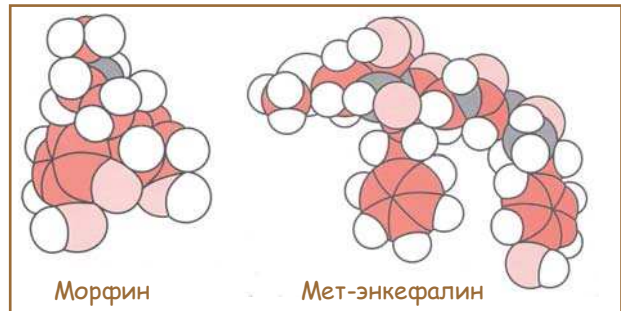
Этот второй путь проецируется не в соматосенсорную кору, а в другие области, такие как **передняя поясная** и **островковая** извилины. В визуализационных экспериментах с применением гипноза можно отделить чисто болевую чувствительность от неприятного чувства боли.

Люди погружали руки в горячую до боли воду и подвергались гипнотическому внушению усиления или ослабления интенсивности боли или ее неприятности. С использованием позитронно-эмиссионной томографии было показано, что при изменении интенсивности испытываемой боли наблюдалась активация соматосенсорной коры, тогда как влияние на неприятность боли сопровождалось активацией передней поясной извилины.

Жизнь без боли?

Учитывая наше желание избежать боли, например, на приеме у стоматолога, можно подумать, что жизнь без боли гораздо лучше. Это не так. Одна из ключевых функций боли – дать нам возможность избежать ситуации, вызывающей боль. Потенциалы действия болевых нервов, входящих в спинной мозг, запускают автоматические защитные рефлексы, такие как рефлекс отдергивания. Они также обеспечивают очень важную информацию, позволяющей избежать опасных и угрожающих ситуаций.

Другая ключевая функция боли – подавление активности. Отдых способствует заживлению поврежденной ткани. Конечно, в некоторых ситуациях очень важно, чтобы активность и реакция избегания не были подавлены. Чтобы справиться с такими ситуациями, существуют физиологические механизмы, позволяющие подавить или усилить боль. Первым из таких модулирующих механизмов было открыто выделение **эндогенных анальгетиков**. В условиях возможных ранений, например, у солдат на поле боя, чувство боли снижено до удивительного уровня, предположительно, за счет выделения этих веществ. Эксперименты на животных показали, что электрическая стимуляция некоторых областей мозга, таких как водопродное серое вещество, вызывает выраженное повышение болевого порога. Этот эффект обеспечивается нисходящими путями из среднего мозга в спинной.



В нем участвует ряд химических передатчиков, включающий эндогенные опиоиды, такие, как мет-энкефалин. Обезболивающее средство морфин действует на те же рецепторы, что и эндогенные опиоиды.

Противоположный феномен, сопровождающийся усилением боли, называется гиперальгией. Он связан со снижением болевого порога, увеличением интенсивности боли, а иногда и расширением области болевых ощущений и даже болью в отсутствие болевых стимулов. Это может быть важной клинической проблемой. Гиперальгезия связана с сенситизацией периферических рецепторов, а также сложными феноменами на разных уровнях восходящих болевых путей. Сюда входит взаимодействие химических вызванных возбуждения и торможения. Гиперальгезия наблюдается при хронических болевых состояниях, приводящих к усилению возбуждения и снижению торможения. Во многом это связано с изменениями реактивности нейронов, обрабатывающих чувствительную информацию. Важные изменения наблюдаются в рецепторных молекулах, опосредующих действие соответствующих нейромедиаторов. Несмотря на значительный прогресс в нашем понимании клеточных механизмов гиперальгезии, клиническое лечение хронической боли до сих пор неадекватно.

Передовые исследования



Традиционная китайская медицина использует процедуру под названием «акупунктура» для снижения боли. Она проводится путем введения тонких игл в кожу в определенных точках тела, расположенных на «меридианах». Затем целитель крутит и колеблет иглы. Это действительно снимает боль, однако до недавнего времени никто точно не знал, почему.

40 лет назад, исследовательская лаборатория из Китая обнаружила, как это происходит. Их исследования показали, что электрическая стимуляция одной частоты вибрации запускает выделение эндогенных опиоидов под названием эндорфины, таких как мет-энкефалин, тогда как стимуляция с другой частотой активирует систему, чувствительную к динорфинам. Эта работа привела к разработке недорогого электрического акупунктурного прибора (слева), который может быть использован для снятия боли вместо лекарств. Пара электродов накладывается на точки «Хеку» на руке (справа), другая – на место боли.