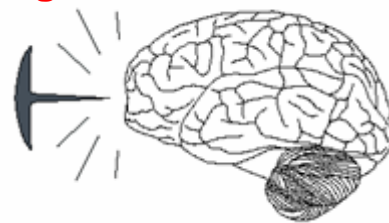
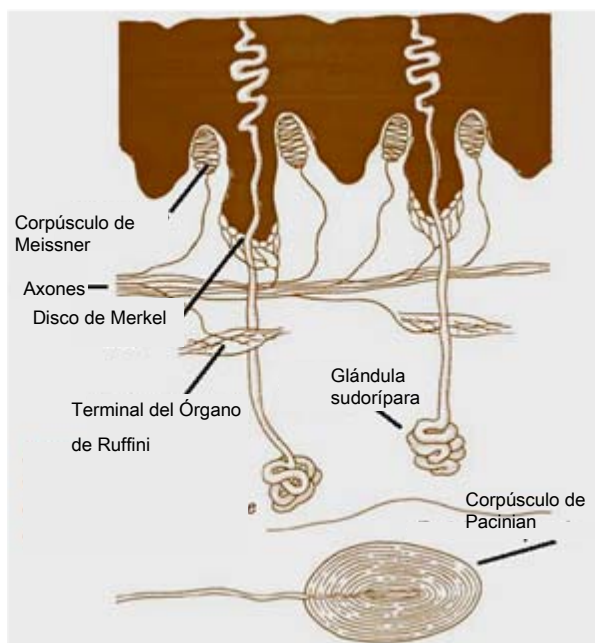


# Tacto y dolor



El tacto es especial (un apretón de manos, un beso, un bautizo). Nos permite nuestro primer contacto con el mundo. Múltiples variedades de receptores, distribuidos por todo nuestro cuerpo, están sintonizados con diferentes aspectos del mundo somatosensorial (tacto, temperatura, posición del cuerpo), mientras que otros se encargan de percibir el dolor. El poder de discriminación de estos receptores varía en función de la zona del cuerpo, siendo extremadamente sensibles, entre otros, en las yemas de los dedos. La exploración activa es también muy importante ya que interacciona directamente con el sistema motor. El dolor nos informa y nos advierte del daño causado a nuestro cuerpo. Tiene un gran impacto emocional y está sujeto a un gran control por parte del cuerpo y del cerebro.



## Todo comienza en la piel

Dentro de la dermis de la piel, por debajo de la superficie, se encuentran inmersos diferentes tipos de pequeños receptores. Estos receptores reciben el nombre de los científicos que los identificaron por primera vez al microscopio, corpúsculos de **Pacianian** y **Meissner**, discos de **Merkel** y los terminales del organo de **Ruffini** identifican/sienten diferentes aspectos del tacto. Todos estos receptores tienen canales iónicos que se abren en respuesta a una deformación mecánica, creando potenciales de acción que se pueden registrar experimentalmente por medio de electrodos muy finos. Algunos experimentos sorprendentes fueron realizados hace ya algunos años por ciertos científicos que experimentaron sobre ellos mismos, insertando electrodos en su propia piel y registrando la actividad de determinados nervios sensoriales. Gracias a estos experimentos y a algunos experimentos parecidos en animales anestesiados sabemos que, los dos primeros tipos de receptores se adaptan rápidamente y responden

mucho mejor a deformaciones rápidas (sentido de la **vibración** u **agitación**). Los discos de Merkel responden mejor a deformaciones duraderas de la piel (sentido de la **presión**), mientras que los terminales del órgano de Ruffini responden mejor a deformaciones lentas.

Un concepto muy importante con respecto a los receptores somatosensoriales es su **campo de recepción**. Éste equivale al área concreta de la piel donde cada receptor responde individualmente. Los corpúsculos de Pacinian tienen campos de recepción mayores que los de los corpúsculos de Meissner. Éstos y otros receptores son los que aseguran que vosotros podáis sentir las cosas por todo vuestro cuerpo. Una vez que detectan un estímulo, los receptores envían diferentes impulsos a través de los nervios sensoriales que van a las raíces dorsales de la médula espinal. Los axones que conectan los receptores del tacto con la médula espinal son fibras mielinizadas de gran longitud que transmiten la información desde la periferia hacia la corteza cerebral, muy rápidamente. El frío, el calor y el dolor son detectados por axones finos con terminales "desnudos" (sin mielina), que transmiten la información más lentamente. Los receptores de cambios de temperatura también muestran **adaptación** (ver la ventana del experimento). En la médula y en el tálamo existen estaciones de relevo, para el tacto, antes de llegar al área sensorial primaria dentro de la corteza cerebral llamada **corteza somatosensorial**. Los nervios cruzan la línea media de manera que el lado derecho del cuerpo está representado en el hemisferio izquierdo y el izquierdo en el derecho.



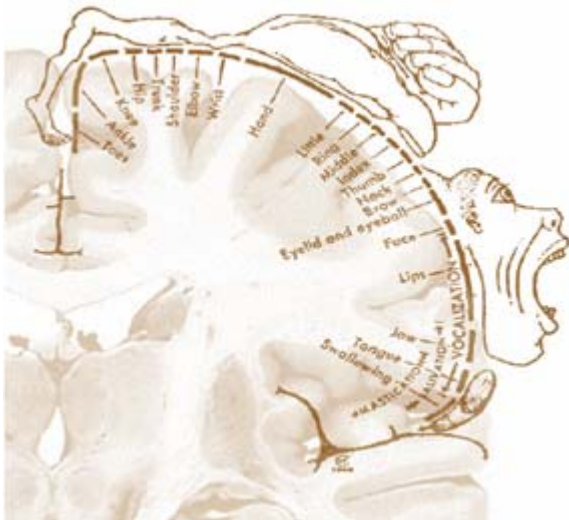
Un experimento de adaptación a la temperatura

Este experimento es muy sencillo. Necesitáis una barra metálica de aproximadamente un metro de longitud, por ejemplo un barra para colgar toallas, y dos cubos de agua. Un cubo debe contener agua caliente y el otro debe contener agua lo más fría posible. Meted vuestra mano izquierda en un cubo y la derecha en el otro, y mantenerlas dentro durante al menos un minuto. Ahora sacad las manos de los cubos, secáoslas rápidamente y sujetad la barra de metal. Los dos extremos de la barra darán la sensación de estar a diferentes temperaturas. ¿Por qué?

La información recibida por el cuerpo es sistemáticamente representada en la corteza somatosensorial formando una **representación de la superficie corporal**. Algunas partes del cuerpo, tales como las yemas de los dedos y la boca tiene una gran cantidad de receptores y, por tanto, una gran cantidad de nervios sensoriales. Otras zonas como la espalda tienen menos receptores y menos nervios.

Sin embargo, dentro de la corteza somatosensorial la densidad de neuronas es uniforme. Por consiguiente, la representación de la superficie corporal en la corteza está distorsionada. Esta representación se denomina el **homúnculo** sensorial y representaría que una persona, curiosamente, distorsiona con sus receptores del tacto distribuidos de una manera homogénea a lo largo de la superficie corporal.

Vosotros podéis comprobar esta diferencia de sensibilidad realizando el test de discriminación de dos puntos. Coged un clip de papel y deformadlo hasta que adopte una forma de U, algunos con los extremos separados por 2-3 cm. y otros con ellos más próximos. Luego con un antifaz puesto, le pedís a un amigo que os toque diferentes partes del cuerpo con ellos. ¿Sentís sólo un extremo o los dos? ¿Alguna vez sentís un extremo cuando realmente estáis siendo tocados por dos? ¿Por qué?



El homúnculo. La imagen de una persona está dibujada a lo largo de la corteza somatosensorial de manera proporcional al número de receptores que existen en esa parte del cuerpo. Tiene una forma muy distorsionada.

## Un poder de discriminación exquisito

La capacidad de distinguir pequeños detalles varía mucho dependiendo de la parte del cuerpo y está mucho más desarrollada en las yemas de los dedos y en los labios. La piel es tan sensitiva que sería capaz de determinar las dimensiones de un punto de menos de 1/100 parte de milímetro de altura, siempre y cuando lo tocara de la misma forma que un persona invidente leyendo Braille. Un área de investigación muy importante se dedica a estudiar como los diferentes tipos de receptores contribuyen a las diferentes tareas que permiten discriminar entre texturas e identificar la forma de los objetos.

El tacto no es un sentido pasivo que responde sólo a lo que recibe sino que, también está implicado en el **control activo del movimiento**. Las neuronas de la corteza motora que controlan los músculos del brazo y que son responsables del movimiento de los dedos reciben impulsos sensoriales de los receptores del tacto, situados en la yema de los dedos. ¿Qué mejor forma de detectar y reconocer un objeto en la palma de vuestra mano, gracias a la rápida comunicación entre los sistemas sensoriales y motores? La comunicación entre el sistema sensorial y motor se inicia a nivel de la médula espinal e implica una comunicación recíproca con las

neuronas motoras, que se continua a todos los niveles en el sistema somatosensorial. Las cortezas primarias sensoriales y motoras se encuentran situadas la una junto a la otra.

La exploración activa es fundamental para el tacto. Imagínate que estás intentando determinar las diferencias que existen entre distintos papeles de lija. ¿Qué condiciones son las que nos permitirán diferenciarlos mejor?

- ¿Situat las yemas de vuestros dedos sobre las muestras?
- ¿Situat y recorrer con las yemas de vuestros dedos las muestras?
- O ¿Utilizar una máquina que os pase las diferentes muestras sobre las yemas de vuestros dedos?

Este tipo de experimentos nos ayudan a determinar en que región del cerebro se analiza la información sensorial. La toma de imágenes funcionales del cerebro nos indica que la identificación de las distintas texturas de los objetos se realiza en distintas áreas de la corteza. La toma de imágenes del cerebro nos está empezando a elucidar los fenómenos de **plasticidad cortical**, revelándonos que la representación del cuerpo en la corteza somatosensorial es variable dependiendo del tipo de experiencia. Por ejemplo, los invidentes poseen una representación cortical del dedo índice que us an para la lectura del Braille mucho mayor, así como los músicos que tocan instrumentos de cuerda tienen una mayor representación de los dedos de la mano izquierda.

## Dolor

Aunque el dolor se considera muchas veces como un sentido adicional de la piel, constituye en realidad un sistema con funciones y organización anatómica totalmente diferentes. Su mayor característica es que es un sentido que aporta sensaciones desagradables que varía dependiendo de la persona y que, sorprendentemente, sus receptores proveen una información limitada sobre la naturaleza del estímulo b (las diferencias entre el dolor que sentimos por una quemadura o un pinchazo de aguja son mínimas). Los antiguos griegos consideraban el dolor como una emoción y no como una sensación.

El registro de fibras sensoriales individuales nos ha revelado la existencia de respuestas que solamente indican la posibilidad de un daño tisular, como por ejemplo, un estímulo mecánico intenso (un pellizco), una quemadura o distintos estímulos químicos. No obstante, este tipo de experimentos no nos aporta ninguna información referente a las sensaciones del individuo.

Las técnicas actuales de biología molecular nos han revelado la estructura y características de diferentes **nociceptores**. Dentro de los nociceptores se encuentran receptores que responden a temperaturas superiores a 46° C, acidez e incluso responden, de manera sorprendente, al componente activo de las guindillas. Los genes de los receptores que responden a intensas estimulaciones mecánicas todavía no se conocen pero, evidentemente, están ahí. Existen dos tipos de fibras aferentes nerviosas que responden al dolor: unas mielinizadas relativamente rápidas llamadas **fibras Ad** y unas finas, lentas y no mielinizadas llamadas **fibras C**. los dos tipos de fibras llegan a la médula espinal donde establecen contacto (sinapsis) con un tipo de células, que a su vez, se proyectan a la corteza cerebral. Esta proyección la realizan a través de las vías paralelas ascendentes, una que localiza el dolor (parecida a la del tacto) y la otra que se ocupa del aspecto emocional del dolor.



Vías ascendentes del dolor, desde una región de la espina dorsal (abajo) van hacia diferentes áreas del tronco cerebral y la corteza incluyendo CCA (corteza cingulada anterior) y la insular.

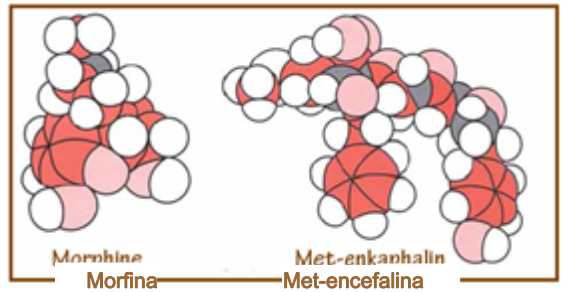
Esta segunda vía proyecta a zonas muy diferentes de la corteza somatosensorial, que incluyen la **corteza cingulada anterior** así como la **corteza insular**. En experimentos de proyección de imagen cerebral realizados por medio de hipnosis, se ha podido diferenciar la sensación de dolor de la sensación de desagrado al dolor.

Los sujetos sumergen las manos en agua extremadamente caliente y por medio de la sugestión hipnótica se les hace sentir más o menos intensidad de dolor o desagrado al dolor. Utilizando tomografía por emisión de positrones, se ha descubierto que durante los cambios de intensidad en la sensación de dolor, se activa la corteza somatosensorial, mientras que durante los cambios en la sensación de desagrado al dolor se activa la corteza cingulada anterior.

### ¿Una vida sin dolor?

Dada nuestra necesidad de evitar cualquier fuente de dolor, como ir al dentista, os podríais imaginar que una vida sin dolor sería maravillosa. ¡Pero no! Ya que una de las funciones claves del dolor es el permitirnos aprender a evitar las situaciones que nos causan dolor. Los acciones de potencial de los nervios nociceptivos entran por la médula espinal iniciando reflejos protectores, como el arco reflejo para evitar el dolor. También suministran la información necesaria que nos hace aprender como evitar situaciones amenazantes o peligrosas.

Otra de las funciones claves del dolor es el evitar la actividad innecesaria, como por ejemplo, el descanso que después de habernos hecho un daño tisular nos permite curarlo. Por supuesto, en algunas situaciones, es fundamental que la actividad y las reacciones de escape no se inhiban. Para ayudarnos a controlar este tipo de situaciones se han desarrollado diferentes mecanismos fisiológicos que pueden suprimir o incrementar el dolor. El primero de estos mecanismos moduladores en ser descubierto fue la liberación de analgésicos endógenos. En situaciones de posible dolor, como los soldados en batalla, la sensación de dolor puede suprimirse de manera notable, probablemente debido a la liberación de estas sustancias. Los experimentos en animales han demostrado que la estimulación eléctrica de ciertas regiones del cerebro tales como la sustancia gris acueductal, eleva el umbral de dolor y esto es mediado por una vía descendente que va desde el cerebro medio hasta la médula espinal.



Existen ciertos transmisores químicos implicados en la analgesia que incluyen los opiáceos endógenos como por ejemplo, la **met-enkefalina**. El analgésico conocido como **morfina** actúa sobre los mismos receptores que ciertos opiáceos endógenos.

El fenómeno opuesto de aumento del dolor se llama hiperalgesia. En este caso se produce una reducción del umbral del dolor, un aumento de la intensidad del dolor y, a veces, un aumento del área en donde se siente el dolor o incluso dolor en ausencia de una estimulación dolorosa. Esto puede constituir un grave problema clínico. La hiperalgesia induce una sensibilización de los receptores periféricos así como una serie de procesos complejos a diferentes niveles de las vías ascendentes. Entre estos procesos se encuentra la interacción química entre excitación e inhibición. La hiperalgesia que se observa en estados de dolor crónico se debe fundamentalmente a un aumento de la excitación y una disminución de la inhibición. Esto se debe a cambios en la respuesta de las neuronas que procesan la información sensorial. También aparecen cambios importantes en los receptores que median la acción de los neurotransmisores implicados. A pesar de los grandes avances realizados en la comprensión de los mecanismos celulares de la hiperalgesia, el tratamiento clínico del dolor crónico sigue sin ser el adecuado.

### Investigación Fronteriza



La medicina tradicional china, utiliza la "acupuntura" como un tratamiento efectivo para aliviar el dolor. En este proceso se implantan unas agujas muy finas en la piel distribuidas en unos puntos determinados del cuerpo que se llaman meridianos, y que se giran o se hacen vibrar por la persona que trata al paciente. Esta técnica alivia el dolor pero hasta hace muy poco no se sabía como funcionaban exactamente.

Hace cuarenta años se estableció un laboratorio en China para intentar descubrir como funciona este proceso. Sus hallazgos revelaron que la estimulación eléctrica producida a una determinada frecuencia de vibración activa la liberación de unos opiáceos endógenos llamados endorfinas tales como la met-enkefalina, mientras que la estimulación a otra frecuencia activa un sistema sensible a las dinorfinas. Todos estos descubrimientos han llevado al desarrollo de una máquina eléctrica y de bajo coste de acupuntura (izquierda) que puede ser usada para disminuir el dolor, reemplazando a las drogas. Un par de electrodos se sitúan en los puntos "Hegu" de la mano mientras que otro se sitúa en la zona del dolor.

