



Organizzazione e funzionalità dei sistemi sensoriali I sensi somatici

a cura di Antonio Incandela

Il concetto di sensibilità

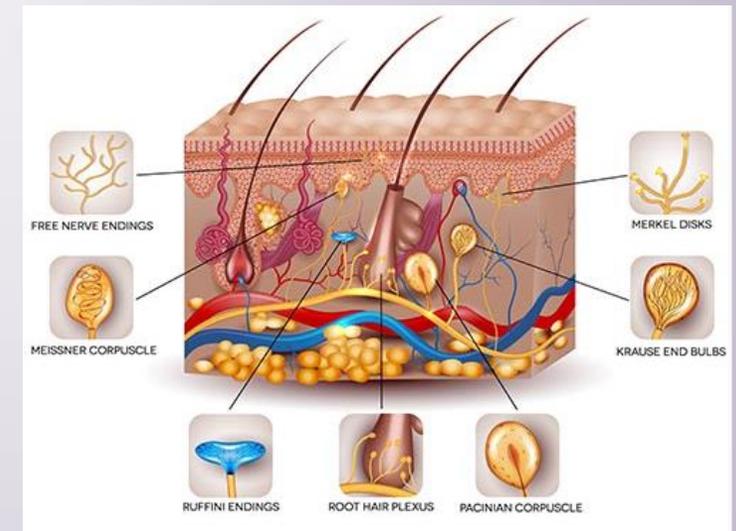
La **sensibilità** consiste nella capacità di raccogliere stimoli di diversa natura, provenienti dall'ambiente esterno e interno, grazie ai recettori che consistono in particolari neuroni o cellule specializzate.

Si distinguono due forme di sensibilità::

- ❖ **Sensibilità specifica**, rappresentata dai cinque sensi speciali: olfatto, gusto, vista, udito, equilibrio

Si tratta di veri e propri organi di senso, formati da un gran numero di **recettori sensoriali**.

- ❖ **Sensibilità generale**, affidata a piccoli recettori sensitivi distribuiti in tutto il corpo che costituiscono:
 - i **sensi somatici** che comprendono le sensazioni tattili, termiche, dolorose e propriocettive
 - i **sensi viscerali** che forniscono informazioni sulle condizioni degli organi interni



I recettori possono essere classificati in base a diversi criteri:

- **Localizzazione**
- **Rapporti con la fibra nervosa**
 - **Struttura**
 - **Funzione**

Classificazione dei recettori in base alla loro localizzazione

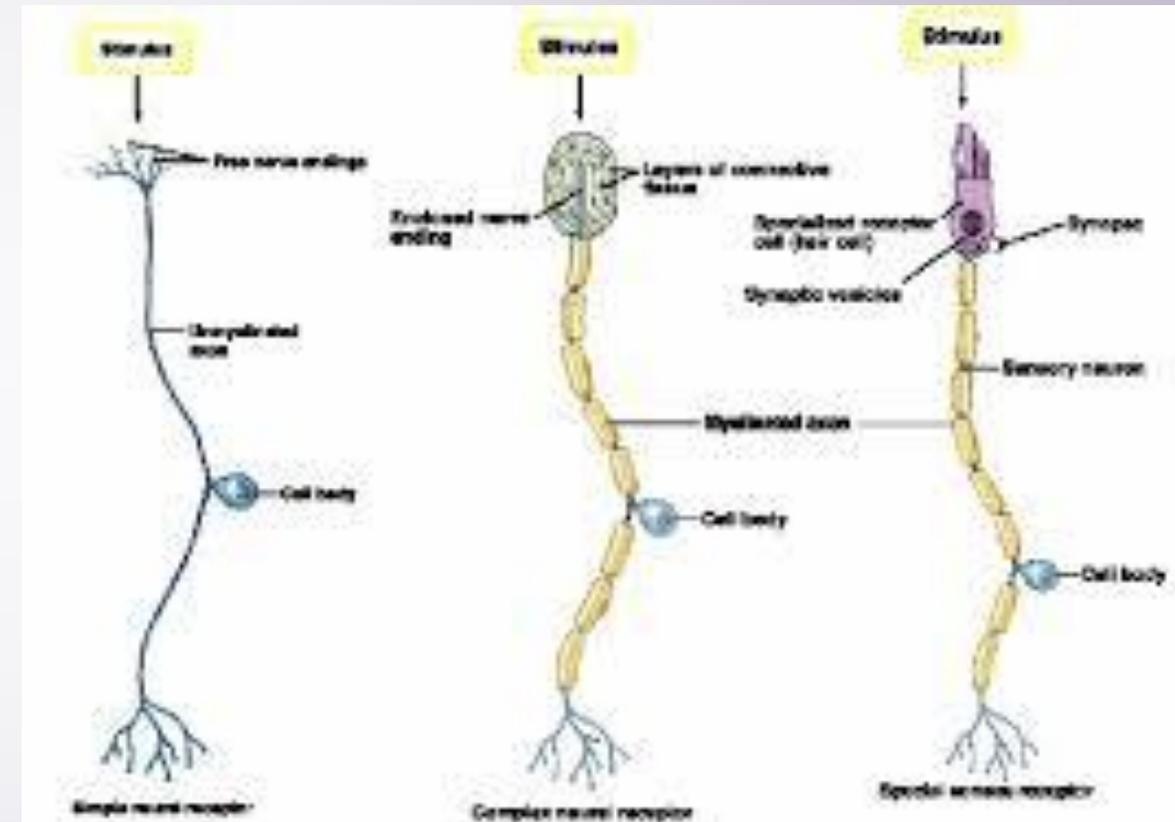
- **ESTEROCETTORI**: recettori sensibili a stimoli provenienti dall'esterno. Essi sono localizzati sulla superficie del corpo (recettori cutanei, della retina, dell'orecchio e della mucosa olfattiva)
- **PROPRIOCETTORI**: recettori sensibili a stimoli relativi ai movimenti e alla posizione del corpo nello spazio. Essi sono localizzati nei muscoli scheletrici (fusi neuromuscolari), nei tendini (organi tendinei del Golgi) e nelle articolazioni (recettori cinestetici)
- **ENTEROCETTORI**: recettori sensibili a stimoli provenienti dall'ambiente interno. Essi sono localizzati in profondità (recettori viscerali)

Classificazione dei recettori in base ai rapporti con la fibra nervosa

RECETTORI di I tipo : specializzazioni anatomico-funzionali delle terminazioni periferiche del neurone sensitivo primario (recettori cutanei profondi)

RECETTORI di II tipo : vere e proprie cellule che fanno sinapsi con la terminazione afferente del neurone sensitivo (recettori uditivi, gustativi e vestibolari)

RECETTORI di III tipo : cellule sensoriali diverse dal neurone sensitivo responsabile della trasmissione del segnale visivo ai centri superiori (cellule gangliari), con cui non fanno sinapsi direttamente, ma attraverso un neurone bipolare interposto tra le due cellule (fotorecettori retinici)

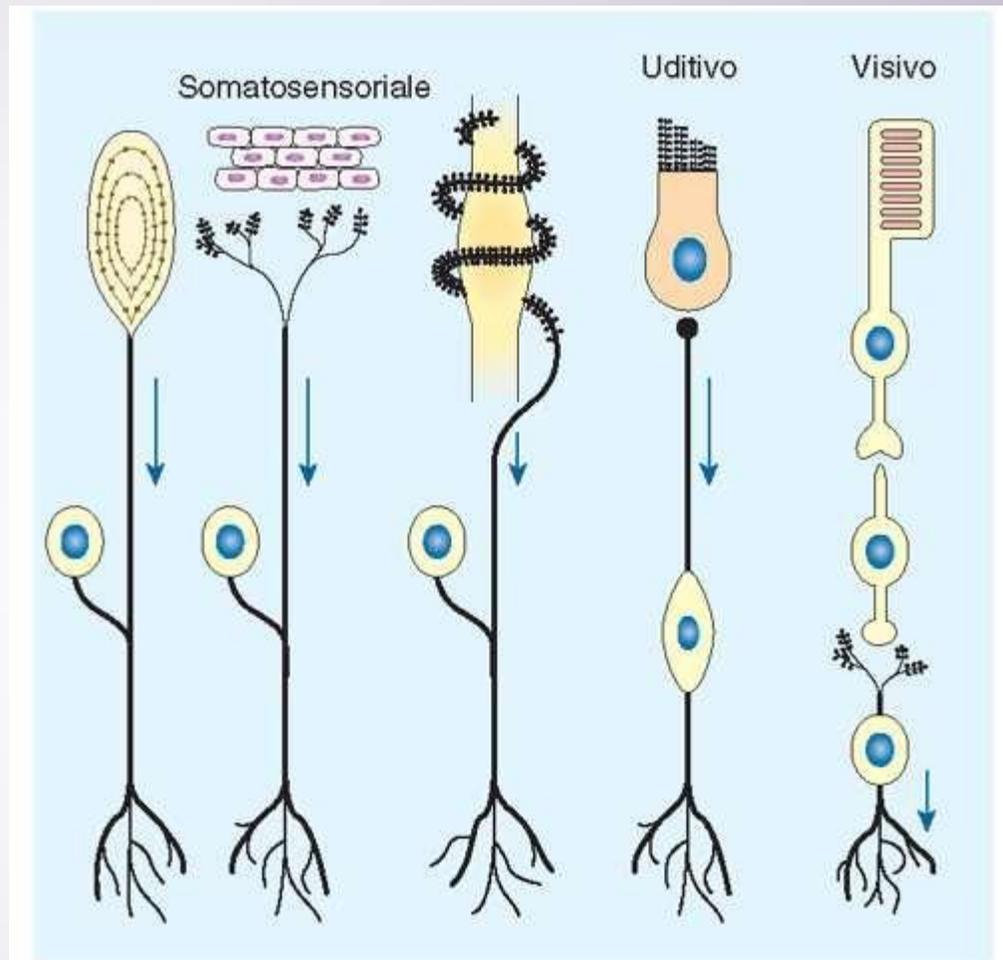


Classificazione dei recettori in base alla struttura

Terminazioni nervose libere: dendriti liberi, privi alle estremità di qualsiasi specializzazione (es. recettori per il dolore, il calore, il solletico, il prurito)

Terminazioni nervose incapsulate: i dendriti sono racchiusi in una capsula di tessuto connettivo (es. corpuscoli di Pacini)

Cellule separate: cellule non nervose specializzate che formano sinapsi con neuroni sensoriali (es. fotocettori della retina, cellule ciliate dell'organo del Corti nell'orecchio interno, cellule gustative della lingua)



Morfologia di alcuni recettori sensoriali. La freccia indica il punto in cui si generano i potenziali d'azione.

Classificazione dei recettori in base alla funzione

Meccanocettori : recettori sensibili a stimoli meccanici come la deformazione e l'allungamento delle cellule. Essi forniscono sensazioni relative a tatto, pressione, vibrazione, propriocezione, udito ed equilibrio, controllano la dilatazione dei vasi sanguigni e degli organi interni

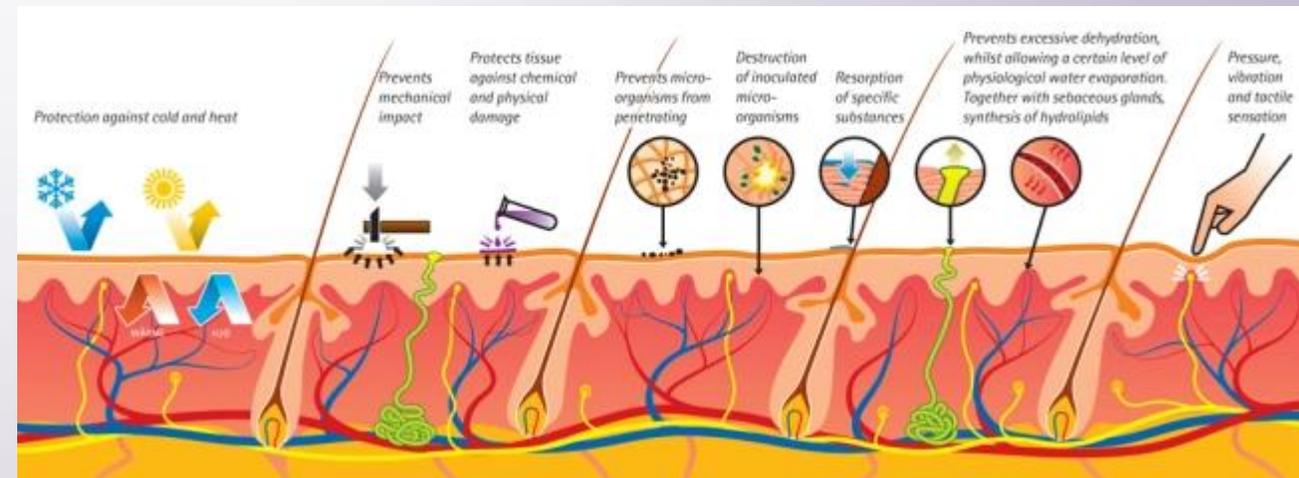
Termocettori : recettori che rilevano le variazioni di temperatura

Nocicettori : recettori attivati da stimoli dolorosi dovuti a danni chimici o fisici ai tessuti

Fotocettori : recettori sensibili alla luce che colpisce la retina

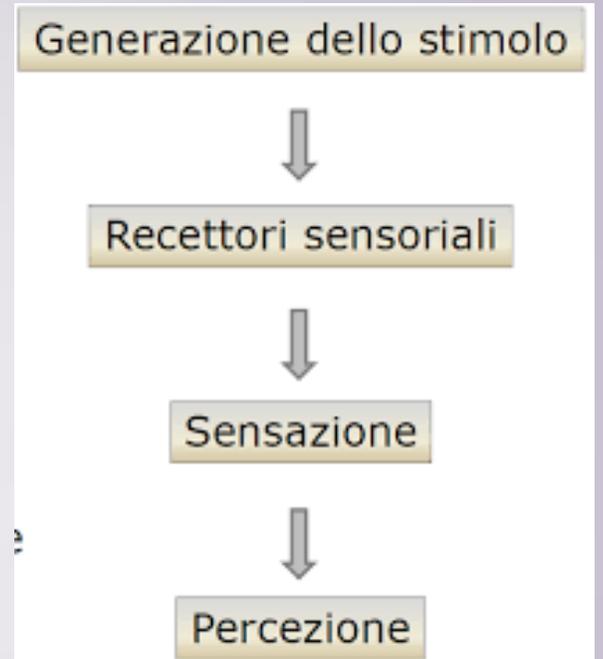
Chemiocettori : recettori che rilevano le sostanze chimiche presenti nella bocca, nel naso e nei liquidi corporei

Osmocettori : recettori sensibili alla pressione osmotica dei liquidi corporei



La percezione dello stimolo

- I recettori sono in grado di trasformare stimoli di varia natura (luminosi, chimici, sonori, termici) in segnali elettrici, che, sotto forma di potenziali d'azione, vengono inviati al sistema nervoso centrale
- Quando il potenziale d'azione arriva all'encefalo genera una **sensazione**
- L'encefalo elabora la sensazione e la integra con altre informazioni originando la **percezione**

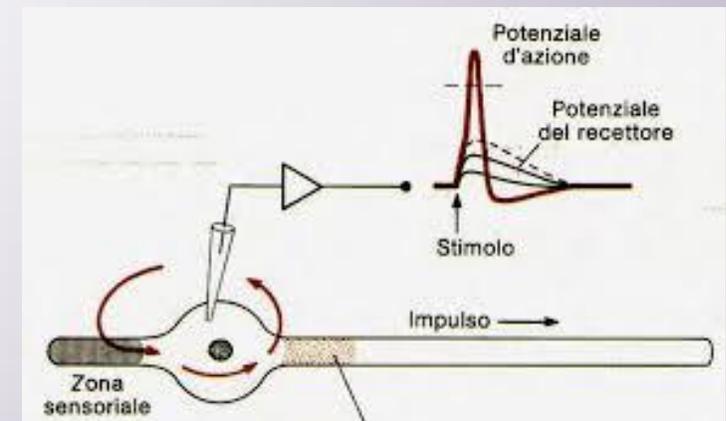
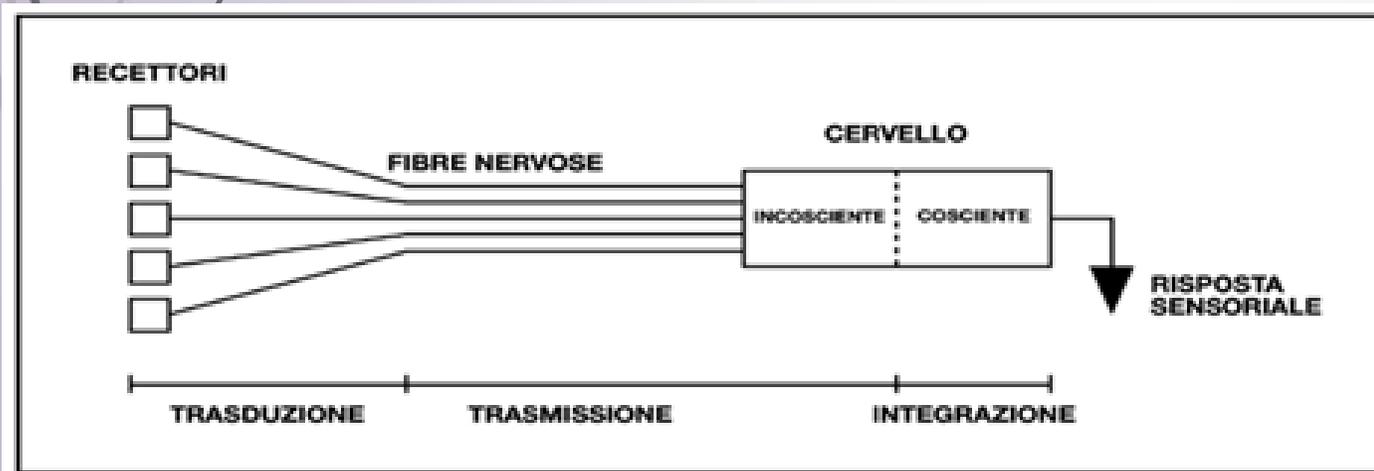


La percezione è la consapevolezza cosciente accompagnata dall'interpretazione delle sensazioni, funzione svolta principalmente dalla corteccia cerebrale che vede coinvolte diverse strutture encefaliche: aree sensoriali, aree associative e sistema limbico (che può accedere ai ricordi acquisiti)

La produzione della sensazione

La produzione di una sensazione risulta subordinata a diverse condizioni:

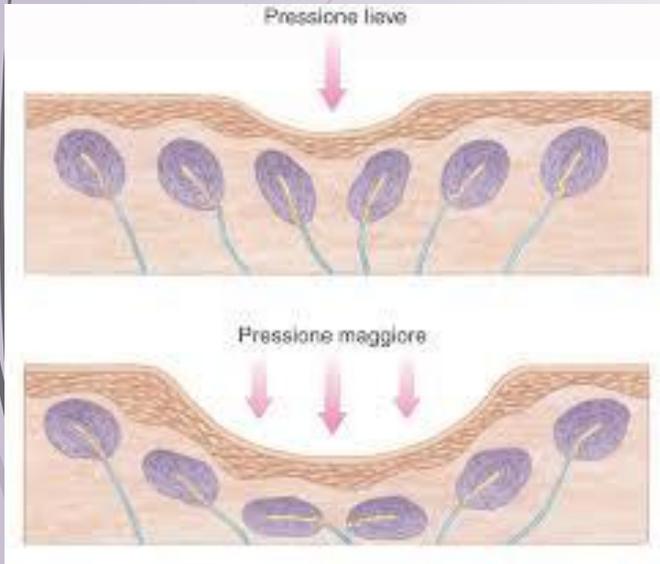
- 1- La **presenza di uno stimolo adeguato**, capace di attivare uno specifico recettore
- 2- La **trasduzione del segnale**, ovvero la conversione dello stimolo in un segnale elettrico da parte del recettore. Le cellule recettrici sono munite, infatti, di specifiche proteine di membrana che rispondono a determinati stimoli attivando l'apertura o la chiusura di particolari canali ionici il che genera un cambiamento nel potenziale di riposo della membrana (**potenziale del recettore**). Tale potenziale del recettore può diffondere solo per piccole distanze e, pertanto, per viaggiare nel sistema nervoso deve essere convertito in potenziale d'azione
- 3- La **trasmissione degli impulsi nervosi al SNC attraverso una via nervosa**
- 4- La **ricezione, l'elaborazione e l'integrazione degli impulsi nervosi da parte del SNC**



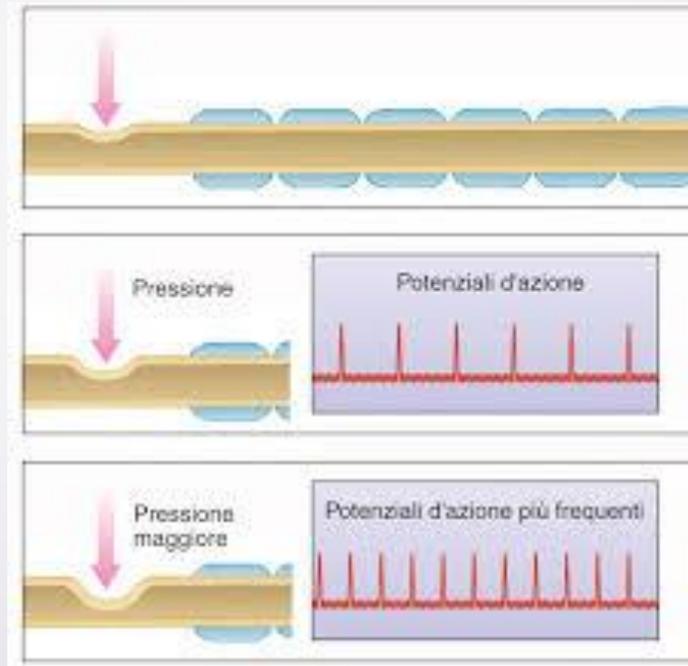
La qualità dello stimolo è codificata dalla via di trasmissione

- La stimolazione di un nocicettore darà sempre luogo, ad esempio, a una sensazione di dolore

L'intensità dello stimolo è codificata tramite due modalità:



Numero di recettori attivati (reclutamento)



Frequenza di scarica dei potenziali d'azione

Le cellule recettrici dei calici gustativi, in presenza di zucchero, generano un potenziale del recettore che viene poi convertito in potenziale d'azione e inviato al SNC

- Il passaggio del segnale dalla cellula recettrice al neurone sensoriale è mediato da un neurotrasmettitore
- La quantità di neurotrasmettitore liberata dipende dalla concentrazione di zucchero

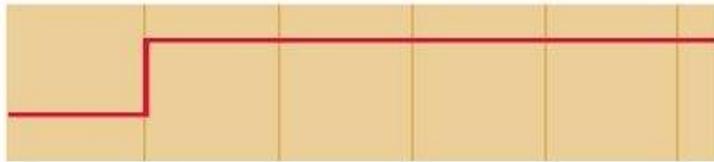
L'**adattamento** consiste nella diminuzione di intensità della sensazione durante uno stimolo prolungato e costante, dovuta alla diminuzione di sensibilità dei recettori

In tali condizioni i recettori tendono a produrre un potenziale di recettore minore e a innescare un minor numero di potenziali d'azione per cui l'encefalo perde la consapevolezza degli stimoli

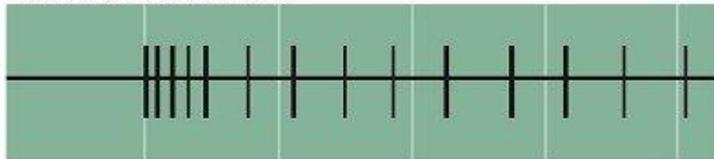
- I recettori che controllano gli stimoli associati al dolore e alla posizione del corpo sono ad adattamento lento (tonici) e forniscono informazioni per tutta la durata dello stimolo
- I recettori associati all'olfatto, alla pressione e al tatto sono ad adattamento rapido (fasici) e si rendono più adatti a informare sull'inizio e sulla fine dello stimolo

Adattamento della risposta allo stimolo

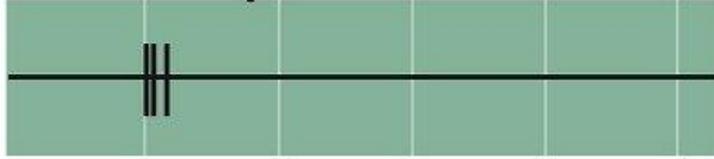
Stimolo



Adattamento lento



Adattamento rapido



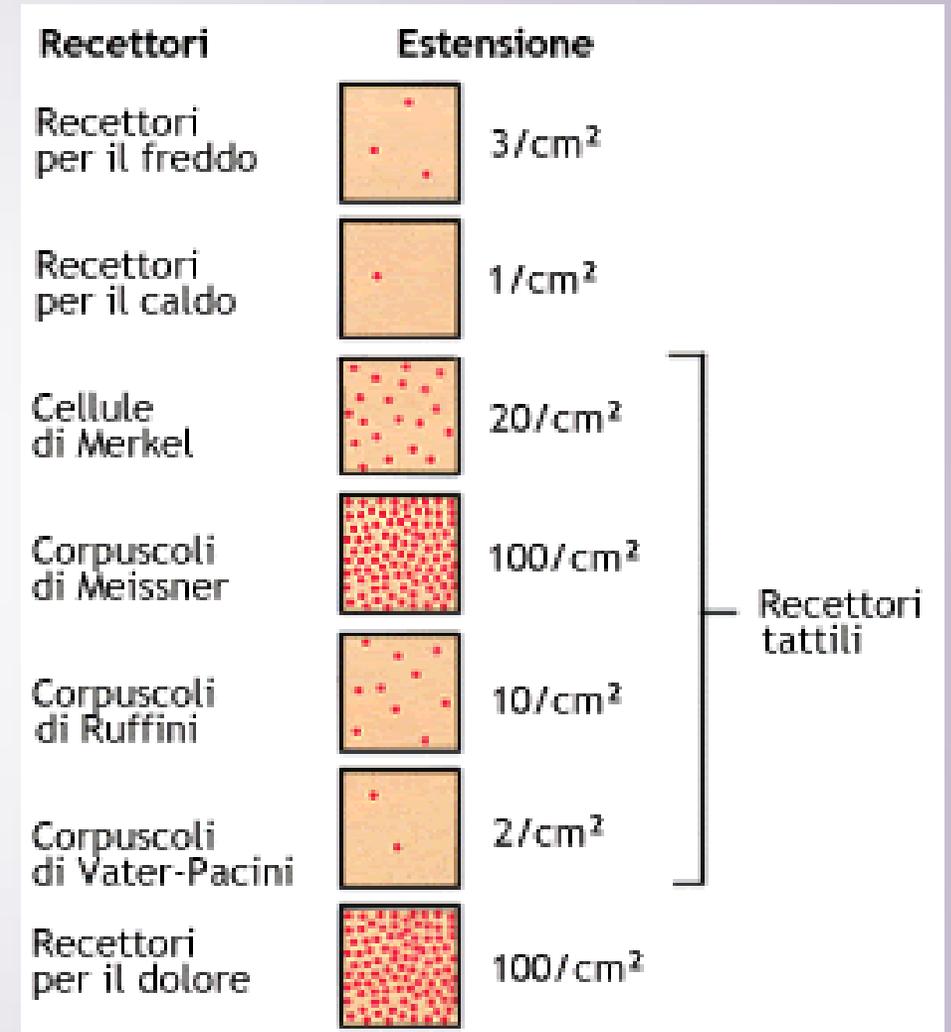
0 1 2 3 4

I neuroni sensoriali sono in grado di rispondere ripetitivamente agli stimoli

Ma possiedono la capacità di *adattamento* allo stimolo

I **sensi somatici** derivano dalla stimolazione di recettori sensitivi presenti nella cute, nelle mucose, nei muscoli, nei tendini e nelle articolazioni

Tali recettori non sono equamente distribuiti sulla superficie corporea e si presentano maggiormente rappresentati sulla punta della lingua, sulle labbra e sulla punta delle dita



Distribuzione dei recettori cutanei

I recettori sensitivi per il dolore, detti **nocicettori**, sono terminazioni nervose libere ad adattamento molto lento localizzate in tutti i tessuti del corpo, a esclusione dell'encefalo.

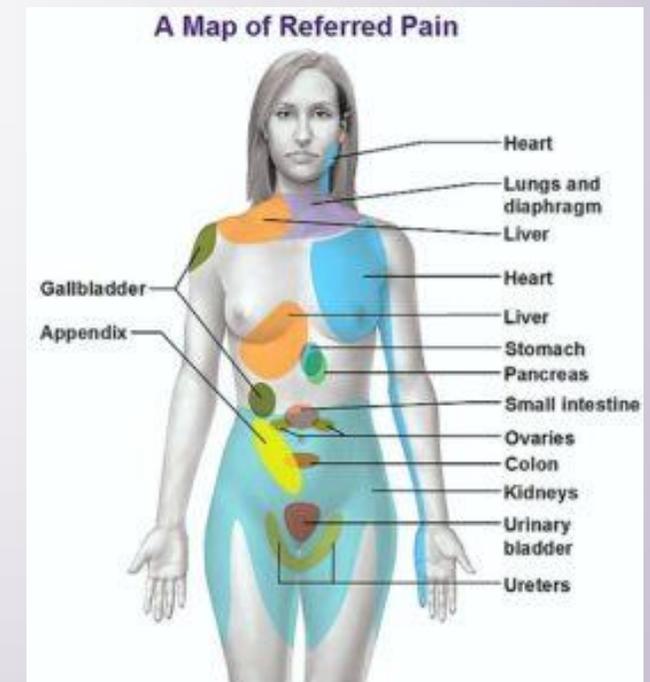
A seconda della sua manifestazione temporale, si distinguono due forme di dolore:

- Il **dolore rapido** che compare entro un decimo di secondo dallo stimolo dolorifico e che, generalmente, non viene percepito dai tessuti profondi (es. la puntura di un ago)
- Il **dolore lento** che compare entro un secondo o più dallo stimolo dolorifico e che perdura a lungo (es. il mal di denti)

Il dolore riferito

Trattasi di una sensazione che viene proiettata a distanza rispetto al viscere in cui origina lo stimolo nocivo, come il dolore al braccio nel corso di un infarto miocardico

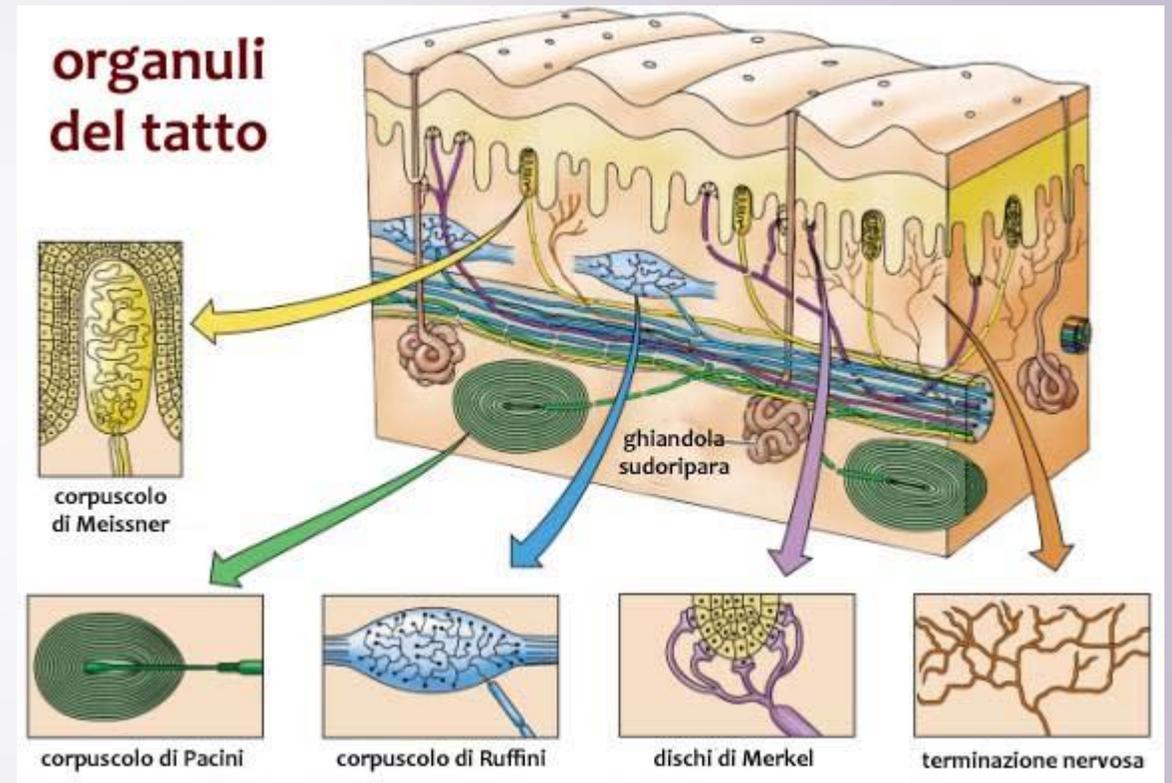
Ciò accade in quanto l'organo interessato e l'area a cui il dolore viene riferito sono innervati dallo stesso segmento del midollo spinale

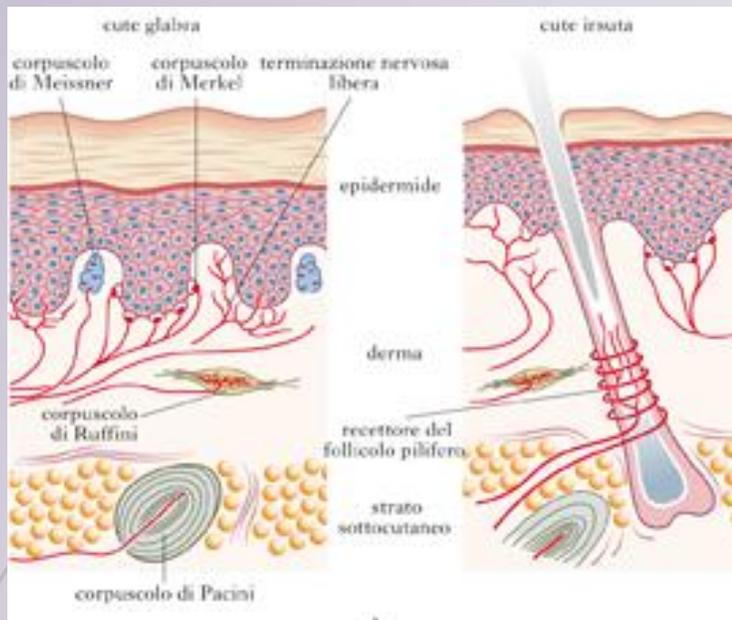


Le sensazioni tattili

Le **sensazioni tattili** sono quelle riferite al tatto propriamente detto, alla pressione, alla vibrazione, al prurito e al solletico

- Prurito e solletico sono captati da terminazioni nervose libere
- Le altre sensazioni sono rilevate da vari tipi di meccanorecettori incapsulati





Il tatto propriamente detto

Le **sensazioni del tatto** risultano dalla stimolazione di recettori tattili posti nella cute o nello strato sottocutaneo

Si distinguono : - **Recettori tattili ad adattamento rapido**

- **Recettori tattili ad adattamento lento**

I **Recettori tattili ad adattamento rapido** comprendono i **Corpuscoli di Meissner** e i **Plessi delle radici pilifere**

I **Corpuscoli di Meissner** sono terminazioni nervose incapsulate sensibili alla pelle sfiorata

I **Plessi delle radici pilifere** sono terminazioni nervose libere avvolte attorno ai follicoli piliferi stimolate dai movimenti dei pelo

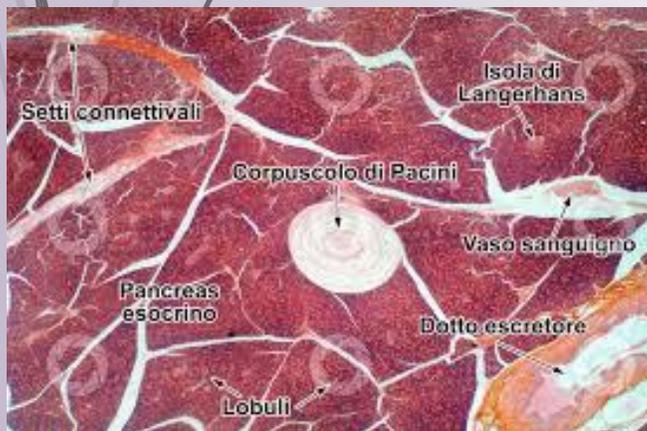
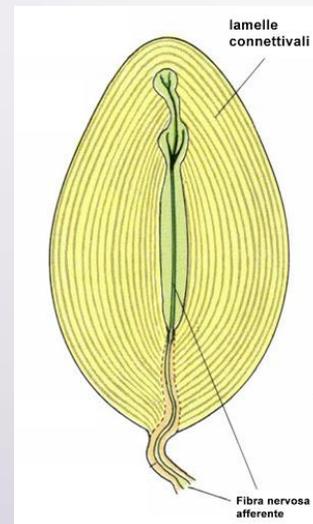
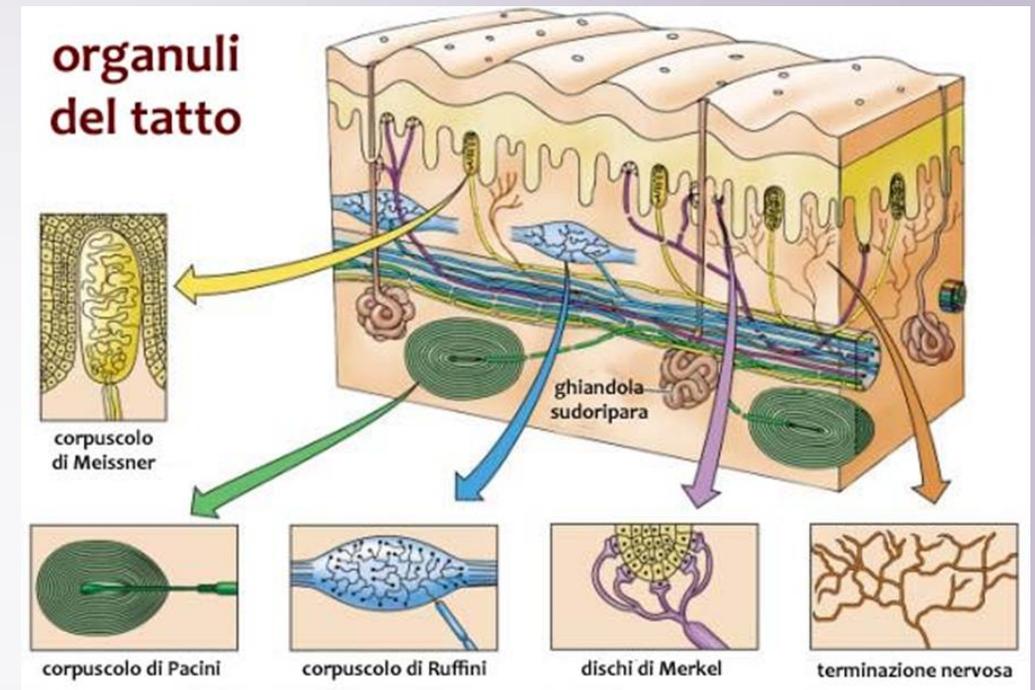
I **Recettori tattili ad adattamento lento** comprendono i **Dischi tattili di Merkel** e i **Corpuscoli di Ruffini**

I **Dischi tattili di Merkel** sono terminazioni nervose libere sensibili a pressioni persistenti esercitate sulla cute

I **Corpuscoli di Ruffini** sono terminazioni nervose incapsulate sensibili allo stiramento determinato dal movimento delle dita o degli arti, capaci di rilevare **vibrazioni a bassa frequenza**

La **pressione** è una sensazione intensa, avvertita su un'area ben più vasta di quella che viene riferita ad una semplice sensazione tattile grazie ai **corpuscoli lamellari** o **del Pacini**, grosse strutture ovoidali composte da lamelle concentriche di fibre collagene che racchiudono una terminazione nervosa.

Si tratta di recettori che si adattano rapidamente e che risultano distribuiti in tutto il corpo: nel derma profondo, nello strato sottocutaneo, intorno alle articolazioni, ai tendini e ai muscoli, nel periostio, nelle ghiandole mammarie, in alcuni organi interni come pancreas e vescica



Le **sensazioni di vibrazione** risultano da segnali sensitivi ripetitivi emessi rapidamente da corpuscoli del tatto (**Corpuscoli di Ruffini**) che rilevano le vibrazioni di bassa frequenza (es. vib. legate alla conduzione di una bici, di un veicolo), e da **Corpuscoli del Pacini**, che rilevano vibrazioni a frequenza più alta (es. trapano, martello pneumatico)

La propiocezione



La **propriocezione** o **cinestesia** rappresenta la capacità di percepire e riconoscere la posizione del proprio corpo nello spazio e lo stato di contrazione dei propri muscoli, senza il supporto della vista.

Essa è resa possibile grazie a specifici recettori sensibili alle variazioni delle posture del corpo e dei segmenti corporei, che inviano i propri segnali ad alcune particolari aree encefaliche. I recettori propriocettivi sono costituiti dalle terminazioni nervose che danno inizio al processo neurofisiologico della propiocezione. Tali recettori inviano impulsi che, attraverso il midollo spinale, giungono alle aree cerebrali deputate all'elaborazione delle informazioni sulla posizione e sul movimento, necessarie per l'esecuzione corretta del movimento stesso.

Questi recettori sono posizionati in posti specifici a seconda della funzione che rivestono (articolari o muscolari o tendinei):

Fuso neuromuscolare: misura la variazione di lunghezza di un muscolo nel tempo

Organo tendineo del Golgi, posto in corrispondenza della giunzione muscolo-tendinea ed è sensibile alle variazioni di tensione. Esso è un sensore ad alta soglia, che preserva l'integrità del tendine in questione.

Recettori vestibolari, corrispondenti alle cellule ciliate vestibolari, situate nei canali semicircolari, nell'utricolo e nel sacco dell'orecchio interno.

Corpuscolo di Ruffini, presente a livello cutaneo e delle capsule articolari e sensibile a stimoli pressori e tattili prolungati e intensi.

Corpuscolo di Pacini, presente a livello cutaneo profondo e sensibile alle vibrazioni.



Il **solletico** è un'azione fisiologica involontaria provocata dal tocco improvviso di una parte del corpo.

È interessante notare come le aree più sensibili al tatto non siano quelle più sensibili al solletico: nella maggior parte delle persone, per esempio, i palmi delle mani (una delle zone cutanee maggiormente innervate) risultano essere molto meno sensibili al solletico delle piante dei piedi.

Altre zone molto sensibili al solletico sono, nella maggior parte degli esseri umani, le ascelle, i lati del busto, il collo ed il ventre.

Alcune evidenze suggeriscono, infine, che le risate associate al solletico siano frutto di una reazione psicologica più che fisiologica: le persone molto sensibili al solletico, infatti, spesso iniziano a ridere prima ancora di essere effettivamente toccate.

Il **prurito** è un sintomo piuttosto comune, risultato della stimolazione di terminazioni nervose libere ad opera di sostanze chimiche come la **bradichinina**, spesso in seguito a una risposta infiammatoria locale





I **termorecettori** sono recettori sensoriali che permettono di percepire la termoccezione, ossia il senso con il quale un organismo percepisce la temperatura e i suoi cambiamenti.

- Temperature tra 10° e 40°C attivano i recettori del freddo.
- Temperature tra 32° e 48°C attivano i recettori del caldo.
- Temperature inferiori a 10°C e superiori a 48°C stimolano i nocicettori.

Tali recettori costituiscono le terminazioni periferiche dei nervi sensitivi mediante i quali gli stimoli termici raggiungono il sistema nervoso centrale.

I termorecettori sono sensibili alla temperatura circostante (**termorecettori periferici**) o alla temperatura interna del corpo (**termorecettori ipotalamici**).