

Il fondamento della nostra conoscenza del mondo prende origine quindi dai sistemi sensoriali.

La vista - Il tatto - L' olfatto –

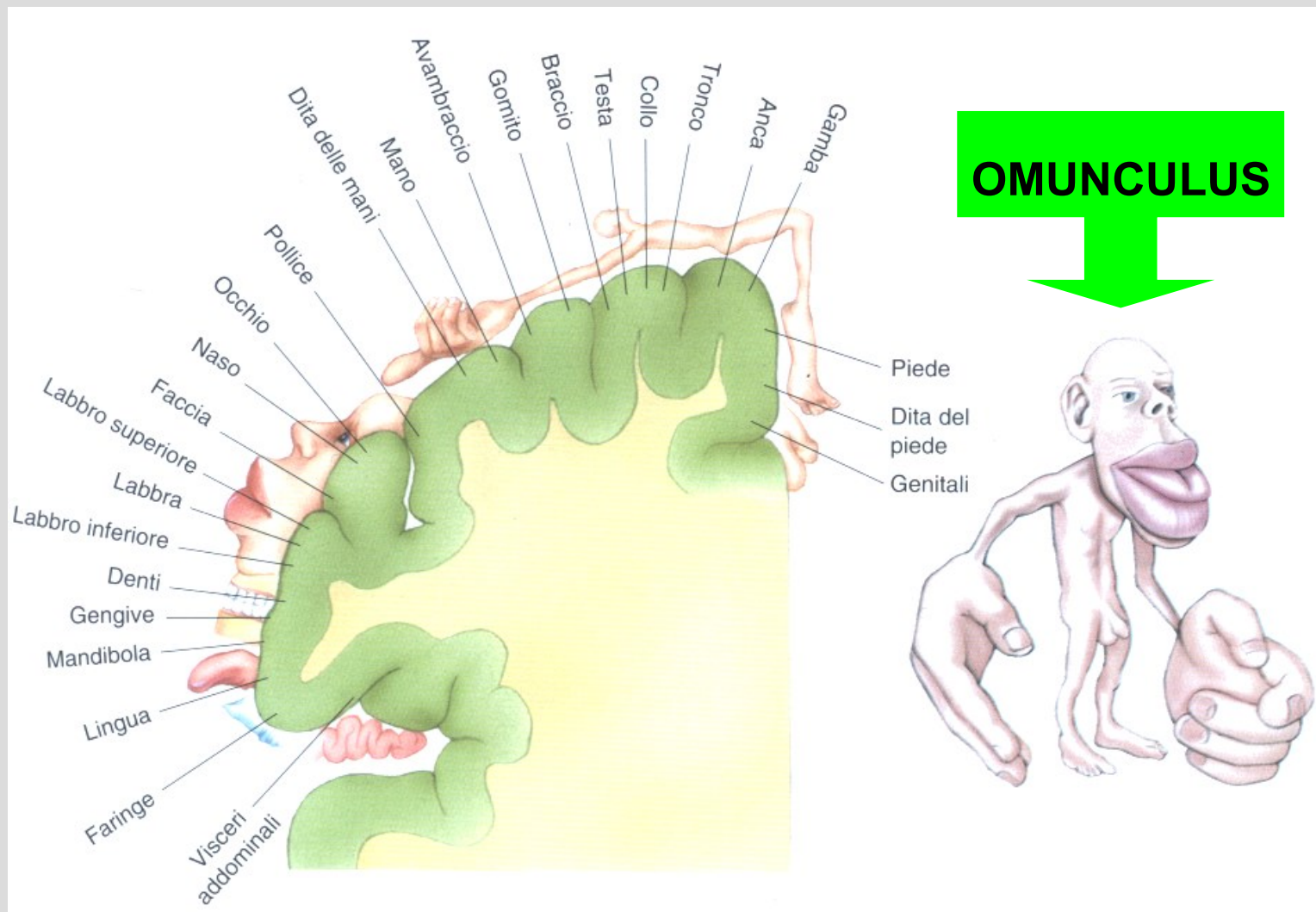
Il gusto - L' udito - L' equilibrio

Il processo della percezione inizia da cellule recettrici sensibili ad un particolare tipo di stimolo, dette anche trasduttori, che hanno la funzione di trasformare lo stimolo fisico in una variazione elettrochimica comprensibile al nostro sistema nervoso.

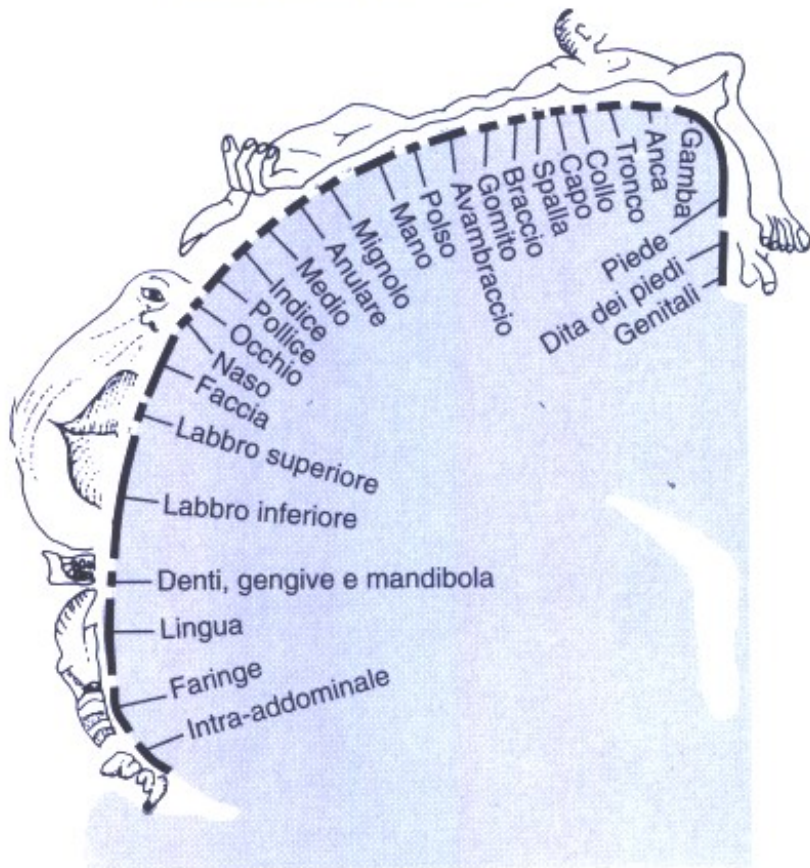
I neuroni sensoriali mettono in connessione i trasduttori con il midollo spinale, il tronco dell' encefalo, il talamo e la corteccia occipitale.

Ogni popolazione di recettori periferici, della superficie corporea, dell' orecchio interno, o della retina, è rappresentata in modo sistematico a livello delle strutture cerebrali. Tale rappresentazione

non è dipendente dalle forme e dimensioni della periferia, bensì dalla loro **importanza a livello percettivo per la nostra sopravvivenza.**



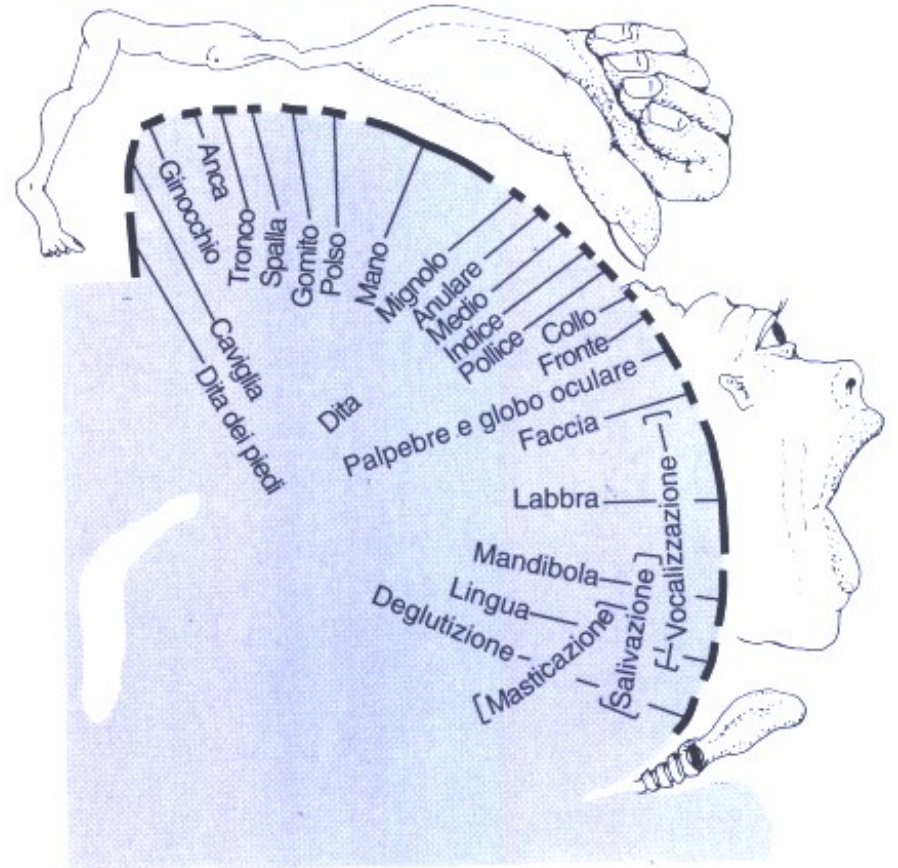
Homunculus sensitivo



Laterale

Mediale

Homunculus motorio



Mediale

Laterale

I sistemi sensoriali che ci permettono di percepire il mondo fisico che ci circonda sono:

- Il tatto**
- La vista**
- L' udito**
- Il senso dell' equilibrio**
- Il gusto**
- L' olfatto**

Le diverse sensazioni: il contatto con una superficie, un suono o un'immagine, vengono analizzati ed elaborati in parallelo dai diversi neuroni del sistema sensoriale. Inizialmente ogni sistema sensoriale scompone le informazioni del singolo stimolo separandone le caratteristiche, intensità, colore, durata, orientamento ecc., inviandolo in distinte regioni cerebrali. Alla fine tali regioni interagiscono fra di loro ricostruendo i diversi aspetti percettivi in un'unica percezione cosciente.

I sistemi sensoriali non sono solo il tramite attraverso il quale percepiamo il mondo esterno, ma sono anche essenziali per il mantenimento dello stato di vigilanza, per la rappresentazione della nostra immagine corporea e per il controllo del movimento.

I recettori sensoriali sono trasduttori altamente sensibili agli stimoli specifici (il fototrasduttore è sensibile ad 1 fotone, un meccanocettore è sensibile ad 1 micron di spostamento).

I recettori sensoriali mediano quattro attributi dello stimolo:

1) Modalità Il tipo di sensazione – (visione-udito-tatto-olfatto-gusto) I recettori trasmettono selettivamente le informazioni sulle caratteristiche degli stimoli al sistema nervoso.

2) Intensità L' intensità della sensazione, che è legata all' intensità dello stimolo, è mediata da due diversi meccanismi di codificazione:
1- stimoli di intensità crescente attivano un recettore in misura progressivamente crescente
2- stimoli di intensità crescente reclutano progressivamente sempre più recettori **aventi soglie di attivazione più elevate.**

3) Durata La durata di una sensazione dipende sia dalla durata dello stimolo che dalla intensità con cui viene percepito.

4) Localizzazione La localizzazione della sensazione dipende dal campo recettivo del recettore e dei neuroni sensoriali centrali.

1) Modalità

Forme diverse di energia vengono trasformate dal sistema nervoso in sensazioni o modalità diverse.

Si conoscono 5 tipi principali di modalità sensoriali.

1. Visione

2. Udito

3. Tatto

4. Olfatto

5. Gusto

Stimoli diversi attivano fibre nervose diverse. I recettori trasmettono selettivamente le informazioni sulle caratteristiche degli stimoli al sistema nervoso.

2) Intensità

L' **intensità della sensazione**, che è legata all' intensità dello stimolo, è mediata da due diversi meccanismi di codificazione:

1- stimoli di intensità crescente attivano un recettore in misura progressivamente crescente

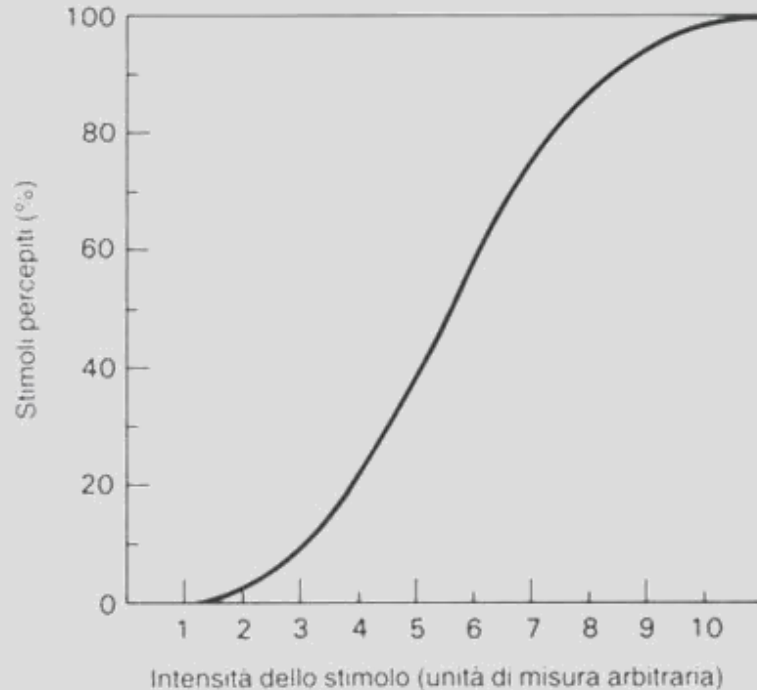
2- stimoli di intensità crescente attivano un recettore in modo crescente e reclutano progressivamente sempre più recettori aventi soglie di attivazione più elevate.

Soglia sensoriale è la più bassa intensità dello stimolo che un soggetto può percepire.

Misura della soglia sensoriale: Funzione psicometrica – Ad un soggetto vengono presentate serie di stimoli di intensità progressivamente crescente e la percentuale di casi in cui il soggetto avverte lo stimolo viene riportata su un grafico in funzione dell' intensità dello stimolo. La relazione che si ottiene è la funzione psicometrica. La soglia sensoriale è l' intensità alla quale lo stimolo viene percepito nella metà dei casi.

2) Intensità

Esempio di funzione psicometrica



Legge di Weber:

$$\Delta S = KS$$

La variazione di intensità avvertibile di una sensazione è tanto maggiore quanto più alta è la sensazione stessa

3) Durata

La durata della sensazione viene definita dalla relazione fra **intensità dello stimolo** ed **intensità percepita dello stimolo**.

In genere, quando uno stimolo persiste per un certo tempo, l' intensità della sensazione diminuisce.

Questa diminuzione viene detta **adattamento**.

Se l' intensità percepita dello stimolo diminuisce al di sotto della soglia, la sensazione viene a mancare.

4) Localizzazione

Il grado di consapevolezza delle proprietà spaziali dell'esperienza sensoriale può essere valutato determinando quantitativamente:

- 1. La capacità di localizzare la sede di applicazione dello stimolo**
- 2. La capacità di riconoscere come distinti due stimoli applicati l'uno vicino all'altro (detta da Weber soglia dei due punti).**

Tale soglia è dovuta alla densità di recettori della zona di applicazione dello stimolo.

Tale soglia, per es., è minima sui polpastrelli rispetto all'avambraccio e minima al centro della retina (risoluzione) rispetto alla periferia.

I sistemi sensoriali hanno un piano organizzativo comune.

Anche se completamente diversi fra loro, i sistemi sensoriali estraggono dagli stimoli le stesse informazioni di base:

Modalità – Intensità – Durata – Localizzazione

In ogni sistema sensoriale il contatto con il mondo esterno avviene attraverso strutture esterne specializzate dette **recettori sensoriali.**

Ogni recettore è sensibile ad un particolare tipo di energia:

Meccanica – Termica – Chimica – Elettromagnetica

Il recettore trasforma l'energia dello stimolo in energia elettrochimica, stabilendo un linguaggio comune per tutti i sistemi sensoriali.

Nel sistema somatosensitivo ed olfattivo i recettori svolgono la duplice funzione di trasduzione dello stimolo e codificazione nervosa.

Nel sistema gustativo, visivo e uditivo e vestibolare le due funzioni vengono svolte da cellule distinte.

I campi recettivi

Il campo recettivo di un neurone sensoriale è lo spazio recettivo entro cui esso si trova e del quale provvede alla trasduzione degli stimoli.

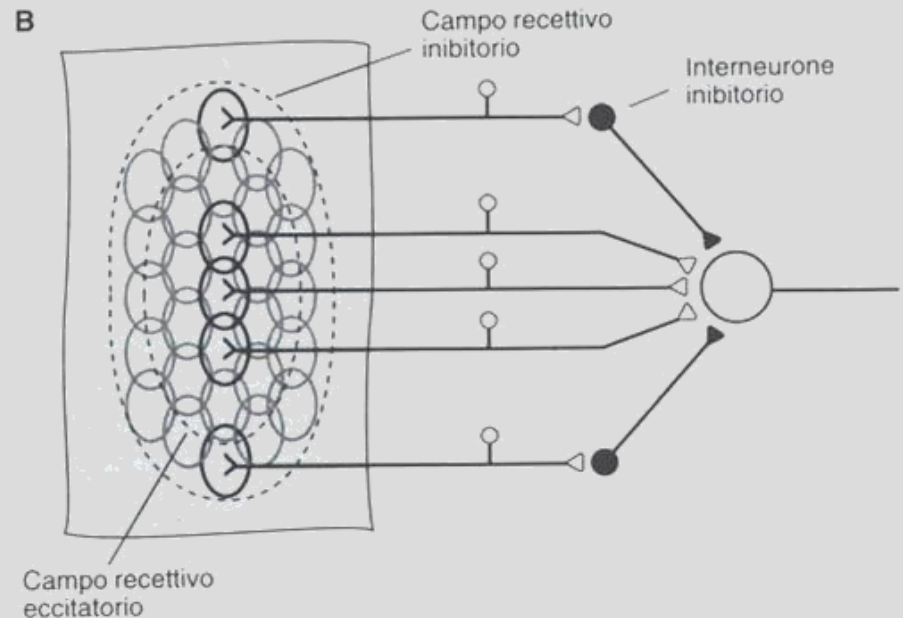
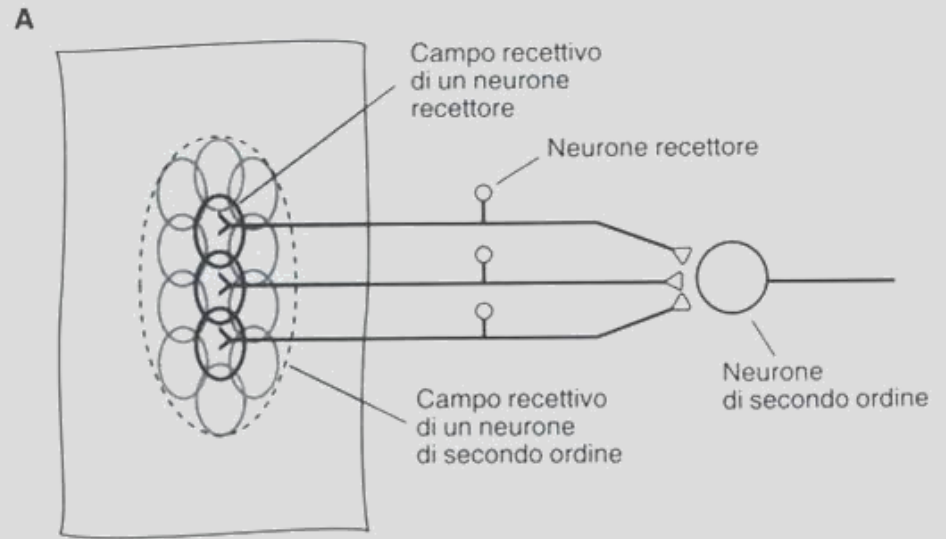
Diversi neuroni recettivi convergono su un neurone detto di secondo ordine, in genere disposto all' interno del sistema nervoso centrale; a loro volta i neuroni di secondo ordine possono convergere su un altro neurone detto di terzo ordine e questi poi con neurone di ordine superiore, fino ad arrivare ai nuclei di ritrasmissione.

Tutti i neuroni dei nuclei di ritrasmissione possiedono un campo recettivo che dipende dalle afferenze dirette o indirette dei neuroni sensoriali.

I campi recettivi

Le afferenze possono essere eccitatorie o inibitorie. L'azione inibitoria viene attuata da un interneurone in grado di invertire lo stimolo.

Le afferenze inibitorie hanno lo scopo di aumentare il contrasto fra gli stimoli e quindi consentono ai sistemi sensoriali di aumentare il loro potere di risoluzione spaziale.



Trasduzione dello stimolo

Il meccanismo della trasduzione sensoriale è costituito dalla variazione del potenziale di recettore che è un potenziale locale che si propaga elettrotonicamente e rimane circoscritto alla membrana del recettore.

La variazione di potenziale viene generata dall'apertura-chiusura di canali cationici selettivi per Na^+ e K^+ , simili a quelli che provocano l'insorgenza dei potenziali postsinaptici.

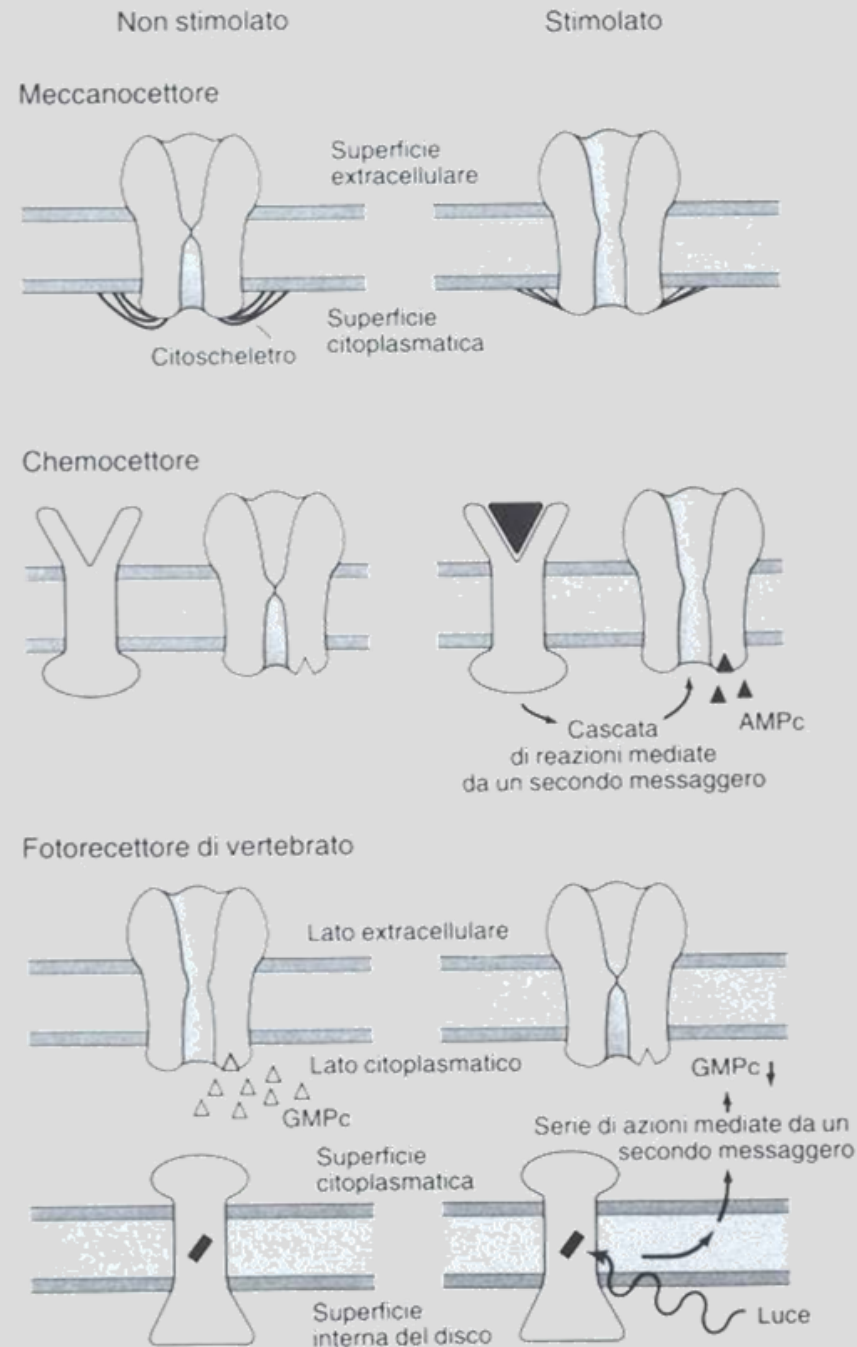
Trasduzione dello stimolo

L'apertura-chiusura dei canali cationici può avvenire o per **energia meccanica** o per **sostanze chimiche** o per **energia elettromagnetica**.
I neuroni sensoriali vengono chiamati rispettivamente:

1. Meccanocettori

1. Chemocettori

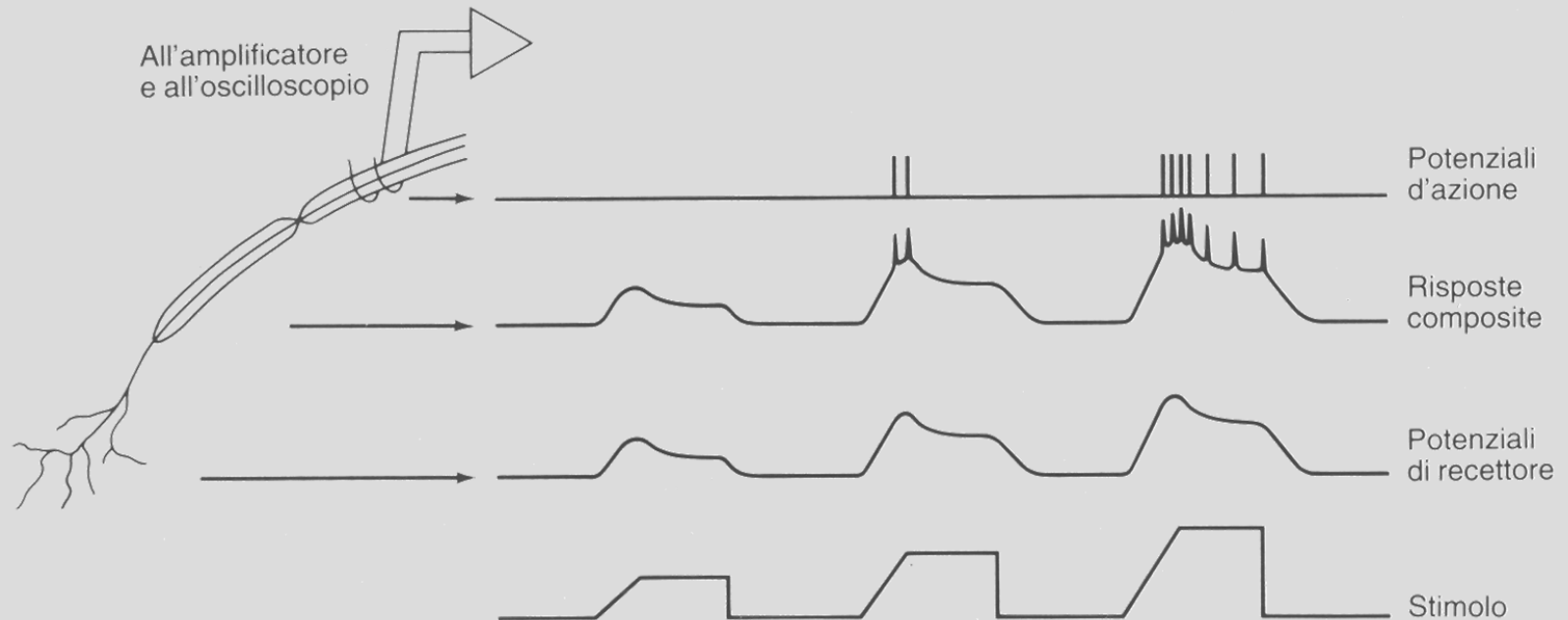
2. Fotorecettori



Propagazione dello stimolo

Parti differenti di una fibra afferente primaria, per es. sensibile allo stiramento della cute, presentano caratteristiche elettrofisiologiche differenti.

I potenziali di recettore vengono generati a livello della membrana recettoriale della terminazione della fibra in risposta allo stimolo. I potenziali di recettore con la membrana nella zona di innesco del potenziale di azione provocano l'insorgenza dei potenziali di azione a livello del primo nodo di Ranvier. Poiché la zona di innesco è prossima alla membrana recettoriale il potenziale che si registra è **la somma** del potenziale di recettore e del potenziale di azione. Oltre la zona di innesco si registrano solo potenziali di azione.



SISTEMA SOMATOSENSITIVO

Il sistema somatosensitivo riceve ed elabora le informazioni provenienti da:

- Superficie corporea
- Tessuti profondi
- Visceri

I recettori per la sensibilità somatica sono diffusi in tutto il corpo, mentre quelli degli altri sistemi sensoriali (vista, udito, gusto, olfatto) sono raccolti in piccoli organi specializzati.

Il sistema somatosensitivo è sensibile a diversi tipi di stimoli e media sensazioni diverse, mentre gli altri sistemi sensoriali elaborano sensazioni di una sola modalità.

Le quattro modalità somatiche:

Tatto

Propriocezione

Nocicezione

Sensazioni termiche

Il sistema somatosensitivo prende parte all'elaborazione di quattro principali modalità:

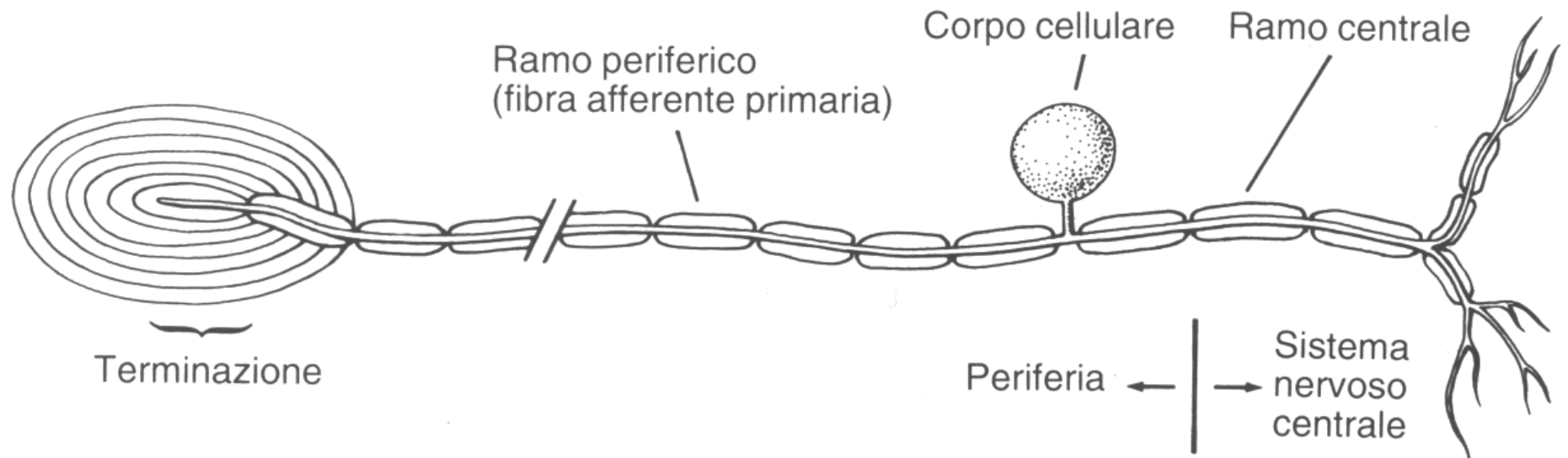
- 1. Tatto – evocato dalla stimolazione meccanica della superficie somatica**
- 2. Propriocezione – evocata da stimoli meccanici che agiscono sui muscoli e sulle articolazioni.**
- 3. Nocicezione – evocata da stimoli nocivi, che arrecano danni ai tessuti.**
- 4. Sensibilità termica – evocata da stimoli caldi o freddi.**

Oltre a queste modalità semplici si distinguono varie **submodalità. Es.: tatto superficiale e tatto profondo (pressione); propriocezione statica (senso di posizione) e dinamica (cinestesia).**

Si distinguono inoltre **modalità composte. Es.: senso di umidità che si ottiene da combinazioni diverse di modalità e submodalità elementari.**

Cellule di origine dei recettori periferici del sistema somatosensitivo:

cellula dei gangli delle radici dorsali



Morfologia di una cellula dei gangli delle radici dorsali. Il corpo cellulare è situato in un ganglio delle radici dorsali annesso ad un nervo spinale. L'assone presenta due rami, uno diretto verso la periferia, la cui terminazione possiede proprietà specifiche che la rendono sensibile ad una particolare forma di energia dello stimolo, e l'altro diretto al sistema nervoso centrale.

TIPI DI RECETTORI PER LE DIVERSE SENSAZIONI SOMATICHE

- 1. Nocicettori**
- 2. Meccanocettori cutanei e sottocutanei**
- 3. Meccanocettori muscolari e scheletrici**

I recettori differiscono fra di loro per

- 1. Morfologia della terminazione**
- 2. Sensibilità all'energia di un particolare tipo di stimolo**
- 3. Dimetro della fibra e del soma**
- 4. Presenza o assenza di guaina mielinica**

RECETTORI DIVERSI, MA VIE ANALOGHE DI TRAMMISSIONE

Ogni modalità somatosensitiva, tatto, propiocezione, sensibilità termica e dolore, è mediata da una classe specifica di recettori, ma indipendentemente dalla modalità, tutte le informazioni somatosensitive vengono ritrasmesse dai neuroni e dai gangli delle radici dorsali.

I recettori della cute glabra sono:

Recettori di Merkel

Corpuscoli di Messner

Terminazioni nervose libere

I recettori della cute fornita di peli sono:

Recettori piliferi

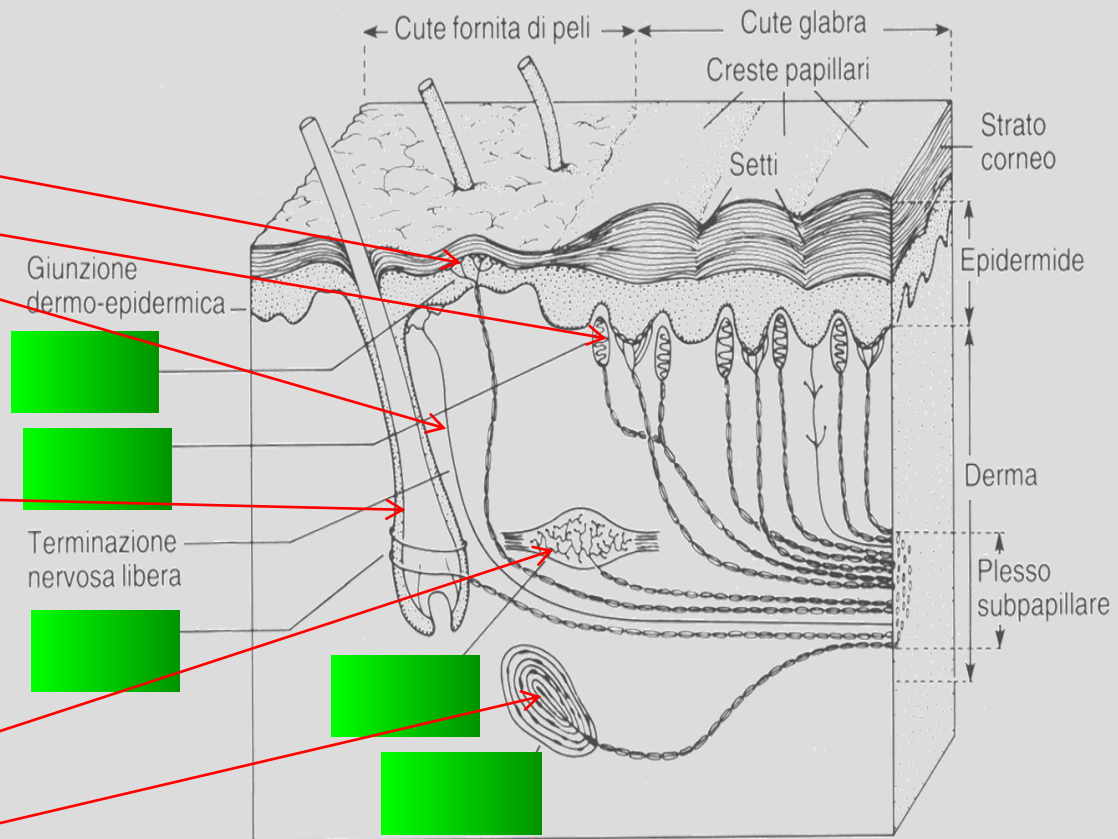
Recettori di Merkel

Terminazioni nervose libere

I recettori sottocutanei sono:

Corpuscoli di Ruffini

Corpuscoli di Pacini



RECETTORI E LORO FUNZIONI

Nocicettori	Dolore
Meccanici	Dolore puntorio, acuto
Meccanotermici	Dolore urente, acuto
Polimodali	Dolore urente, puntorio

Meccanocettori cutanei e sottocutanei	Tatto
Corpuscolo di Meissner	Tremolio
Corpuscolo di Pacini	Vibrazione
Corpuscolo di Ruffini	Infossamento cute
Recettore di Merkel	Infossamento cute
Recettori annessi ai peli	Tremolio

Meccanocettori muscolari e scheletrici	Propriocezione
Terminazioni fusali primarie	Propriocezione
Terminazioni fusali secondarie	Propriocezione
Organo tendineo del Golgi	Propriocezione
Meccanocettori capsule articolari	Propriocezione

NOCICETTORI

Sono recettori che rispondono selettivamente a stimoli che possono arrecare danno ai tessuti. Rispondono direttamente a certi tipi di stimoli ed indirettamente ad altri, attraverso l'intermediazione di sostanze chimiche liberate dalle cellule dei tessuti lesi.

Nocicettori meccanici: rispondono direttamente alle stimolazioni meccaniche intense; particolarmente sensibili agli oggetti appuntiti

Nocicettori termici: per il calore elevato rispondono selettivamente al calore elevato ($> 45^{\circ}$ soglia del dolore); per il freddo intenso rispondono selettivamente al freddo intenso ($< 1^{\circ}$).

Nocicettori polimodali: rispondono a diversi tipi di stimoli nocivi: meccanici, calorici e chimici.

Termocettori

Sono recettori che rispondono selettivamente a stimoli termici che non superano la soglia del dolore per temperature comprese fra 1° e 45° .

Sono distribuiti sulla cute in modo puntiforme: vi sono punti della cute, del diametro di circa 1mm, sensibili al caldo e punti sensibili al freddo. In questi punti la soglia della sensazione termica è considerevolmente più bassa (maggiore sensibilità) dei punti circostanti.

Se uno stimolo caldo a 45° viene applicato ad un recettore per il freddo si ha la sensazione detta **freddo paradossale**. Questo tipo di stimolo, se applicato su una ampia superficie provoca la sensazione di dolore per il caldo, ma se applicata in modo puntiforme provoca una sensazione di freddo.

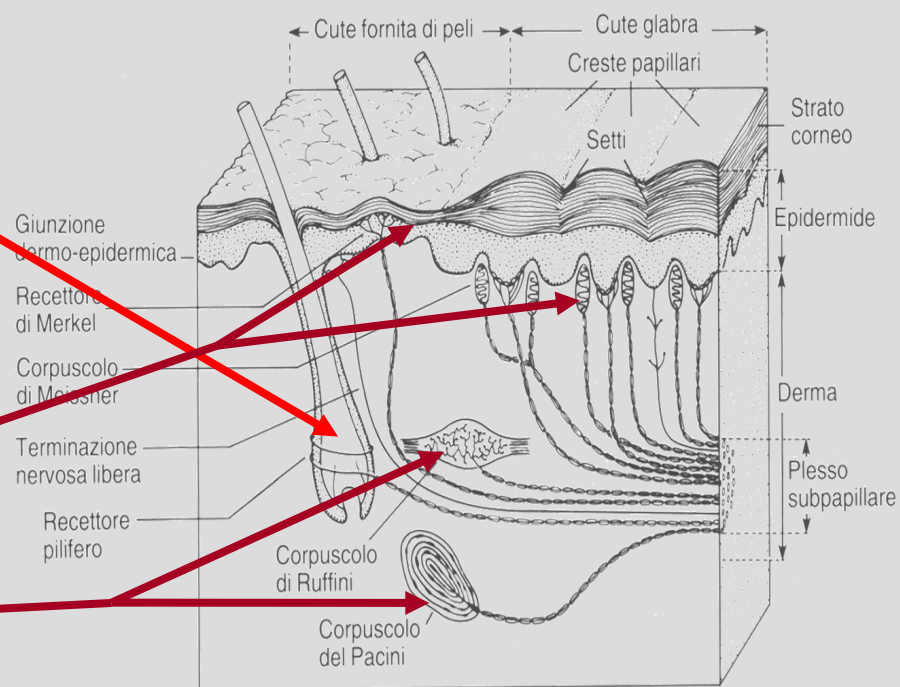
I meccanocettori che mediano la sensazione del tatto si possono dividere in due gruppi:

Meccanocettori a lento adattamento: rispondono per tutta la durata dello stimolo.

Meccanocettori a rapido adattamento: rispondono solo all'inizio e, talvolta alla fine dello stimolo.

Nella cute fornita di peli il principale meccanocettore è il recettore del follicolo pilifero.

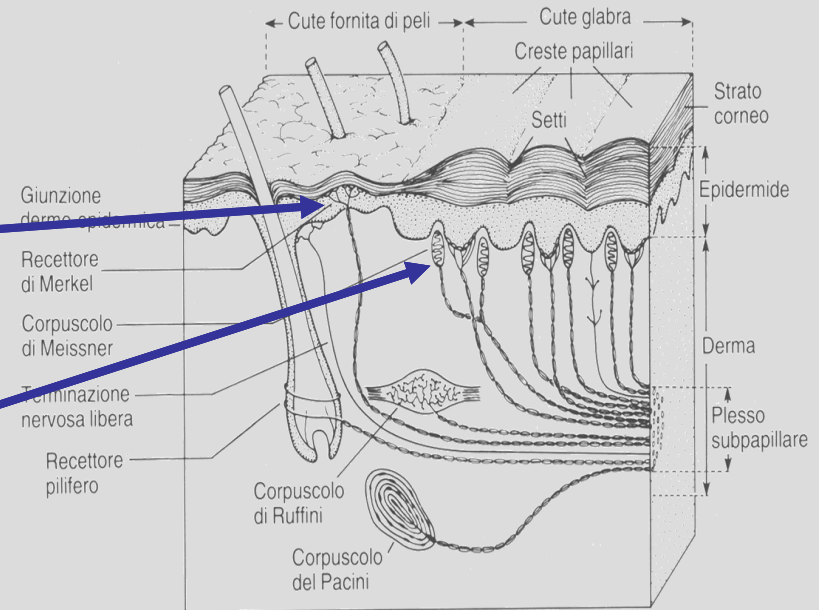
Nella cute glabra, si trovano due diversi tipi di recettori superficiali e due diversi tipi di recettori profondi



recettori superficiali:

**Il recettore di Merkel
a lento adattamento**

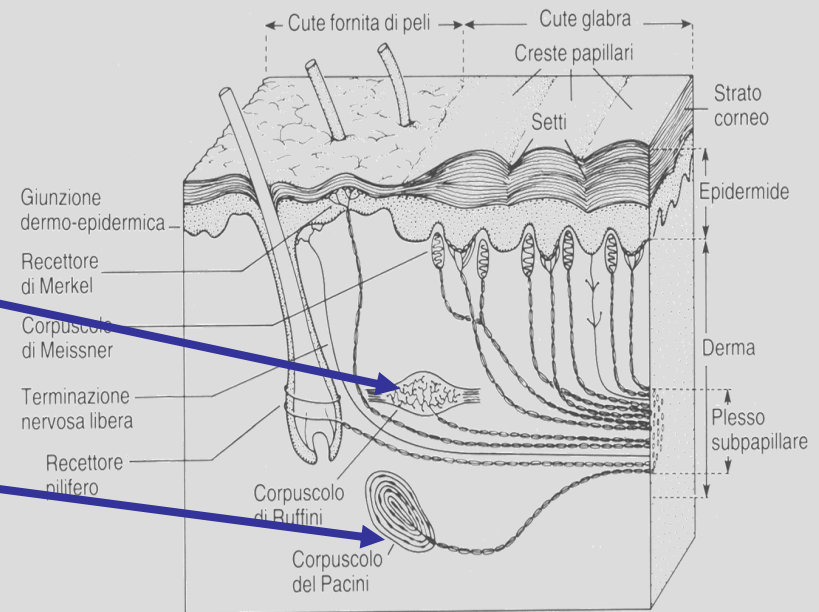
**• Il corpuscolo di Messner
a rapido adattamento**



Entrambi questi meccanicocettori sono caratterizzati da campi recettivi molto piccoli e pertanto sono dotati di alta capacità di risoluzione spaziale.

recettori profondi:

- Il corpuscolo di Ruffini a lento adattamento
- Il recettore di Pacini a rapido adattamento



Entrambi questi meccanicocettori sono caratterizzati da campi recettivi molto grandi e pertanto possono rilevare solo variazioni grossolane.

Capacità di discriminazione spaziale:

La capacità di discriminazione spaziale è la minima distanza alla quale devono trovarsi due stimoli affinché possano essere avvertiti come separati.

Tale capacità è diversa da punto a punto della nostra cute. Raggiunge un massimo (distanza minima: 2 mm) sulla punta delle dita, è media (10 mm) sul palmo della mano, è ancora più ridotta (40 mm) sul braccio.

RIASSUMENDO - La capacità delle cellule di distinguere le diverse frequenze è dovuta ad una serie di vari fattori concomitanti:

Diverso spessore della membrana basilare

Diverse dimensioni delle strie che ricoprono la membrana basilare

Diversa disposizione del picco di pressione lungo la membrana basilare

Diversa dimensione e struttura meccanica delle cellule e delle loro ciglia

Diversa caratteristica elettrica delle cellule che presentano un fenomeno di risonanza.