

# Sistemi sensoriali

## Fisiologia dei recettori

FGE aa.2016-17

# Obiettivi

- Terminologia: sensibilità generale e specifiche
- Caratteristiche della sensazione
- Recettori sensoriali: tipi e funzione; potenziale generatore e di recettore
- Concetto di adattamento (lento, rapido); recettori fasici, tonici, tonico-fasici
- Principi di psicofisiologia; legge di Weber-Fechner
- Decodificazione dell'informazione: codice di frequenza, codice di popolazione, codice di linee marcate
- Densità recettoriale
- I recettori somatosensoriali: classificazione e specializzazione

# Terminologia

- **Sensi "Speciali" e "Generali"**

**1. Generali:** dolore, variazioni di temperatura, tatto, pressione, proprioccezione

Somatici: recettori sulla parete corporea o in periferia  
(cute, connettivi muscolari, capsule articolari)

Viscerali: negli organi splanchnici (visceri)

**2. Speciali:** olfatto, gusto, udito, equilibrio, vista

# Caratteristiche della sensazione

- **Sensazione:** ciò che viene percepito dall'encefalo quando un recettore è stimolato efficacemente
- Sensazioni coscientemente avvertite e non coscientemente avvertite
- **Modalità:** caratteristica che distingue un tipo di sensazione dall'altra
- **Qualità:** es distinzione tra rosso e blu...
- **Quantità:** sensazioni con la stessa qualità possono differenziarsi per la quantità
- La *percezione*, quindi, di uno stimolo è un processo complesso che coinvolge diversi recettori e diverse strutture neurali centrali e periferiche

# Recettori sensoriali

- **Esterocettori:** variazioni nell'ambiente esterno  
*recettori cutanei, recettori gustativi, olfattivi, visivi, auditivi*
- **Introccettori:** variazioni all'interno dell'organismo  
*recettori di stiramento, chemocettori, barocettori, recettori del labirinto, osmocettori, meccanicocettori*

# Recettori sensoriali

- Si differenziano per **struttura, localizzazione e modalità**

## Modalità e recettori sensoriali

Modalità sensoriale	Recettore sensoriale	Organi di senso
Visione	Coni e bastoncelli	Occhio
Udito	Cellule ciliate	Orecchio (organo del Corti)
Accelerazioni rotazionali	Cellule ciliate	Orecchio (canali semicircolari)
Accelerazioni lineari	Cellule ciliate	Orecchio (utricolo e sacco)
Olfatto	Neuroni olfattori	Mucosa olfattoria nasale
Gusto	Cellule sensoriali gustative	Bottoni gustativi
Tatto-pressione	Terminazioni neurali	Cute
Caldo	Terminazioni neurali	Cute
Freddo	Terminazioni neurali	Cute
Dolore	Terminazioni neurali nude	Cute
Movimento e posizione articolazioni	Terminazioni neurali	Diversi
Lunghezza del muscolo	Terminazioni neurali	Fusi neuromuscolari
Tensione del muscolo	Terminazioni neurali	Organi tendinei del Golgi

# Funzione recettoriale-Trasduzione

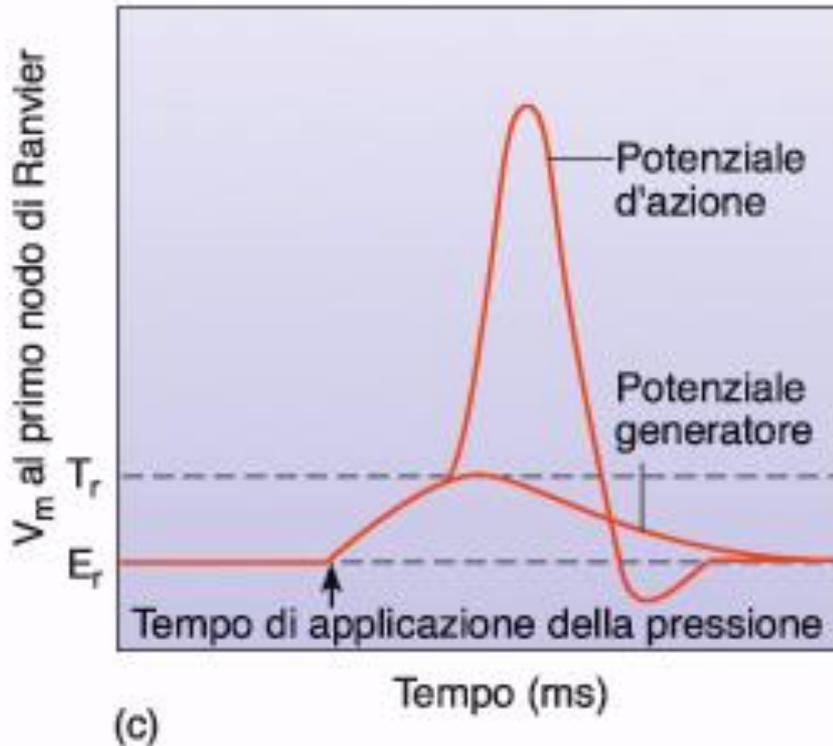
- I recettori sono dei trasduttori

**Trasduzione** consiste nella risposta alla stimolazione esercitata da particolare forme di energia (*stimolo adeguato*) con *variazioni graduate* di potenziale (*potenziale generatore o di recettore*) in grado di evocare sequenze di potenziali di azione nelle fibre neurali afferenti associate

**Potenziale generatore:** es.o corpuscoli del Pacini, semplici terminazioni nervose

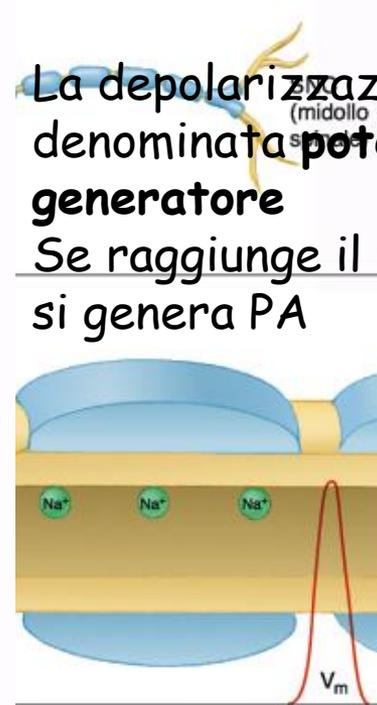
**Potenziale di recettore:** es.o recettori gustativi papillari formati da cellule sensoriali in rapporto sinaptico con fibra afferente

# Potenziale generatore



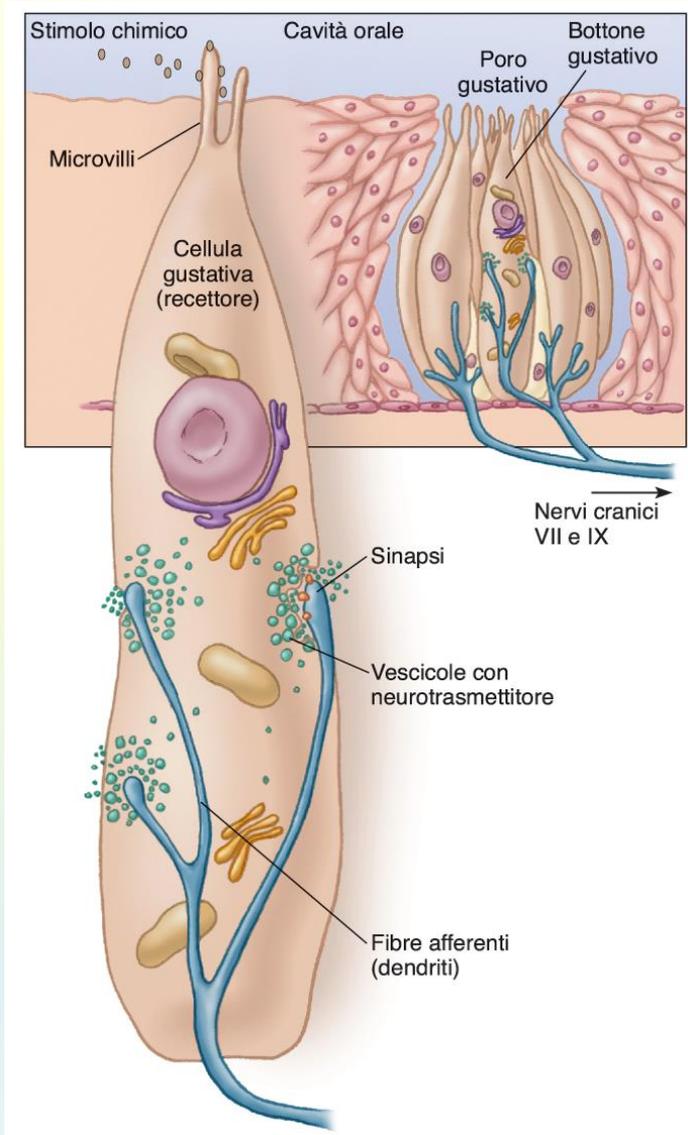
(a)

- La depolarizzazione è denominata **potenziale generatore**
- Se raggiunge il potenziale soglia, si genera PA



- Quando viene applicata la pressione (stimolo adeguato) al corpuscolo lo stiramento della membrana determina un aumento della permeabilità di membrana per il  $Na^+$

# Potenziale di recettore

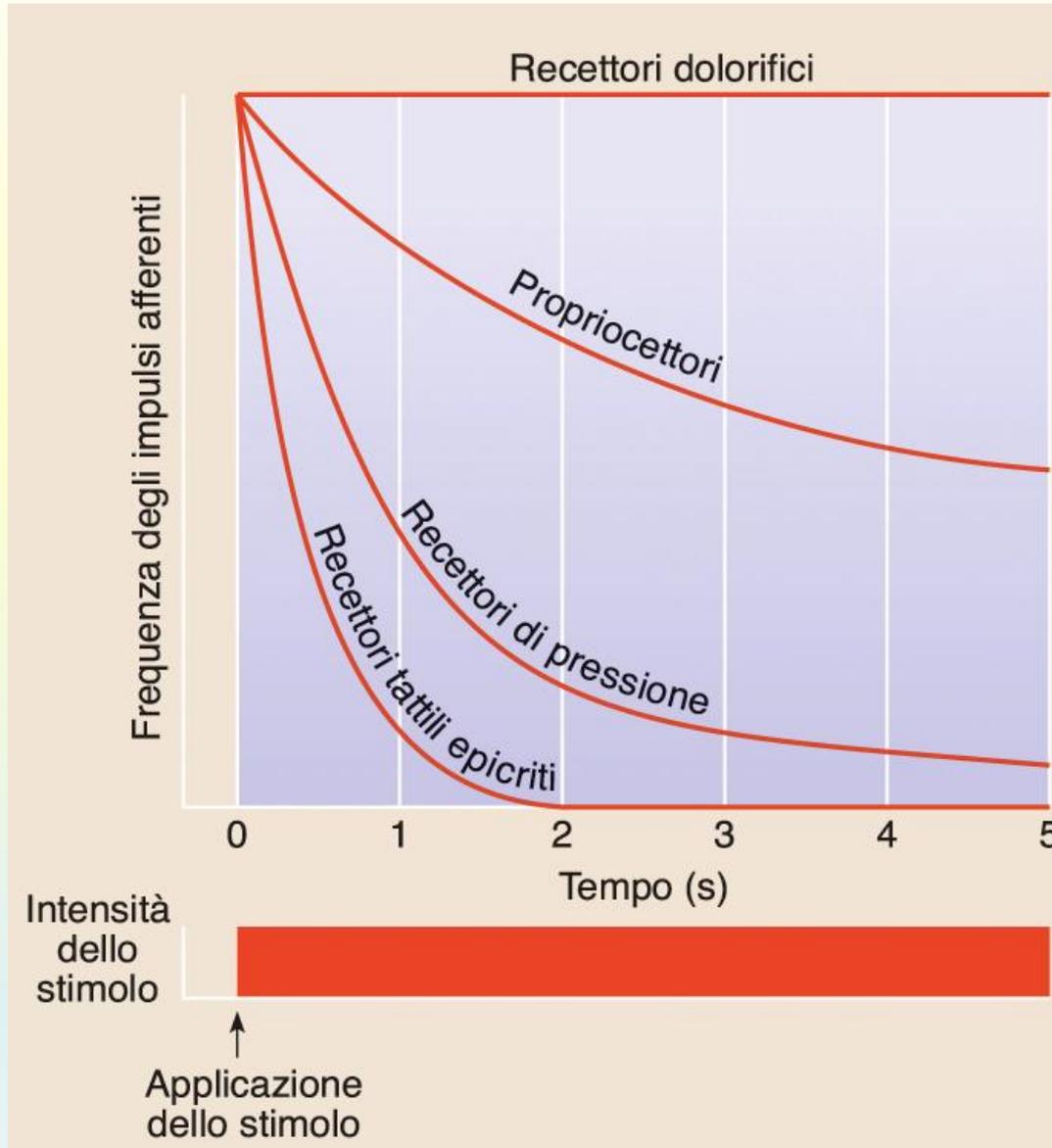


- La cellula gustativa risponde ad uno stimolo chimico adeguato generando un **potenziale di recettore** (*depolarizzazione o iperpolarizzazione di membrana*)
- Il potenziale di recettore controlla il rilascio del *neurotrasmettitore* nello spazio sinaptico
- Il neurotrasmettitore rilasciato *depolarizza* i dendriti del neurone afferente sensoriale

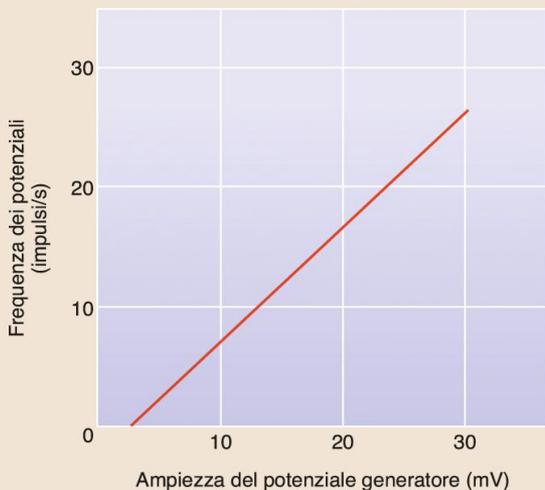
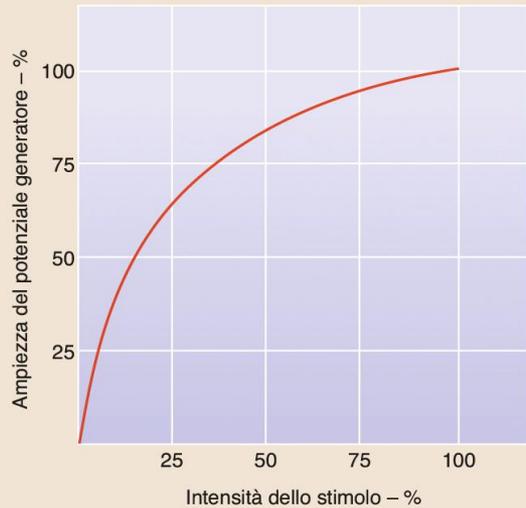
# Funzione recettoriale-Adattamento

- **Adattamento:** il potenziale generatore o di recettore si riduce nel tempo anche se lo stimolo è continuo
- **Adattamento rapido (recettori fasici)**  
adatti a dare informazioni sull'applicazione dello stimolo e sulle sue variazioni di intensità
- **Adattamento lento o nullo (recettori tonici)**  
forniscono un'informazione che continua per tutta la durata dello stimolo (es.o recettori dolorifici)
- **Recettori tonico-fasici**  
forniscono informazioni sull'applicazione dello stimolo, sulle sue variazioni di intensità e sul livello assoluto dello stimolo (es.o barocettori)

# Funzione recettoriale-Adattamento



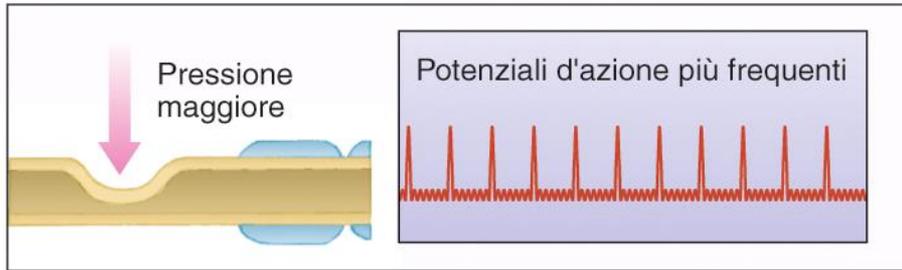
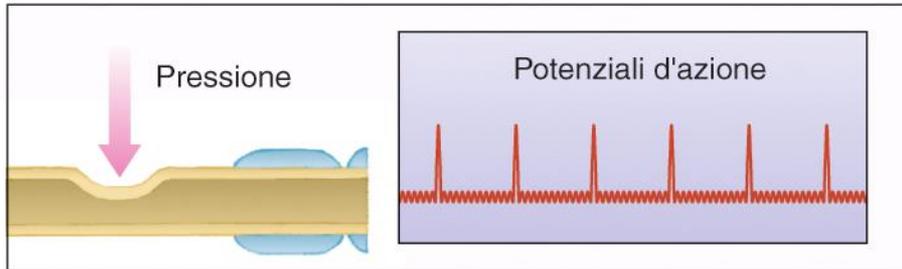
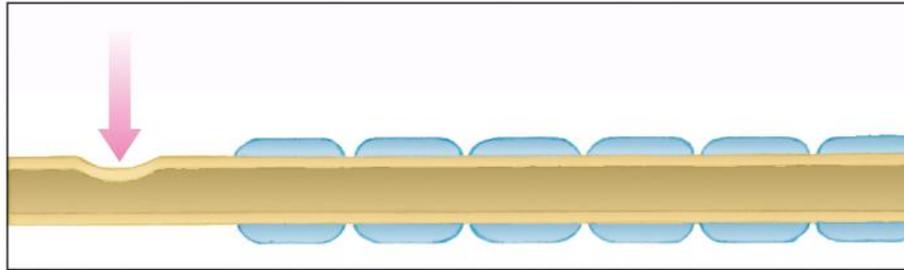
# Funzioni recettoriali-intensità di stimolo e risposta recettoriale



1. L'ampiezza del potenziale generatore (o di recettore) è **funzione logaritmica**, non lineare, **dello stimolo**
2. Il rapporto tra ampiezza del potenziale generatore e frequenza di scarica del **neurone afferente** è **lineare**
3. Quindi, la frequenza di scarica dei PA della fibra afferente è in **relazione logaritmica con lo stimolo applicato**
4. Legge di **Weber-Fechner**: i recettori possono fornire informazioni discriminative tra stimoli compresi in un **ambito di intensità molto ampio**

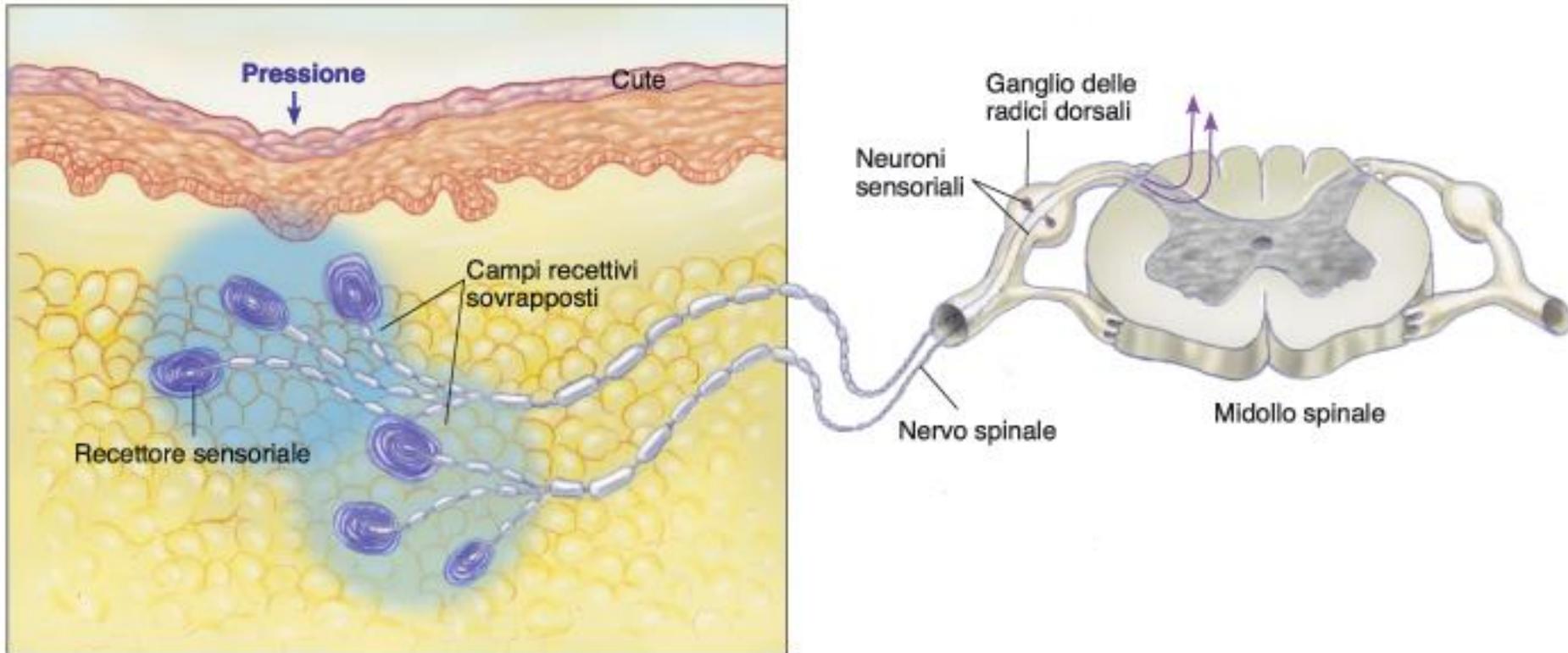
$$p = k \ln \frac{S}{S_0}$$

# Funzioni recettoriali-Decodificazione dell'informazione



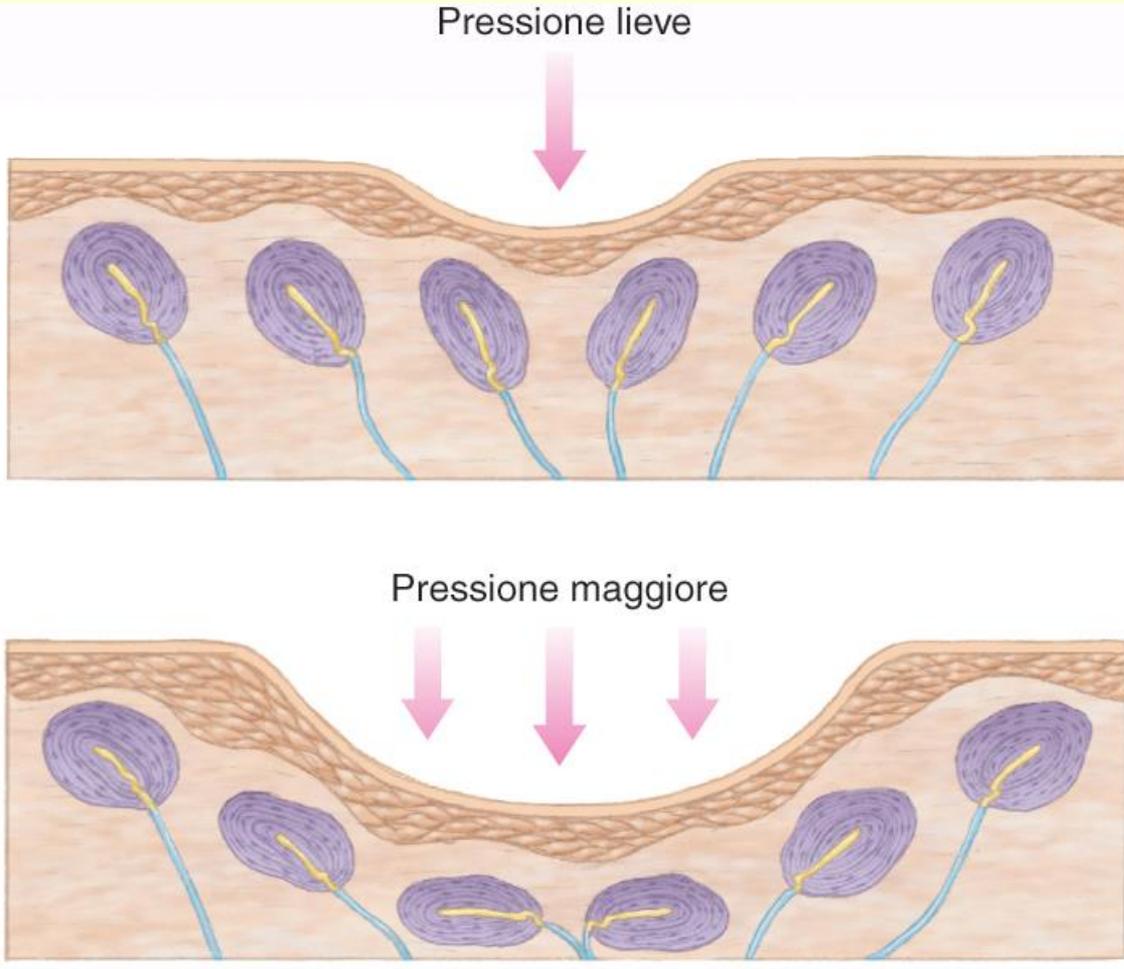
- **Codice di frequenza dell'intensità di stimolazione:** l'intensità dello stimolo è codificata come frequenza di scarica dei PA nella fibra afferente
- *Spesso i neuroni afferenti hanno ramificazioni che prendono contatto con diversi recettori i quali possono avere diverse soglie. In questo caso la frequenza di scarica è il risultato della sommazione temporale*
- La distribuzione spaziale dei recettori connessi ad una determinata fibra delimita il **campo recettivo**

# Funzioni recettoriali-Decodificazione dell'informazione



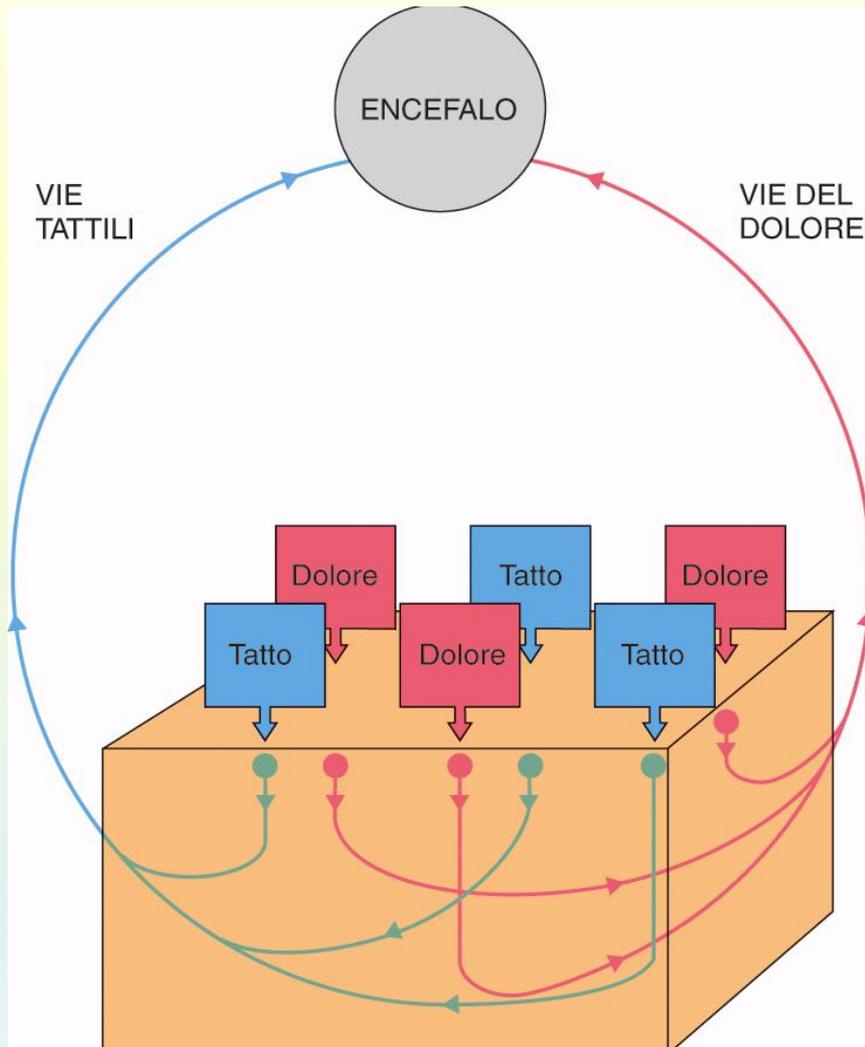
- **Reclutamento:** uno stimolo adeguato intenso può stimolare recettori di campi recettivi adiacenti (es.o dei corpuscoli del Pacini cutanei)

# Funzioni recettoriali-Decodificazione dell'informazione



- **Codice di popolazione:** tanto più intenso lo stimolo, tanto maggiore il numero dei recettori interessati, e quindi di fibre afferenti attivate.

# Funzioni recettoriali-Decodificazione dell'informazione



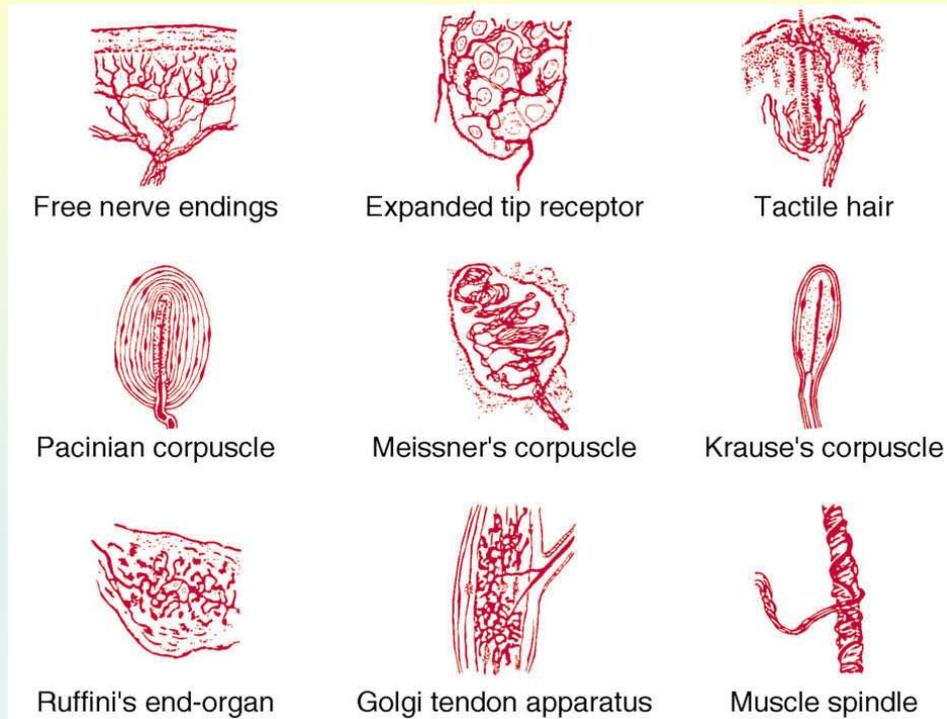
- **Codice a linee marcate della qualità dello stimolo:** il tipo di informazione inviato centralmente è codificato in funzione della *disposizione morfologica* dell'insieme delle fibre afferenti
- Esempio delle cute che contiene recettori per la temperatura e per la pressione. Le informazioni riguardanti la temperatura seguono vie afferenti diverse da quelle che riguardano la pressione

# Funzioni recettoriali-distribuzione e densità recettoriale

- Il tipo, la localizzazione, il numero e la densità recettoriale di un determinato tipo di recettore sono una funzione della probabilità che quel recettore venga in contatto con il suo stimolo adeguato
- Esempio dei sensi speciali: i recettori si trovano confinati in settori molto limitati
- Cute: i) i recettori dolorifici sono numerosi ed ubiquitari; ii) i recettori per tatto e pressione (corpuscoli del Meissner) sono più numerose dei dolorifici alle estemità

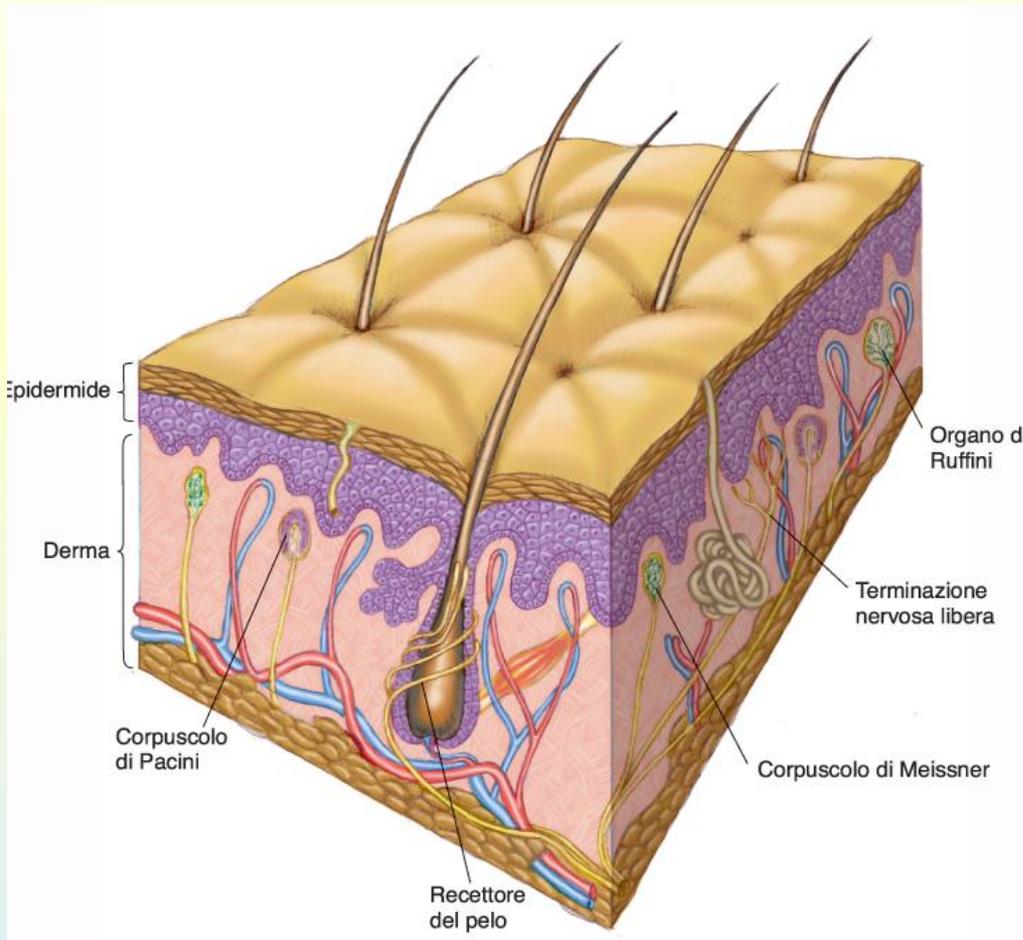
# Tipi di recettori somatosensoriali

- Ogni tipo di sensazione risulta dall'attivazione di recettori diversi
- Recettori tattili: tatto, pressione e vibrazioni.
  - Sono meccanoceettori



- 5 nella cute
  - Dischi di Merkel
  - Corpuscoli del Meissner
  - Corpuscoli del Pacini
  - Corpuscoli del Ruffini
  - Plesso del bulbo pilifero (follicolo circondato da a spirale da terminazione nervosa amielenica)

# Tipi di recettori somatosensoriali



## *Corpuscoli del Meissner:*

nel derma, in zone glabre;  
stimolo adeguato: lieve  
tocco

## *Corpuscoli di Merkel:*

nell'epidermide, in zone glabre;  
stimolo adeguato: lieve  
tocco, molto sensibili

## *Corpuscoli del Pacini:*

nel derma in profondità, ma anche in  
articolazioni, legamenti, mesentere,  
peritoneo, pareti viscerali  
stimolo adeguato: pressione  
intensa, vibrazioni (a rapido  
adattamento)

## *Corpuscoli di Ruffini:*

a lento adattamento; stiramento della  
cute

## *Plesso del bulbo pilifero:*

Molto sensibile e a rapidissimo  
adattamento

# Tipi di recettori somatosensoriali

- **Termocettori:** caldo e freddo, a rapido adattamento
- Due categorie
  - 1. Rispondono a diminuzioni della temperatura al di sotto di  $30^{\circ} C$
  - 2. Rispondono ad aumenti della temperatura al di sotto di  $30^{\circ} C$
- Essendo a rapido adattamento, nessun termocettore risponde ad un dato e costante valore di temperatura, ma solamente a variazioni di temperatura

# Tipi di recettori somatosensoriali

- **Nocicettori: stimoli meccanici e termici dolorosi**
- Sono terminazioni libere numerose nei rivestimenti cutanei, nelle pareti viscerali, nei muscoli scheletrici, nelle articolazioni, nei tendini, nella cornea, nelle membrane mucose
- **Due classi**
  - 1. *Nocicettori meccanici* che rispondono ad intensa stimolazione meccanica
  - 2. *Nocicettori termici* che rispondono a temperature superiori ai  $45^{\circ} C$
  - Soglia elevata
  - La sensazione del dolore può essere ben localizzata - *sensibilità epicritica* - oppure sorda e diffusa - *sensibilità protopatica*.
  - Dolore viscerale: può essere riferito in particolari regioni somatiche (*dolore riferito*) poiché i nocicettori viscerali e un organo sono connessi a neuroni afferenti che nel MS possono attivare neuroni deputati a veicolare informazioni provenienti da diverse aree cutanee

# Tipi di recettori somatosensoriali

- *Propriocettori: posizione e movimento*
- *Due classi*
  - *Propriocettori statici: posizione assoluta e relativa degli arti*
    - *Meccanocettori localizzati nelle capsule articolari, cute, fusi neuromuscolari e organi tendinei del Golgi*
    - *Risposte caratterizzate da scariche toniche la cui frequenza dipende dalla posizione dell'arto*
  - *Propriocettori dinamici: informazione sui movimenti (cinestesia)*
    - *Evocano insorgenza di scariche solo nel corso di variazioni di posizione*
- *Le informazioni dei propriocettori giungono al SNC per vie organizzate secondo i seguenti criteri*
  - *1. vie formate da tre neuroni in serie*
  - *2. ogni tipo di sensazione somatica segue una specifica via*
  - *3. la maggior parte delle vie incrocia*
  - *4. I nervi spinali e cranici sono pari e simmetrici*
  - *5. Organizzazione somatotopica dei somi cellulari*

# Bibliografia

- **Fisiologia dell' Uomo, autori vari, Edi.Ermes, Milano**
  - **Capitolo 5: Sensibilità somatica e dolore**
- **Rhoades R e Pflanzner R. Fisiologia Generale ed Umana, II edizione italiana sulla IV americana, Piccin, Padova**
  - **Capitolo 8: Sistemi Sensoriali**