



SISTEMI SENSORIALI FISIOLOGIA DEI RECETTORI

FGE aa.2015-16



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 a linee marcate
- Densità recettoriale
- I recettori somatosensoriali: classificazione e specializzazione



TERMINOLOGIA

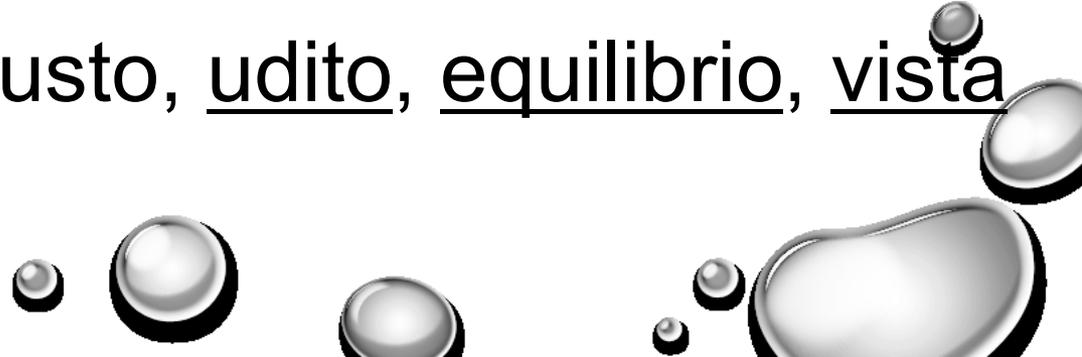
- **Sensi “Speciali” e “Generali”**

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



RECCETTORI 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
- 

RECCETTORI 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

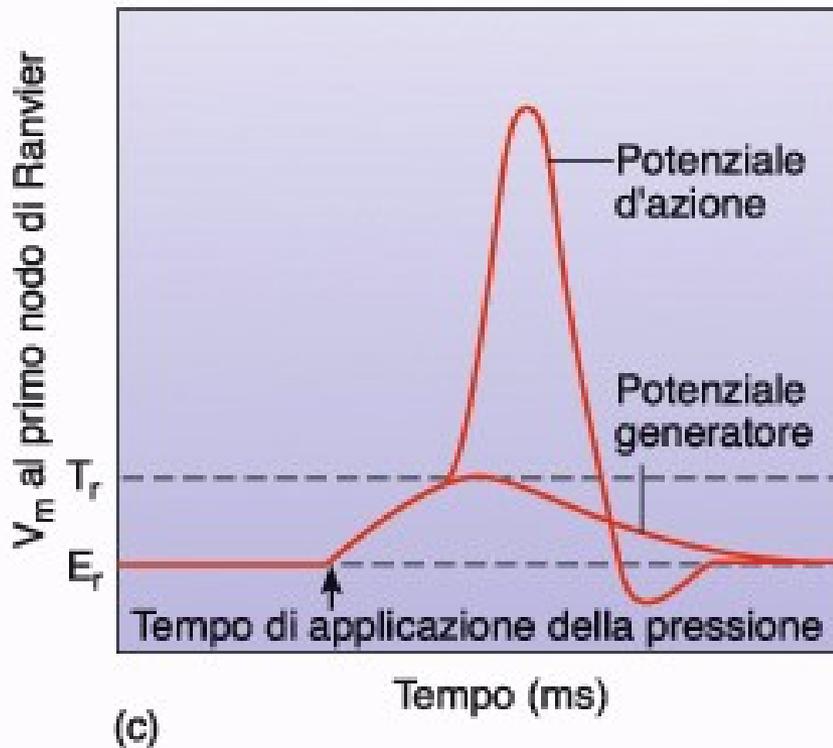
- **I recettori sono dei trasduttori**

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

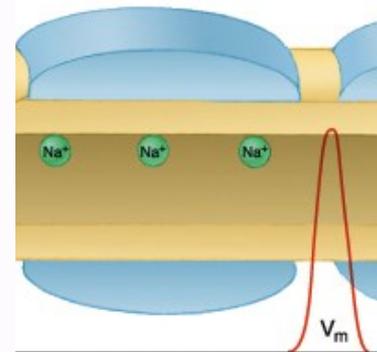
Potenziale di recettore: es.o *recettori gustativi papillari* formati da cellule sensoriali in rapporto sinaptico con fibra afferente

POTENZIALE GENERATORE



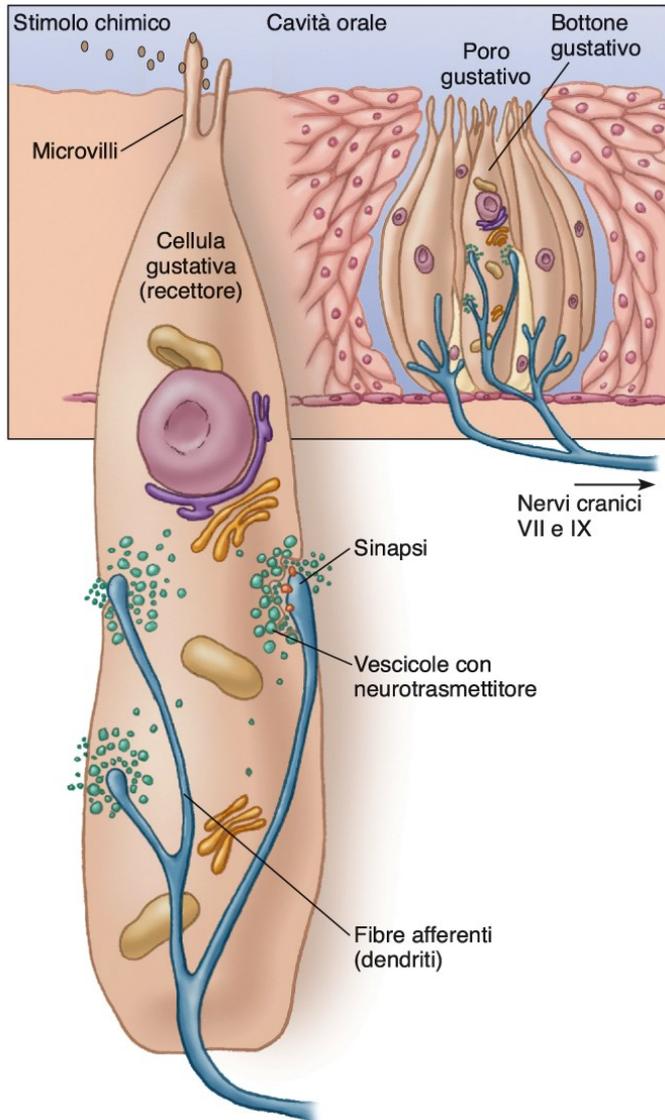
(a)

- 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

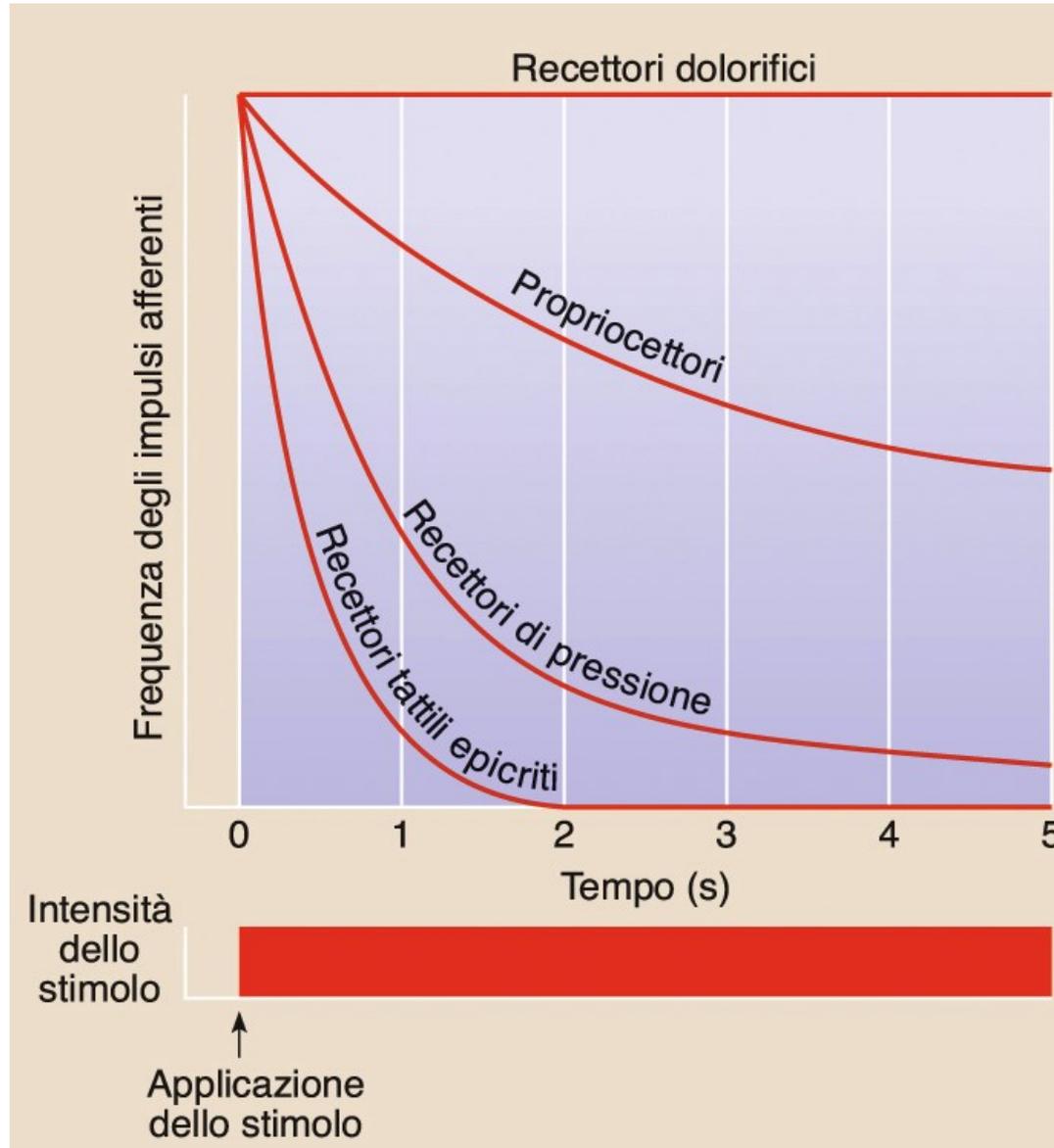


- La cellula gustativa risponde ad uno stimolo chimico adeguato generando un **potenziale di recettore** (*depolarizzazione o iperpolarizzazione di membrana*)
- Il potenziale di recettore controlla il rilascio del *neurotrasmettitore* nello spazio sinaptico
- Il neurotrasmettitore rilasciato *depolarizza*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

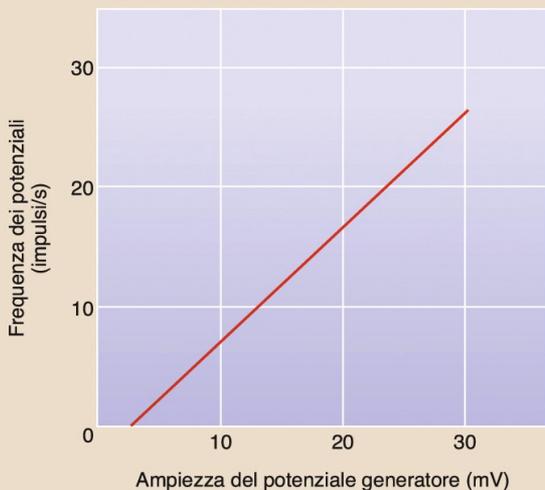
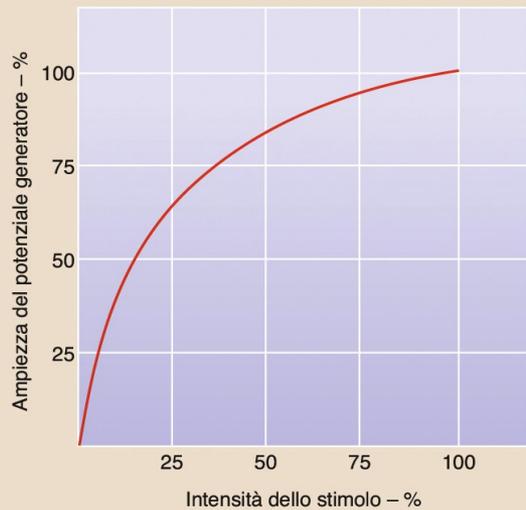
FUNZIONE RECETTORIALE-ADATTAMENTO

- **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



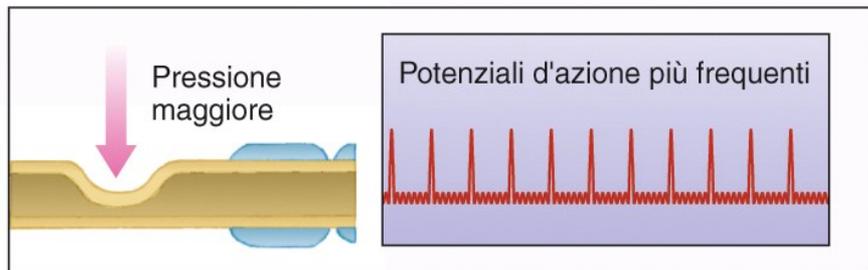
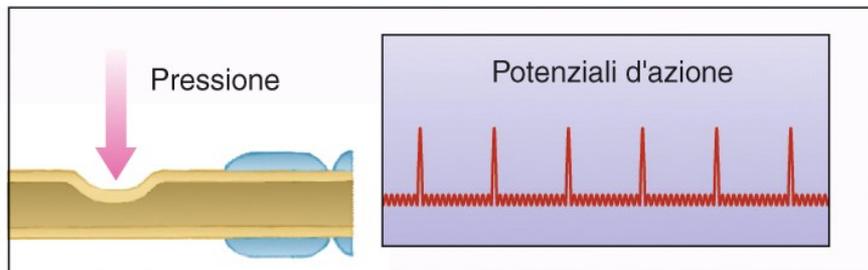
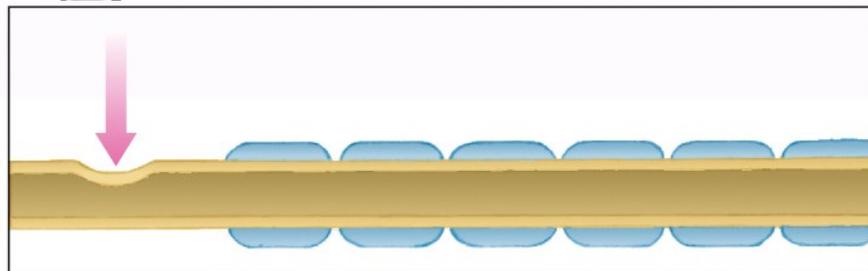
FUNZIONI RECETTORIALI-INTENSITÀ DI STIMOLO E RISPOSTA RECETTORIALE



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**

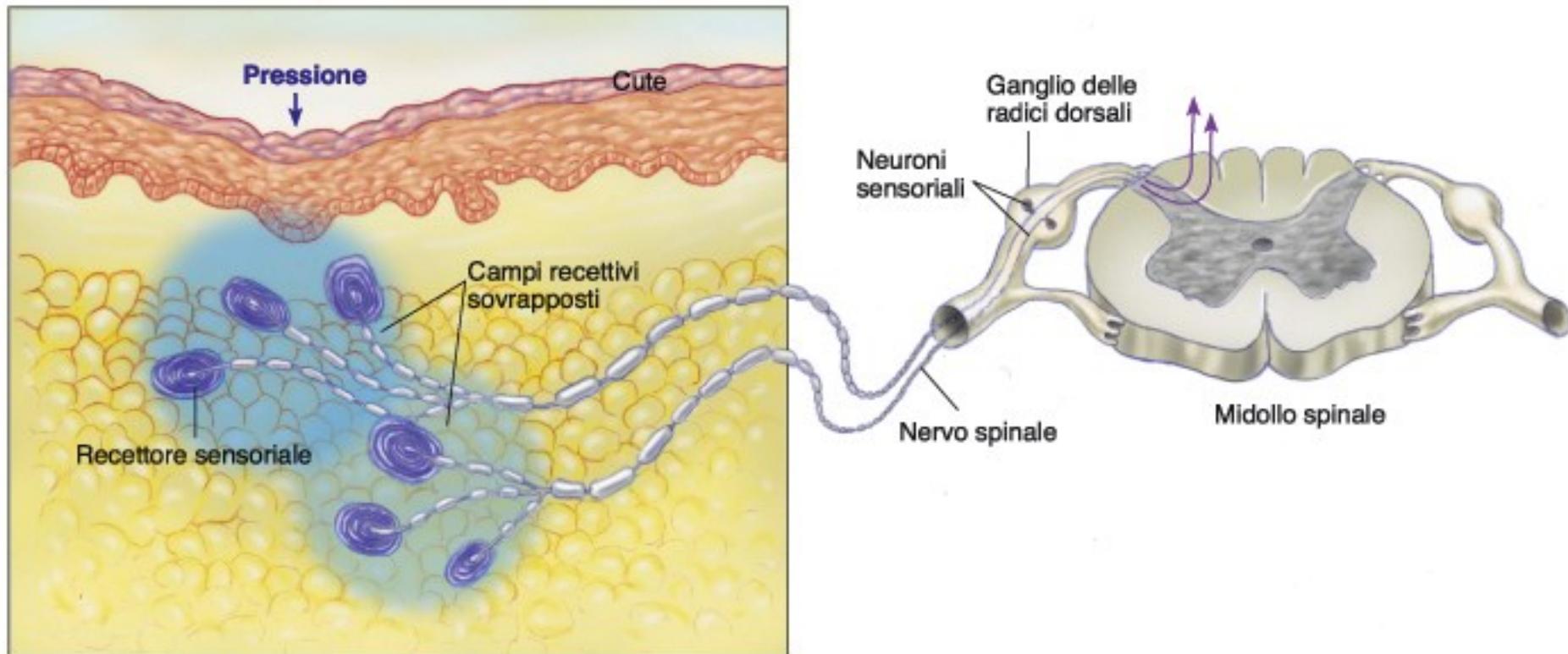
$$p = k \ln \frac{S}{S_0}$$

FUNZIONI RECETTORIALI- DECODIFICAZIONE DELL'INFORMAZIONE



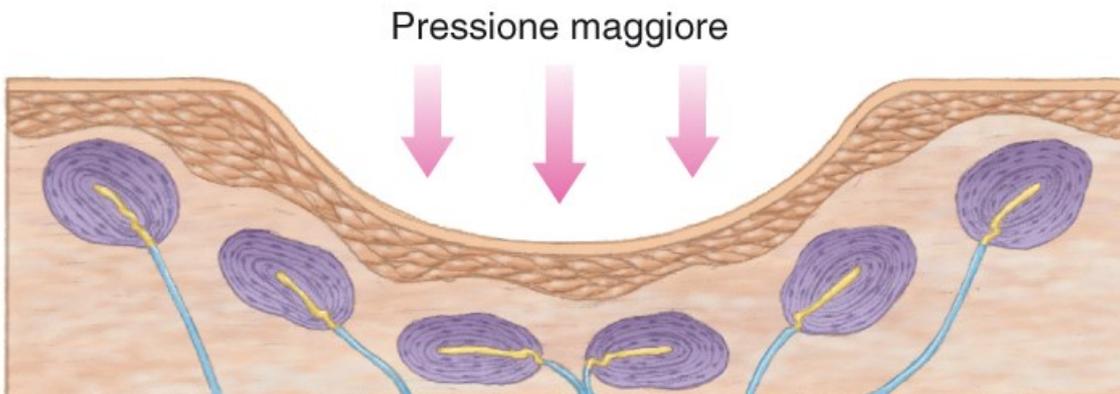
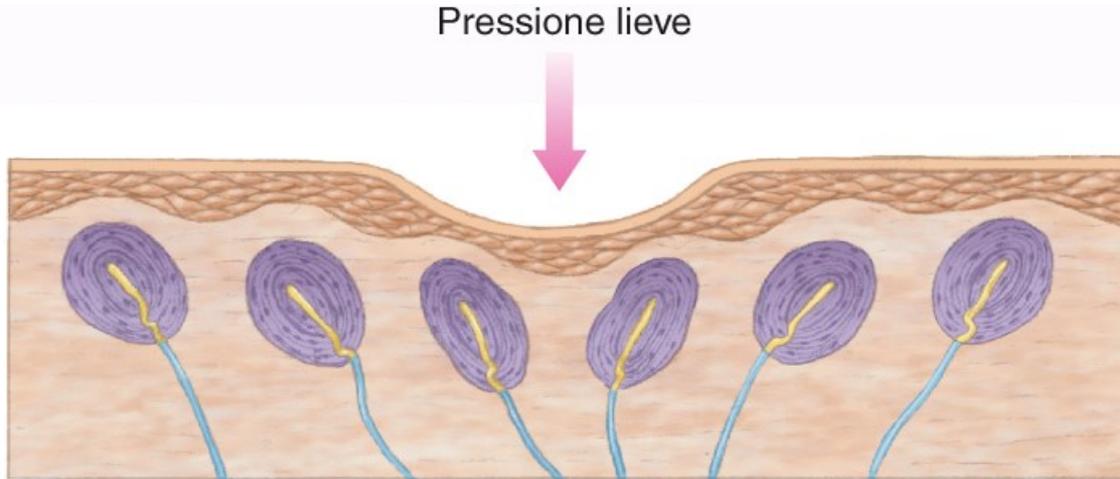
- **Codice di frequenza dell'intensità di stimolazione:** l'intensità dello stimolo è codificata come frequenza di scarica dei PA nella fibra afferente
- *Spesso i neuroni afferenti hanno ramificazioni che prendono contatto con diversi recettori i quali possono avere diverse soglie. In questo caso la 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



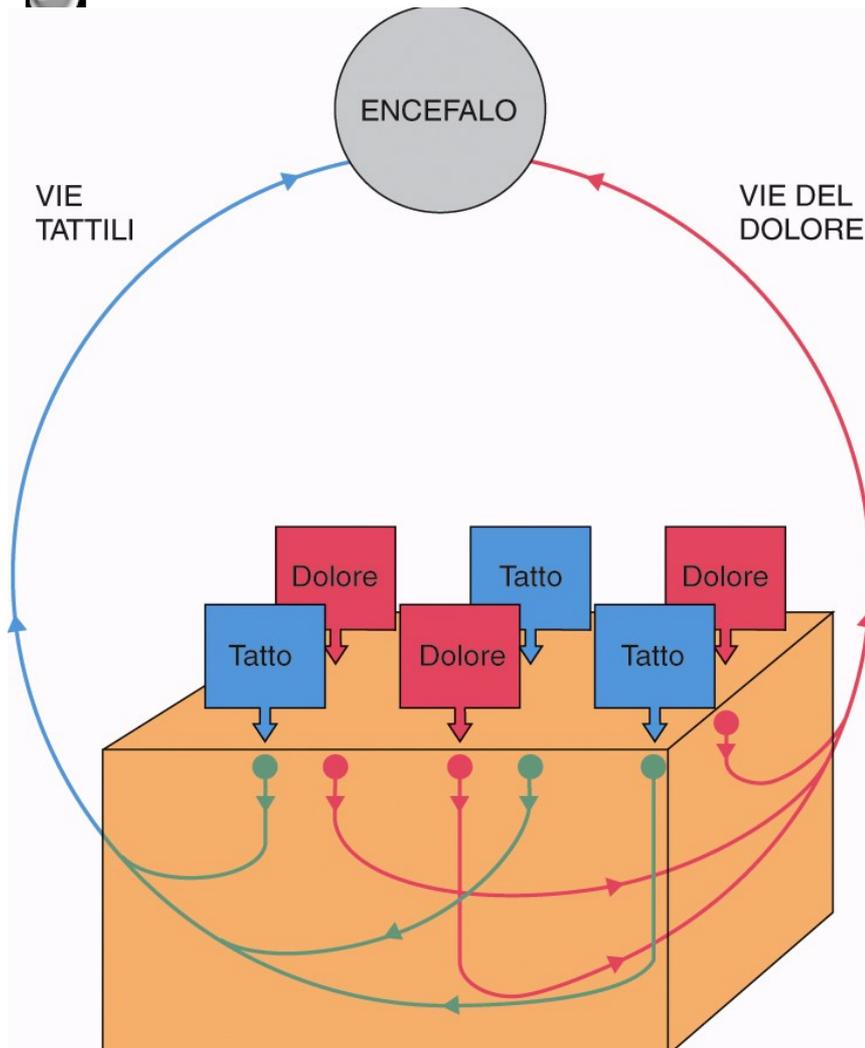
- **Reclutamento:** uno stimolo adeguato intenso può stimolare recettori di campi recettivi adiacenti (es.o dei corpuscoli del Pacini cutanei)

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 meccanocettori



Free nerve endings



Expanded tip receptor



Tactile hair



Pacinian corpuscle



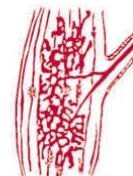
Meissner's corpuscle



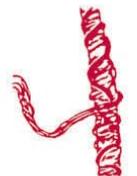
Krause's corpuscle



Ruffini's end-organ



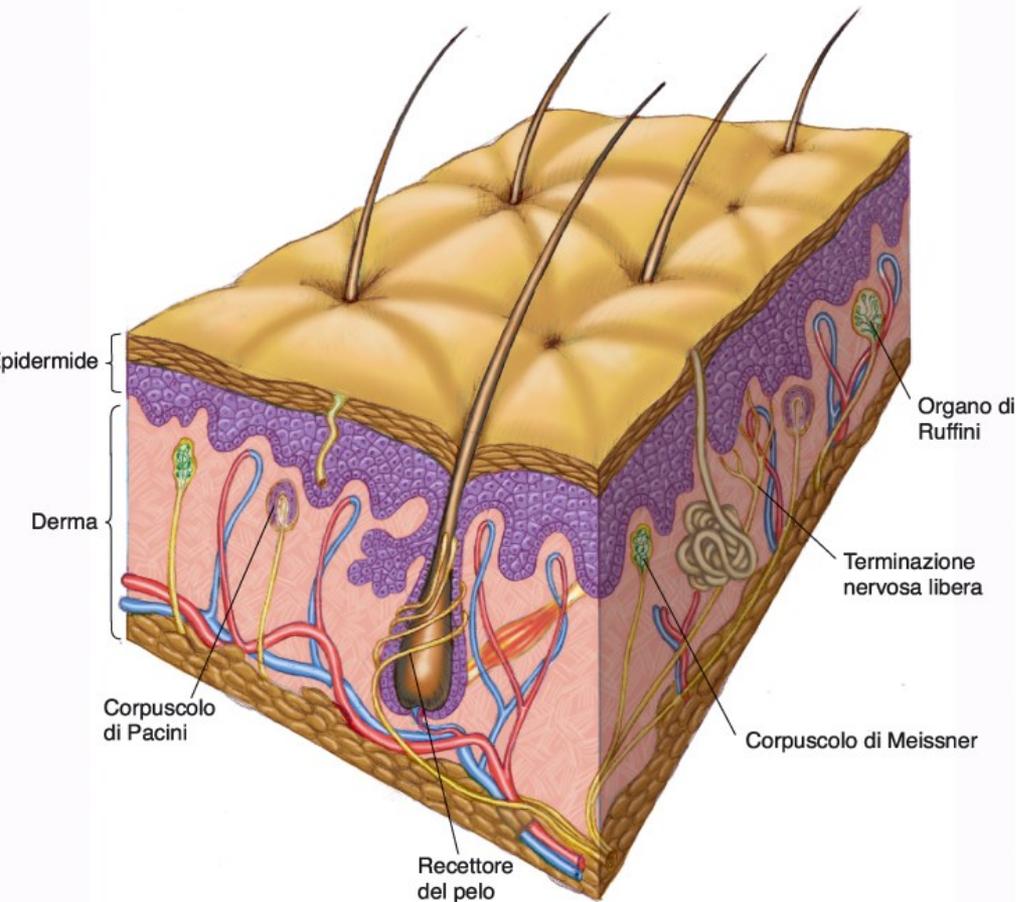
Golgi tendon apparatus



Muscle spindle

- 5 nella cute
 - Dischi di Merkel
 - Corpuscoli del Meissner
 - Corpuscoli del Pacini
 - Corpuscoli del Ruffini
 - Plesso del bulbo pilifero (follicolo circondato da una 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° C
 - 2. Rispondono ad aumenti della temperatura al di sotto di 30° 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 ° 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 di 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**
- 