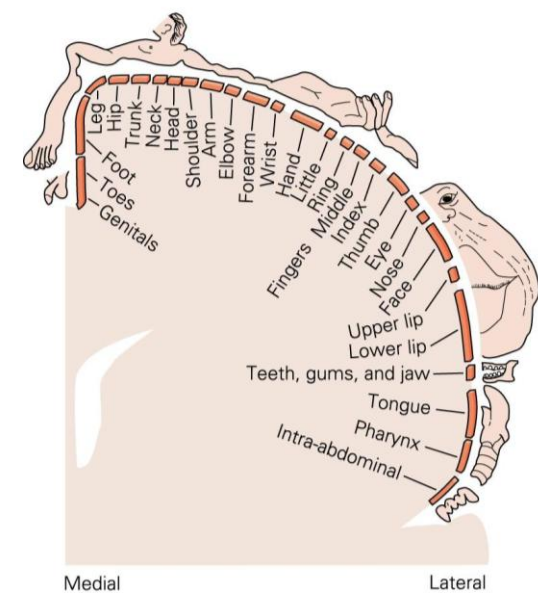
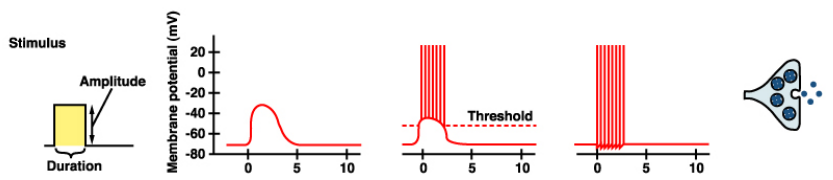
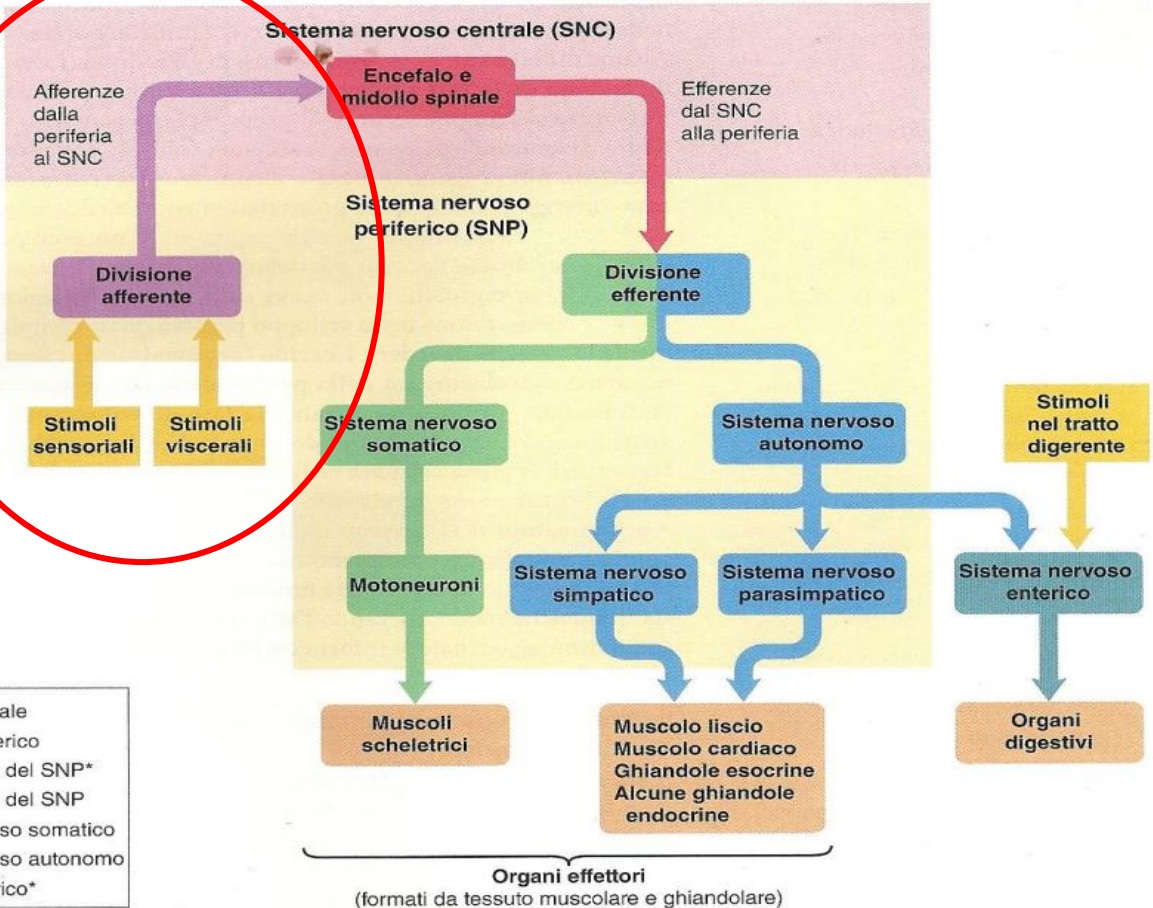
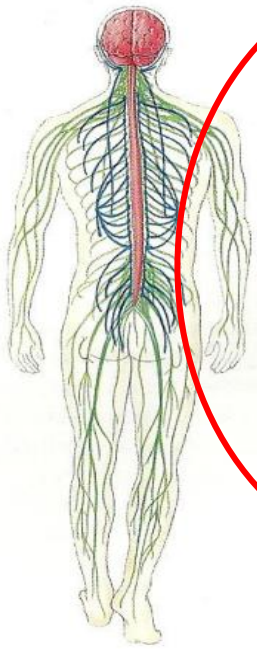


Principi di fisiologia sensoriale





LEGENDA

- Sistema nervoso centrale
- Sistema nervoso periferico
- Divisione afferente del SNP*
- Divisione efferente del SNP
- Sistema nervoso somatico
- Sistema nervoso autonomo
- Sistema nervoso enterico*

TABELLA 10-1 Informazioni elaborate nei sistemi sensoriali

STIMOLI PREVALENTEMENTE ELABORATI A LIVELLO CONSCIO

Sensi speciali	Sensi somatici
Vista	Tatto-pressione
Udito	Temperatura
Gusto	Dolore
Olfatto	Prurito
Equilibrio	Propriocezione

STIMOLI PREVALENTEMENTE ELABORATI A LIVELLO INCONSCIO

Lunghezza e tensione muscolare	Pressione arteriosa
Altri stimoli propriocettivi	Distensione del tratto gastrointestinale
	Concentrazione ematica del glucosio
	Temperatura degli organi profondi dell'organismo
	Osmolarità dei liquidi corporei
	Inflazione polmonare
	pH del liquido cerebrospinale
	Livelli ematici di ossigeno e pH

SENSI SPECIALI



Organi di senso: strutture fisiche specializzate nel ricevere stimoli esterni e tradurli in segnali elettrici

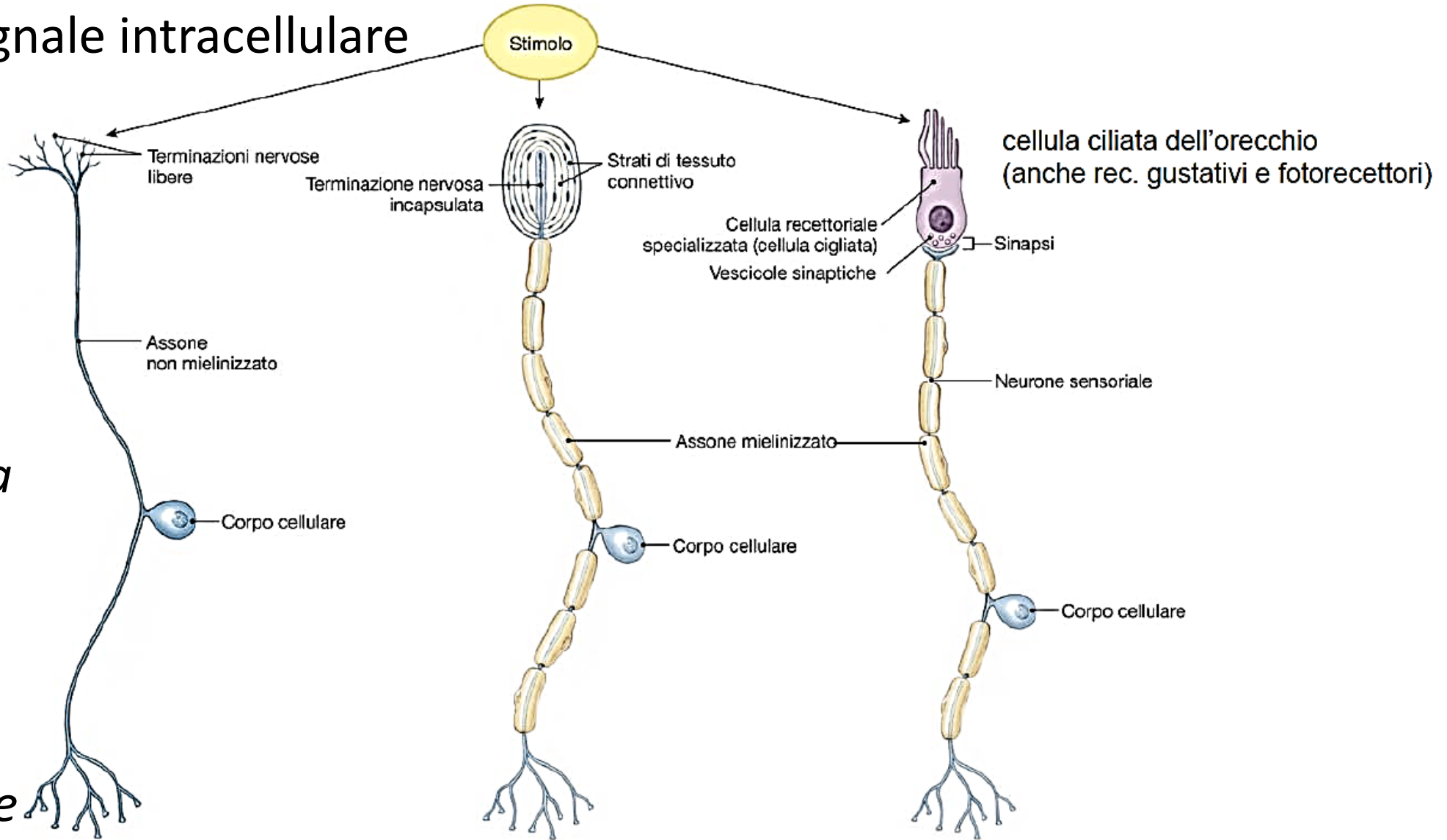
SENSI SOMATICI



Cellule nervose distribuite in tutto il corpo a livello di cute, muscoli e articolazioni

I recettori del sistema sensoriale: sono trasduttori che convertono l'energia dello stimolo in un segnale intracellulare

Il livello di complessità dell'apparato sensoriale può variare moltissimo: dalla singola cellula (tatto) a sistemi complessi costituiti da migliaia di cellule (coclea dell'orecchio)



(a) I recettori semplici sono terminazioni assionali libere. (somatosensoriali)

(b) I recettori complessi sono costituiti da una terminazione nervosa racchiusa in una capsula di tessuto connettivo.

(c) La maggior parte dei recettori dei sensi speciali è costituita da cellule che rilasciano un neurotrasmettitore su un neurone sensoriale, che a sua volta può poi scatenare un potenziale d'azione.

La classificazione dei recettori sensoriali

TABELLA 10-2 **Tipi di recettori sensoriali**

TIPO DI RECETTORE	ESEMPI DEGLI STIMOLI
Chemocettori	Ossigeno, pH, varie molecole organiche come per esempio il glucosio
Meccanocettori	Pressione (barocettori), distensione cellulare (osmocettori), vibrazione, accelerazione, suoni, stiramento muscolare
Fotorecettori	Fotoni
Termocettori	Vari gradi di calore
Nocicettori	Stimoli che possono provocare un danno tissutale (interpretati come dolore)

Sono cellule che TRASDUCONO l'energia dello stimolo in un segnale elettrico

-La conversione avviene attraverso l'apertura di canali di membrana

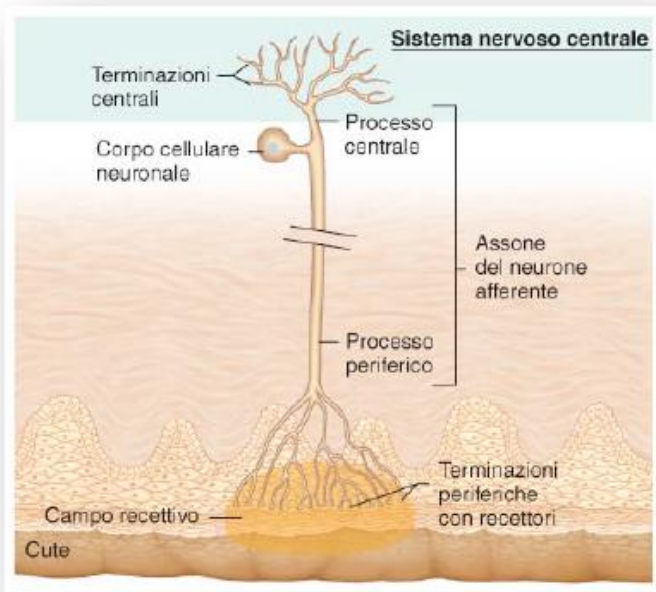
- I recettori sono specifici per uno stimolo ma possono essere attivati anche da stimoli secondari se molto intensi (ex. Retina)

- Se l'ampiezza dello stimolo e' sufficiente, insorge il potenziale d'azione, che si propaga attraverso le VIE AFFERENTI al sistema nervoso centrale.

I recettori sensoriali sono neuroni sensoriali PRIMARI

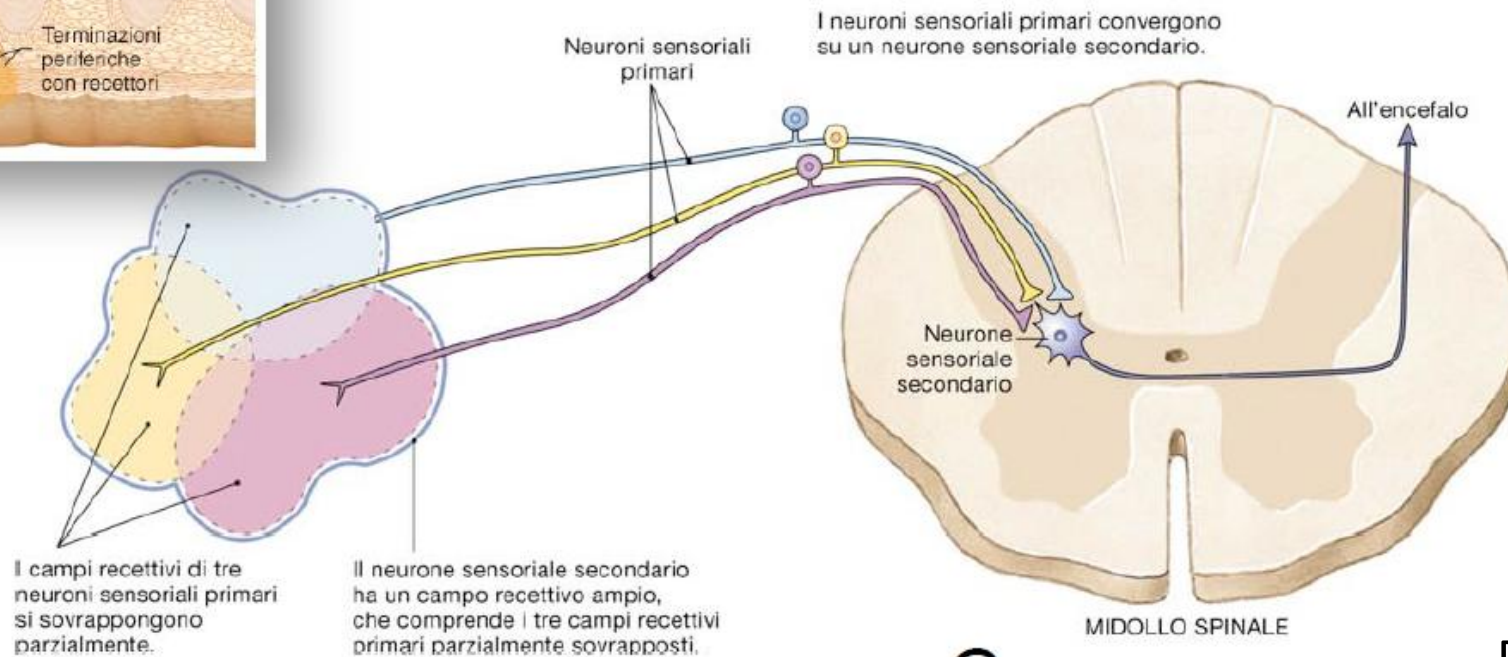
I campi recettivi o recettoriali:

Regione dello spazio nella quale deve essere localizzato uno stimolo sensoriale affinché un neurone possa rispondere.



- Possiamo avere:

- 1) Rapporto 1:1 tra neurone primario e secondario
- 2) Più neuroni primari che **CONVERGONO** su un neurone secondario

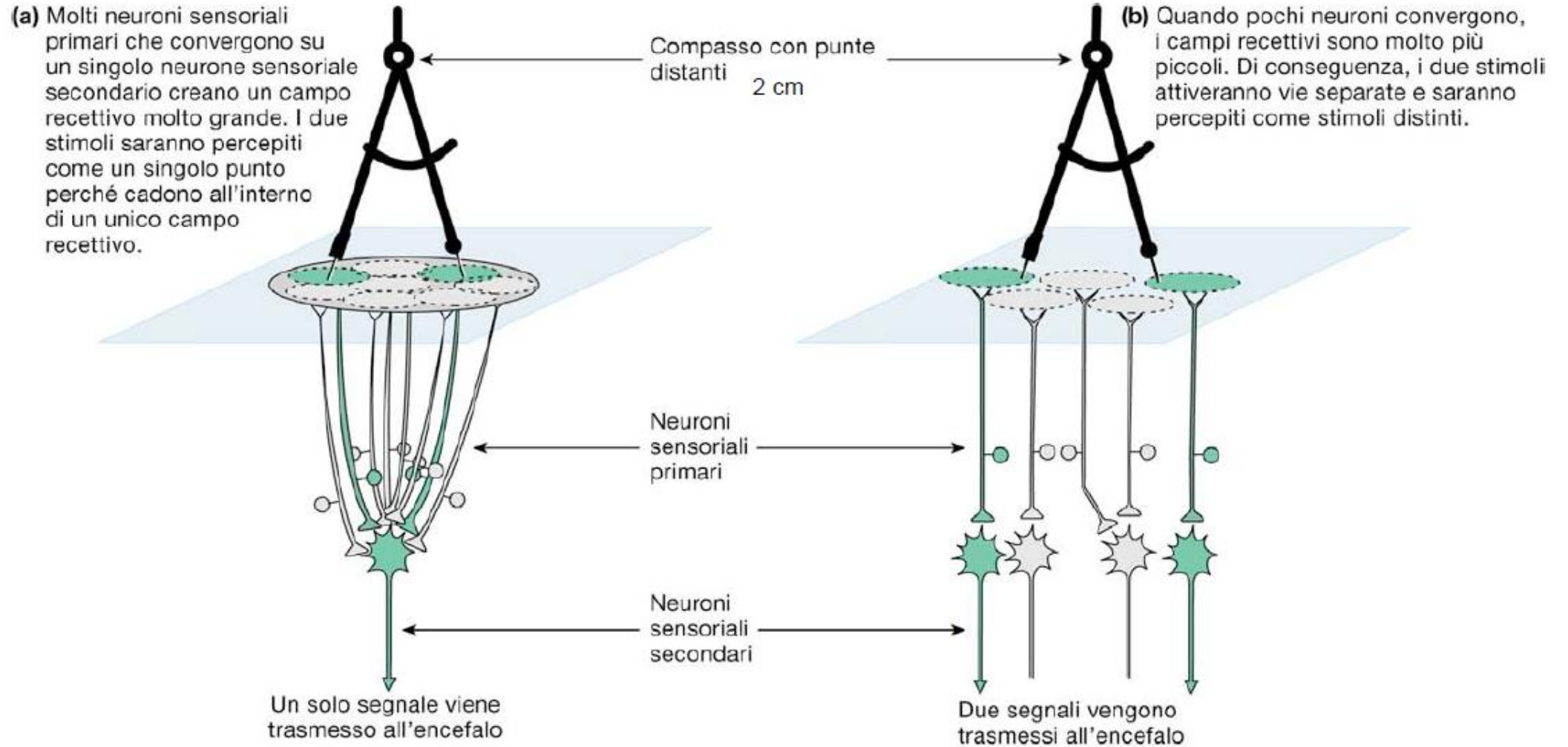


Convergenza

Permette a più stimoli sotto soglia di integrarsi

I campi recettivi o recettoriali: Il test della discriminazione di due punti

La dimensione del campo recettivo determina la risoluzione dello stimolo



Braccia e gambe

Polpastrelli

Le vie sensoriali

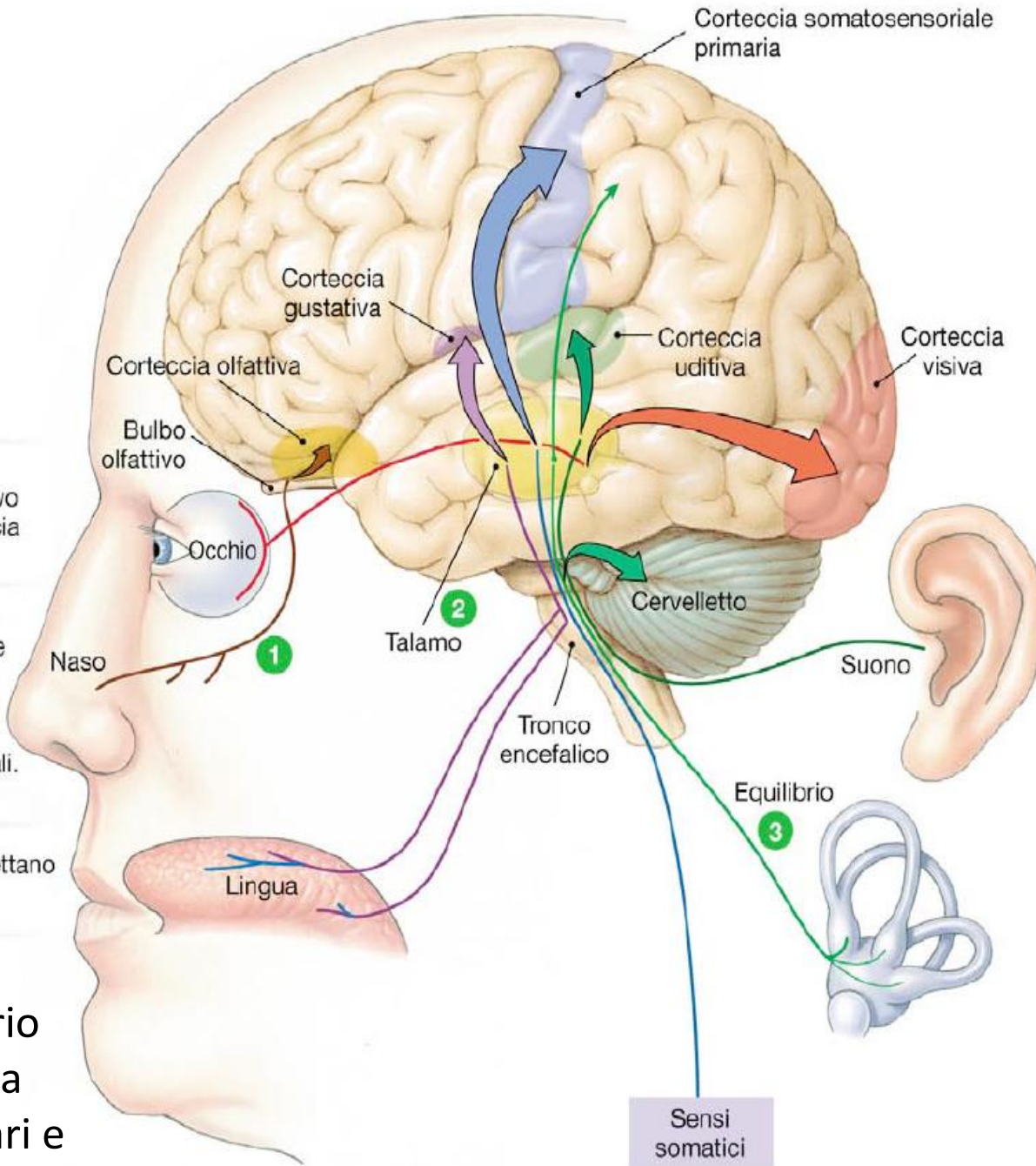
-Stimoli elaborati a livello inconscio: gli stimoli “viscerali” vengono elaborati a livello di midollo spinale o tronco encefalico (ex. Regolazione pressione arteriosa)

-Stimoli elaborati a livello conscio: l’informazione arriva alle corteccia sensoriale

TALAMO come centro di integrazione e di smistamento delle informazioni sensoriali

SOGLIA PERCETTIVA: livello d’intensita’ dello stimolo necessario affinche’ se ne abbia conoscenza. Puo’ essere abbassata/alzata attraverso modulazioni negative di neuroni sensoriali secondari e terziari. EX: stanzarumorosa.

- 1 Le vie olfattive dal naso proiettano al bulbo olfattivo e poi arrivano alla corteccia olfattiva.
- 2 La maggior parte delle vie sensoriali proietta al talamo; il talamo elabora le informazioni e le trasmette ai centri corticali.
- 3 Le vie dell’equilibrio proiettano al cervelletto.



Se tutti gli stimoli sono convertiti in potenziali d'azione dal neurone sensoriale primario, come puo' il SNC che riceve le informazioni distinguere tra:

- Natura
- Sede
- Intensita'
- Durata

dello stimolo?

Natura (o modalita') sensoriale:

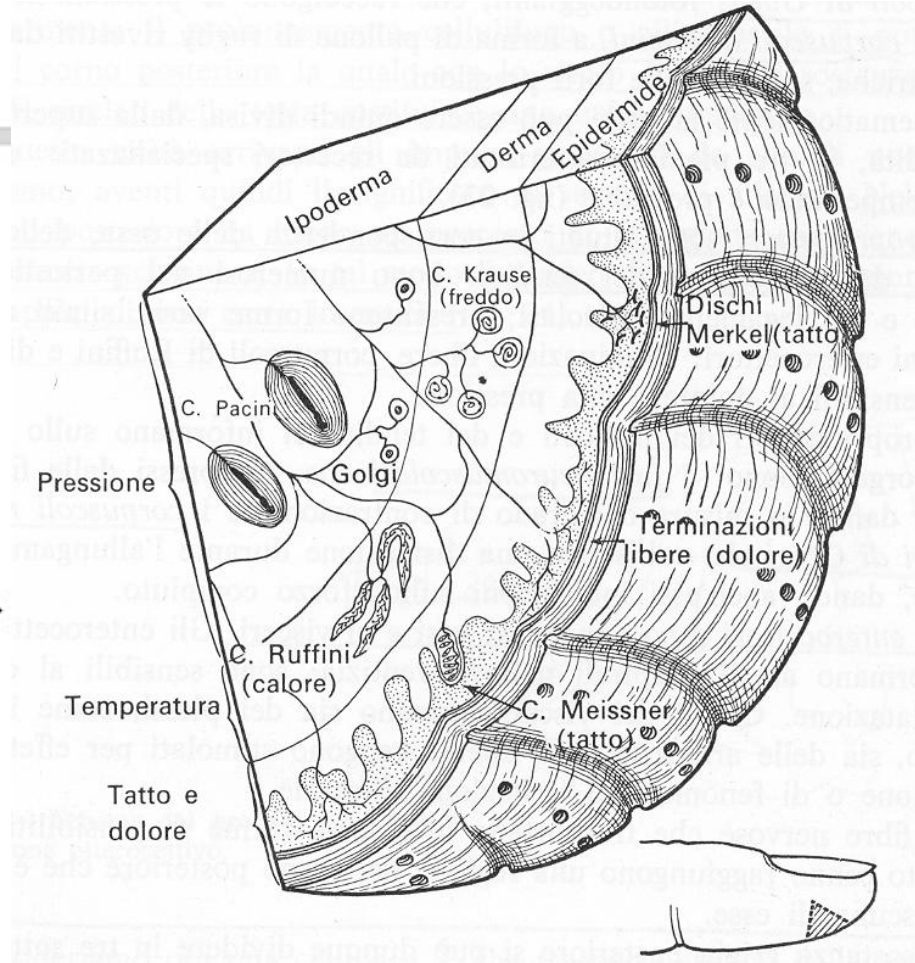
Dipende da:

- 1) Tipo di recettore
- 2) Area della corteccia che riceve l'informazione

1

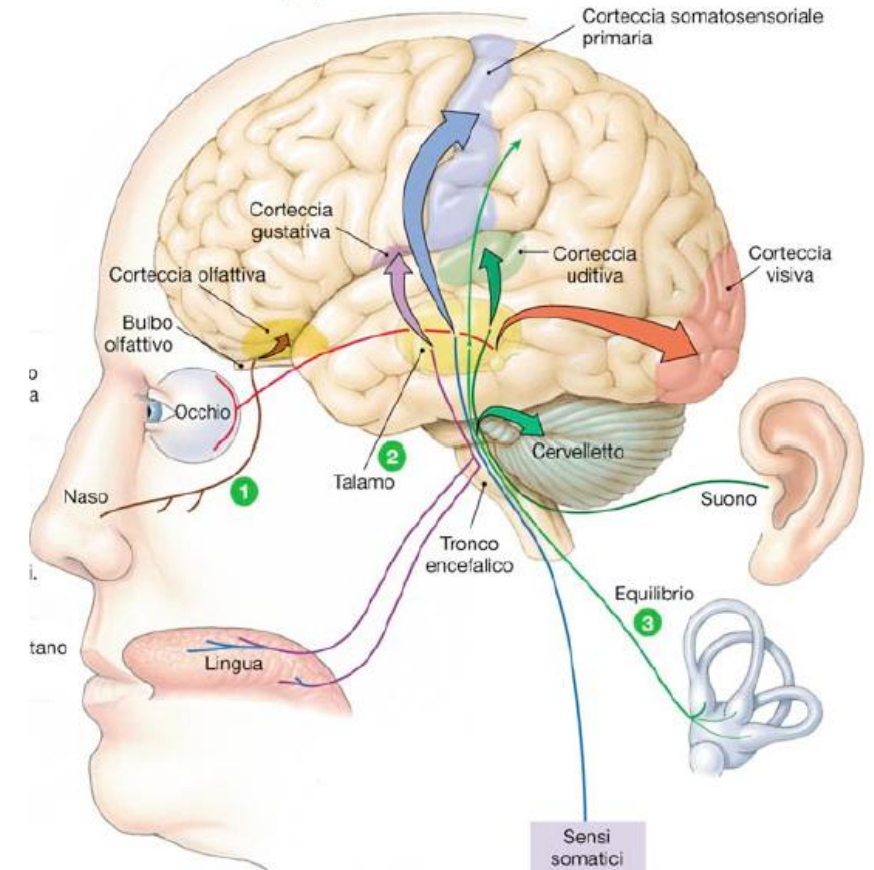
Distribuzione dei recettori cutanei

Recettori	Estensione
Recettori per il freddo	3/cm ²
Recettori per il caldo	1/cm ²
Cellule di Merkel	20/cm ²
Corpuscoli di Meissner	100/cm ²
Corpuscoli di Ruffini	10/cm ²
Corpuscoli di Vater-Pacini	2/cm ²
Recettori per il dolore	100/cm ²



Nelle aree associative della corteccia uno stimolo proveniente da un gruppo di recettori viene associato a quella modalita' (Caldo, freddo, dolore)

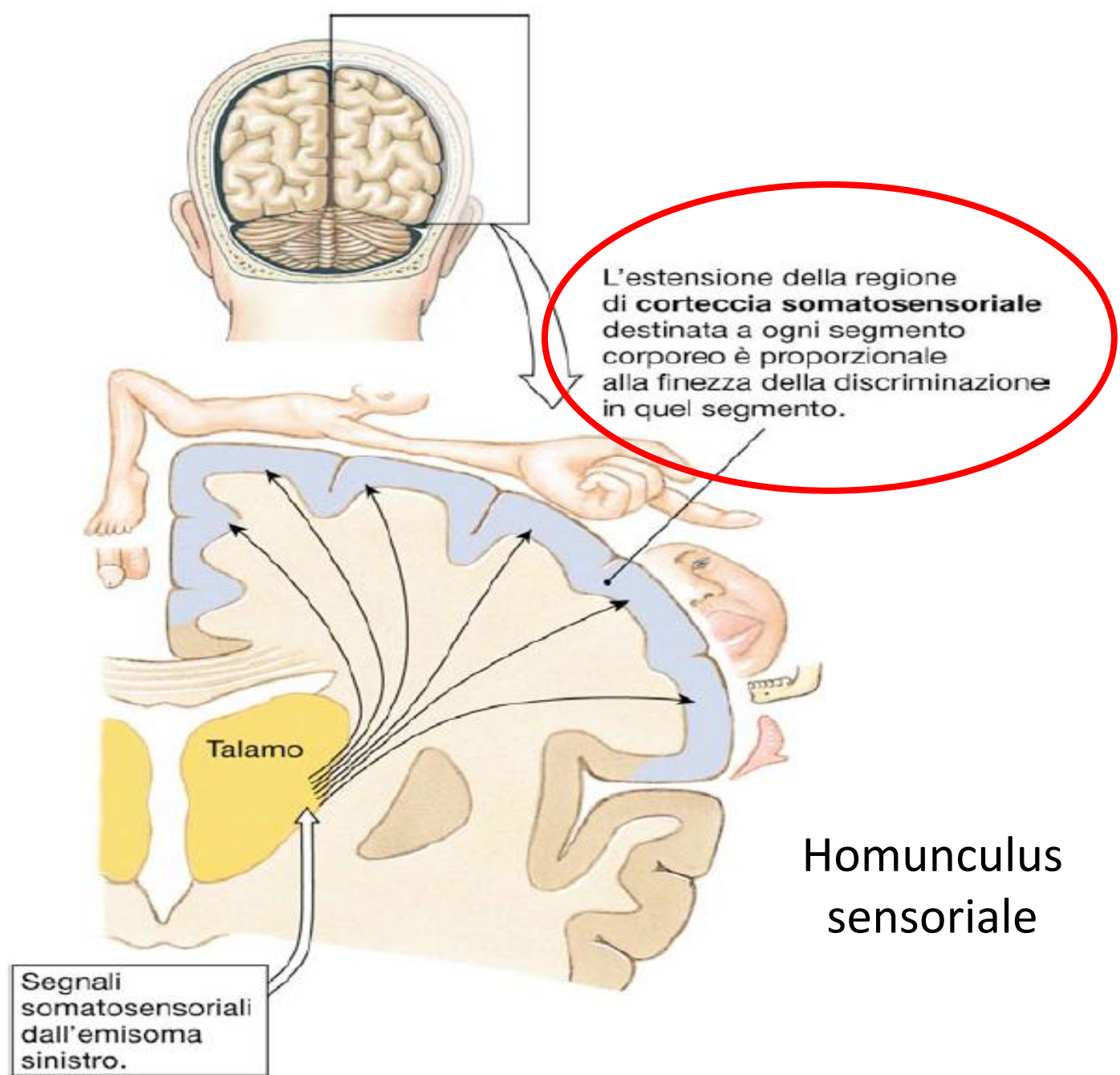
2



Uno stimolo che raggiunge la corteccia olfattiva verrà decodificato come segnale olfattorio

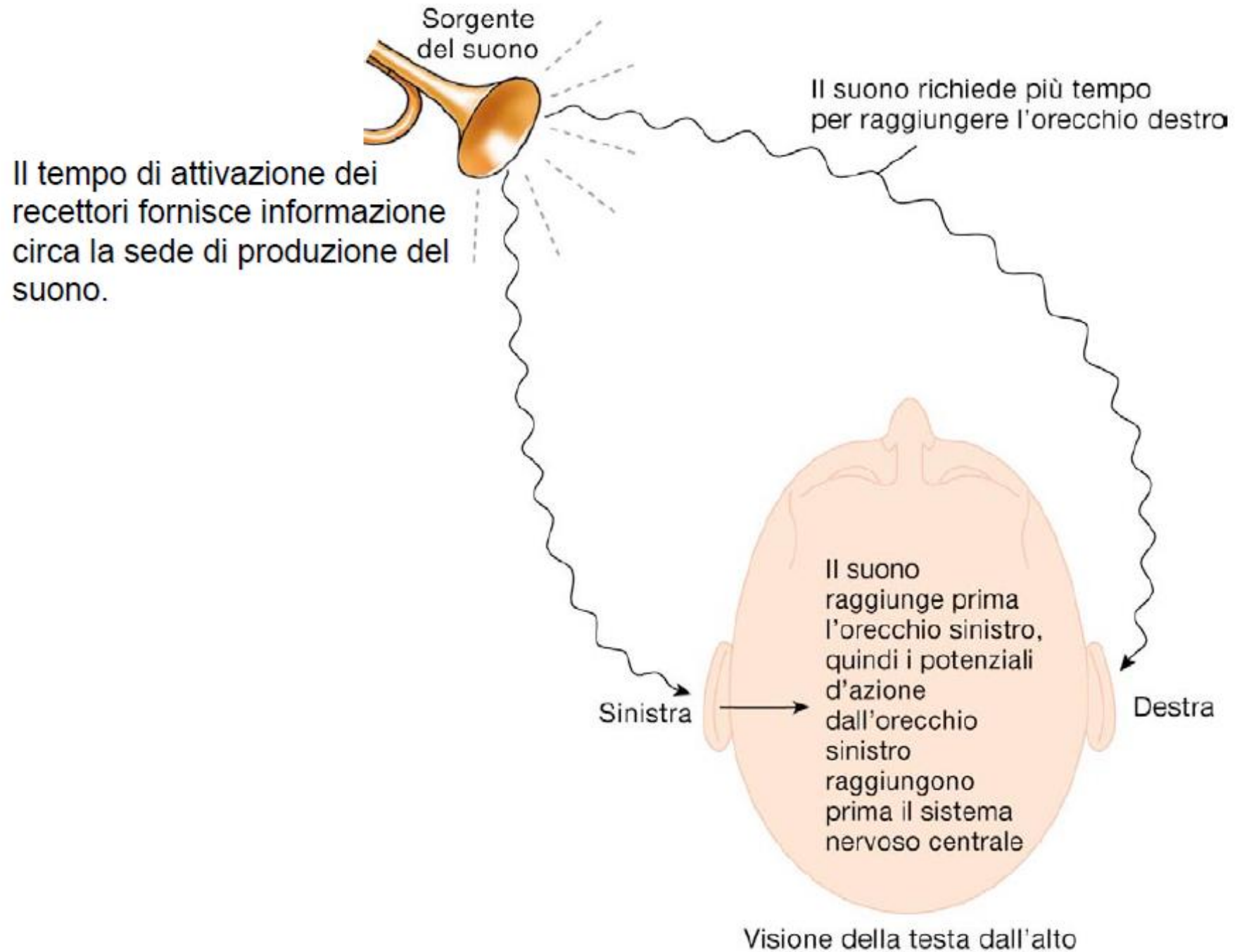
Sede: SENSI SOMATICI

La corteccia somatosensoriale e' organizzata secondo una **distribuzione topografica** dei recettori cutanei



Sezione coronale della corteccia somatosensoriale dell'emisfero destro.

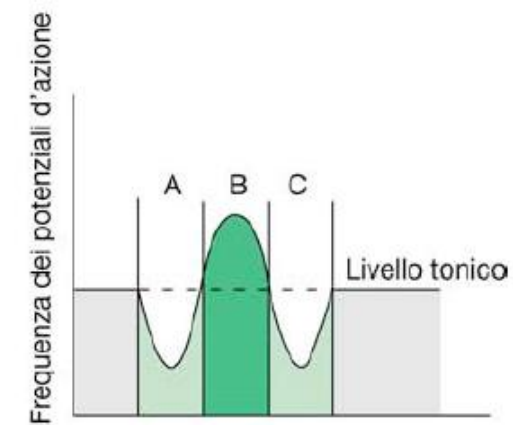
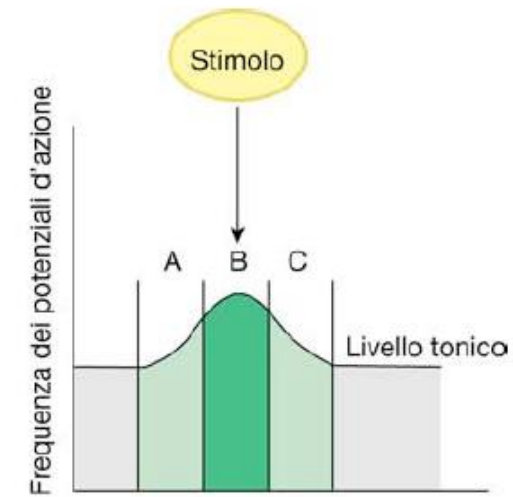
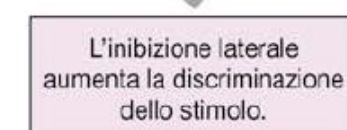
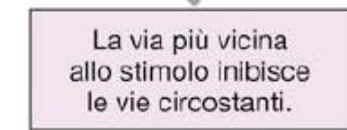
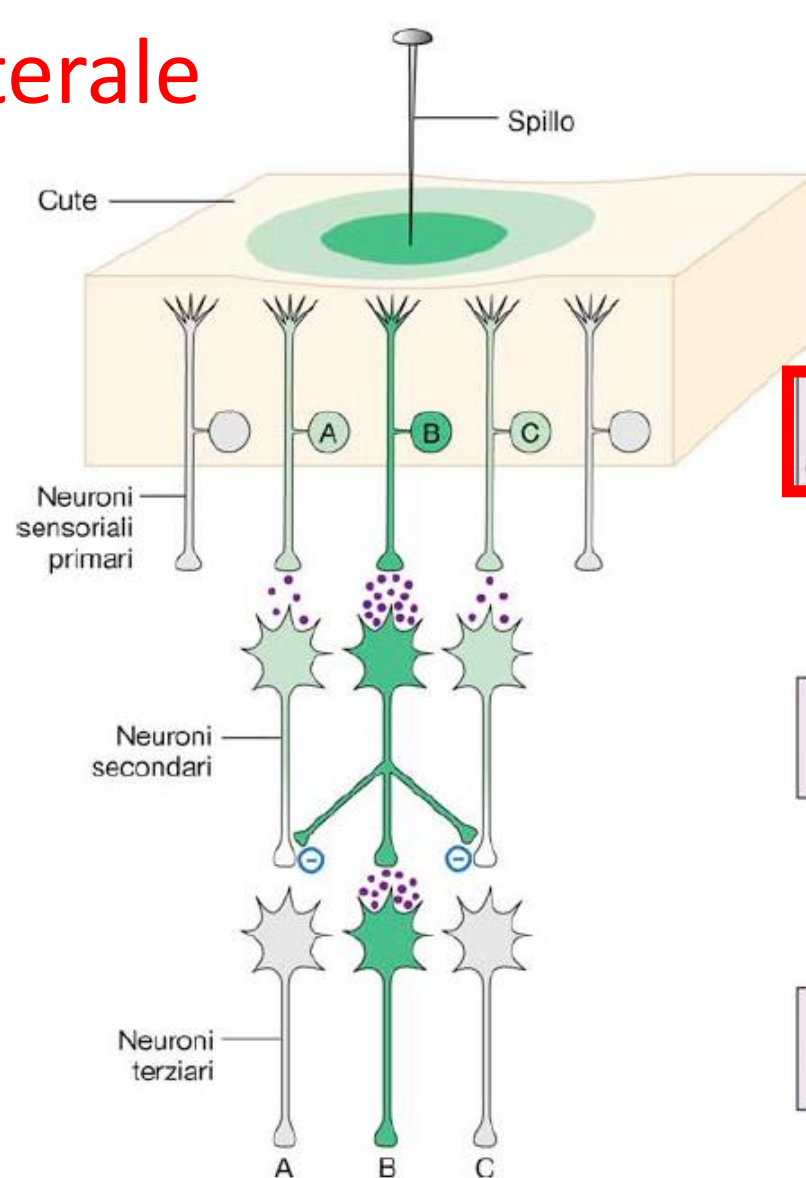
Sede: L'UDITO



Sede: l'inibizione laterale

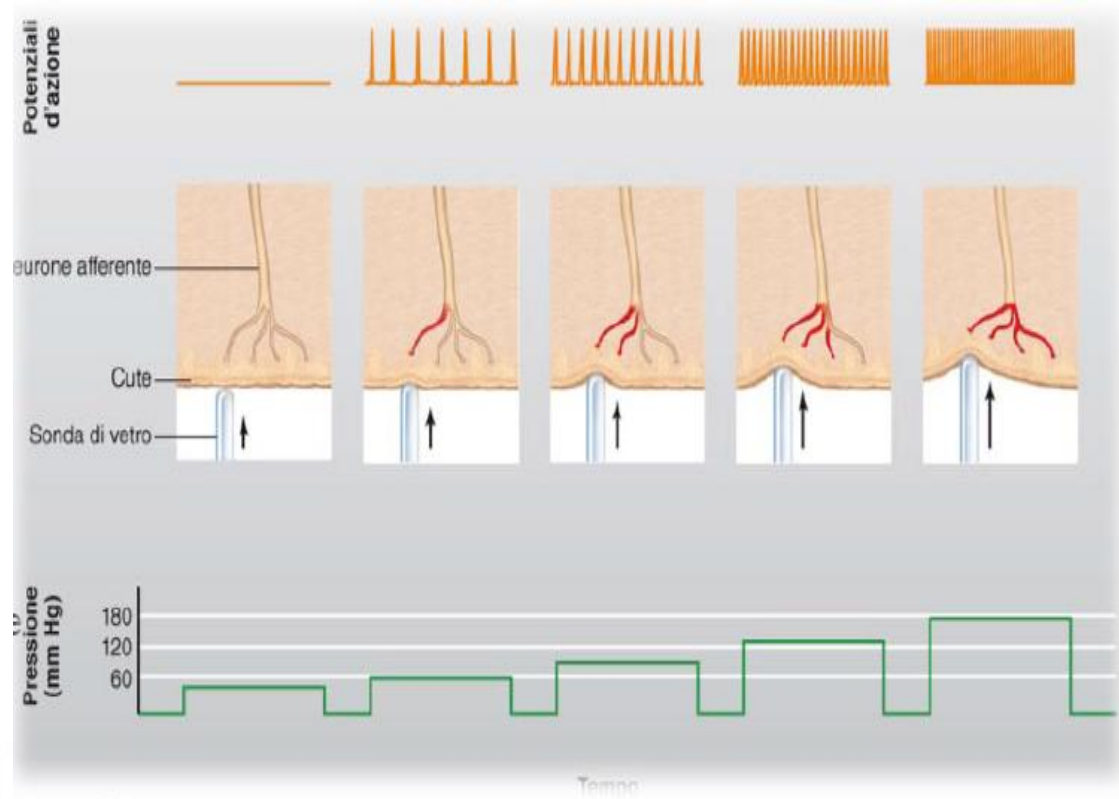
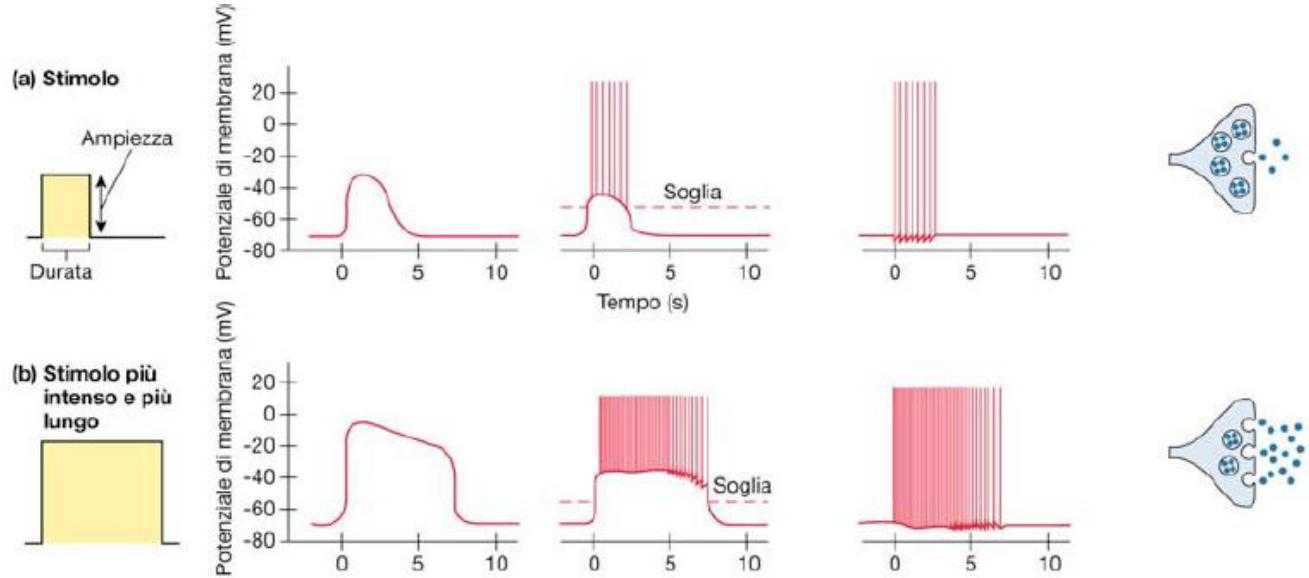
- E' una strategia per aumentare la discriminazione dello stimolo

- Molto importante nel sistema visivo: l'inibizione laterale permette di percepire in modo piu' netto i margini degli oggetti

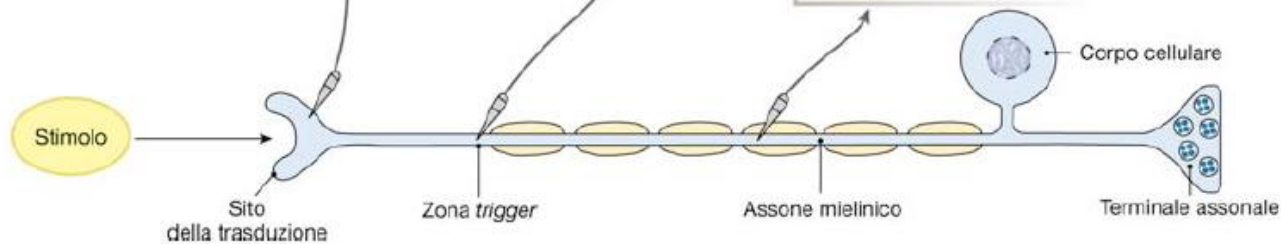


Aumenta il contrasto tra campi recettivi piu' attivati ed i limitrofi

Intensita' e durata



- 1 L'intensità e la durata del potenziale di recettore (che in questo caso è anche potenziale generatore) variano col variare dello stimolo.
- 2 Il potenziale generatore viene integrato nella zona trigger.
- 3 La frequenza dei potenziali d'azione è proporzionale all'intensità dello stimolo. La durata della serie di potenziali d'azione è proporzionale alla durata dello stimolo nei recettori tonici (si veda la figura 10-8).
- 4 Il rilascio di neurotrasmettitore varia a seconda della scarica di potenziali d'azione che giungono al terminale assonale.



L'intensita' e' codificata da:

- numero di recettori attivati
- Frequenza di potenziali d'azione da essi provenienti

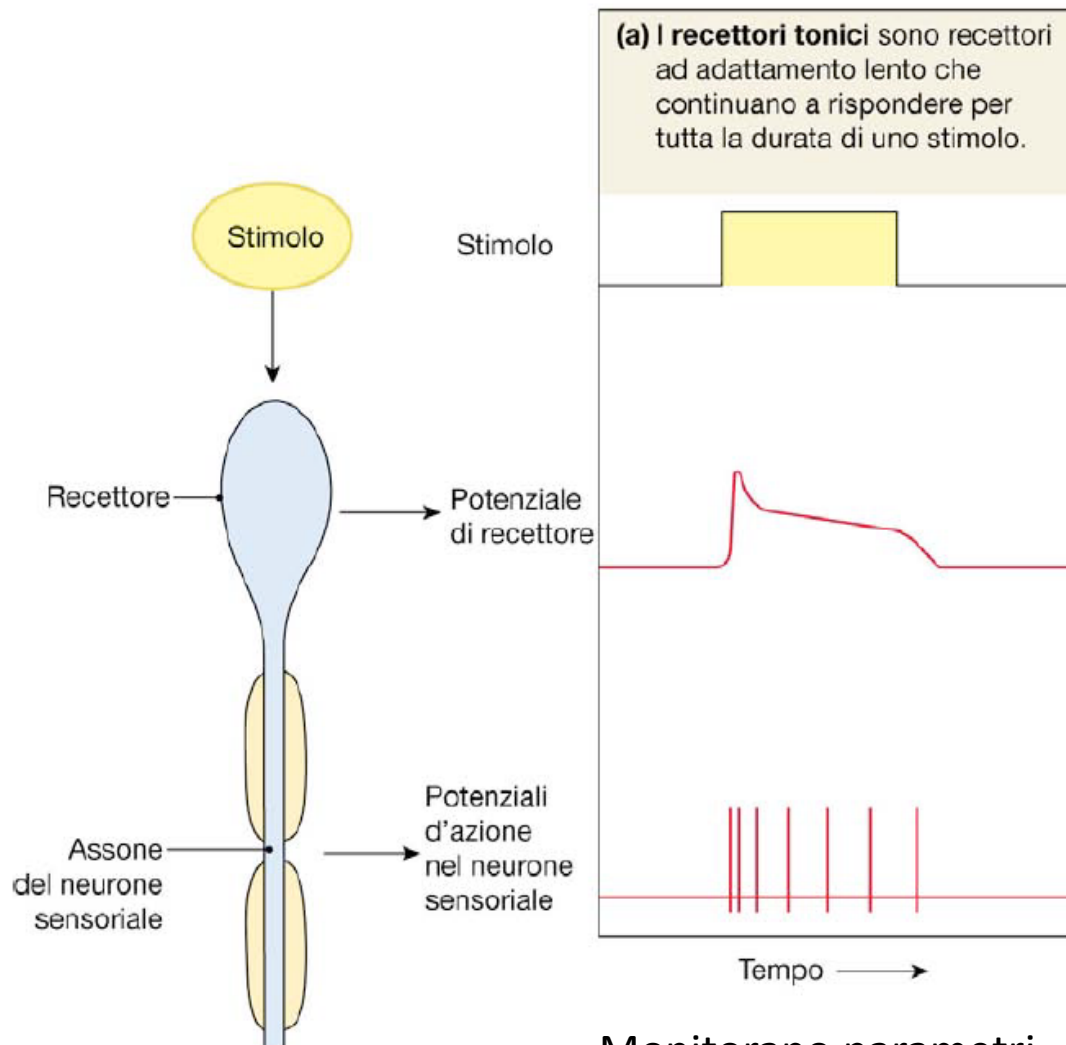
La durata e' codificata dalla durata dei potenziali d'azione nel neurone sensoriale

Adattabilità' dei recettori

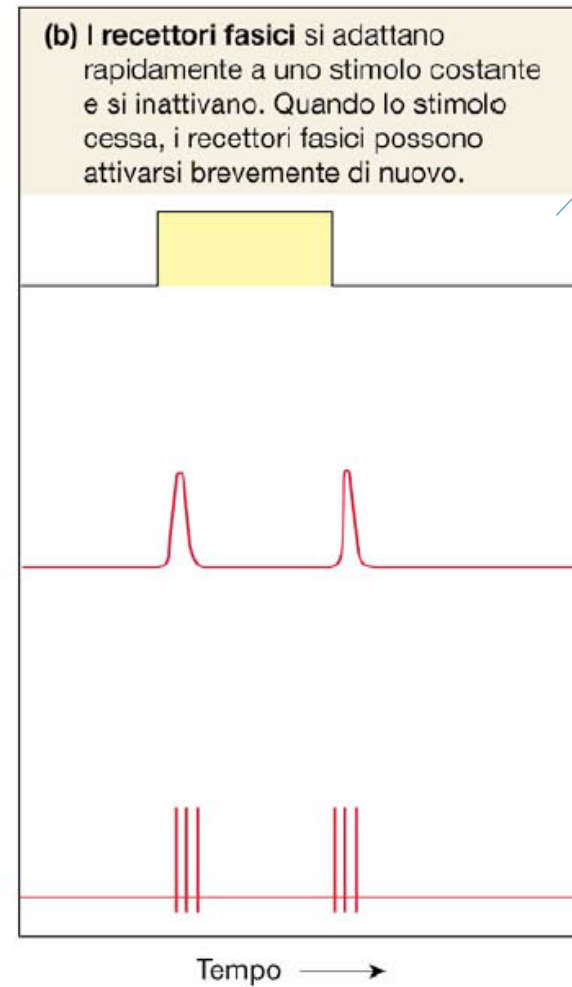
Recettori per la
nocicezione, barocettori

Recettori per l'olfatto,
alcuni ricettori per il tatto

- Inattivazione di canali ionici



Monitorano parametri che devono essere sempre sotto controllo



Si attivano per variazione dell'intensita' dello stimolo

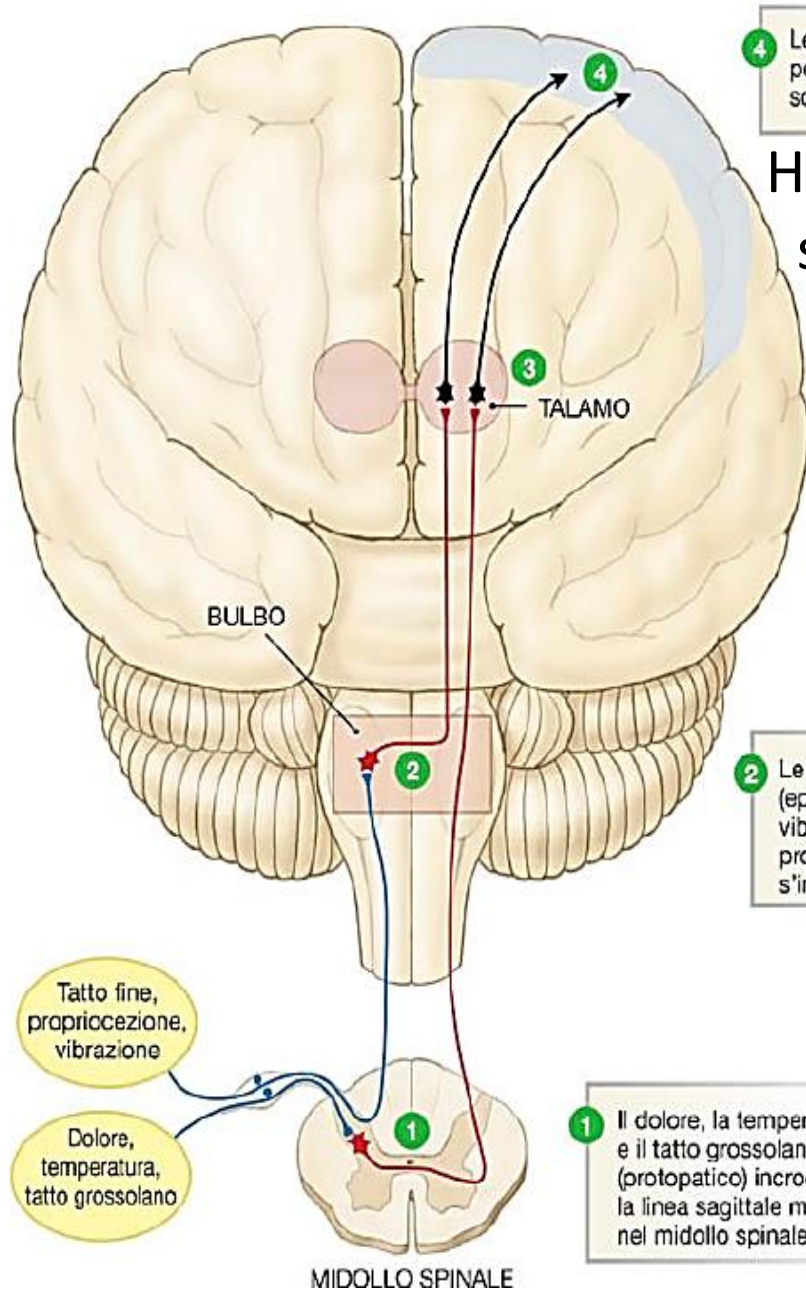
PERMETTE DI
FILTRARE LE
INFORMAZIONI
SENSORIALI NON
ESSENZIALI A
VANTAGGIO DI
QUELLE NUOVE O
PIU' IMPORTANTI

Sensi somatici:

Sono quelli che si trovano distribuiti su tutto il corpo.
Sono associati ai visceri, alla pelle, ai muscoli e alle articolazioni.

- Esistono quattro modalita' somato-sensoriali:
 - **Tatto/Pressione**
 - **Propriocezione**
 - **Temperatura**
 - **Nocicezione (dolore/prurito)**

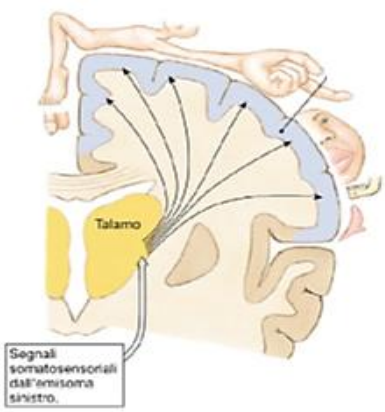
Le vie somatosensoriali incrociano il piano mediano



4 Le sensazioni vengono percepite nella corteccia somatosensoriale primaria.

Lobo parietale

Homunculus sensoriale



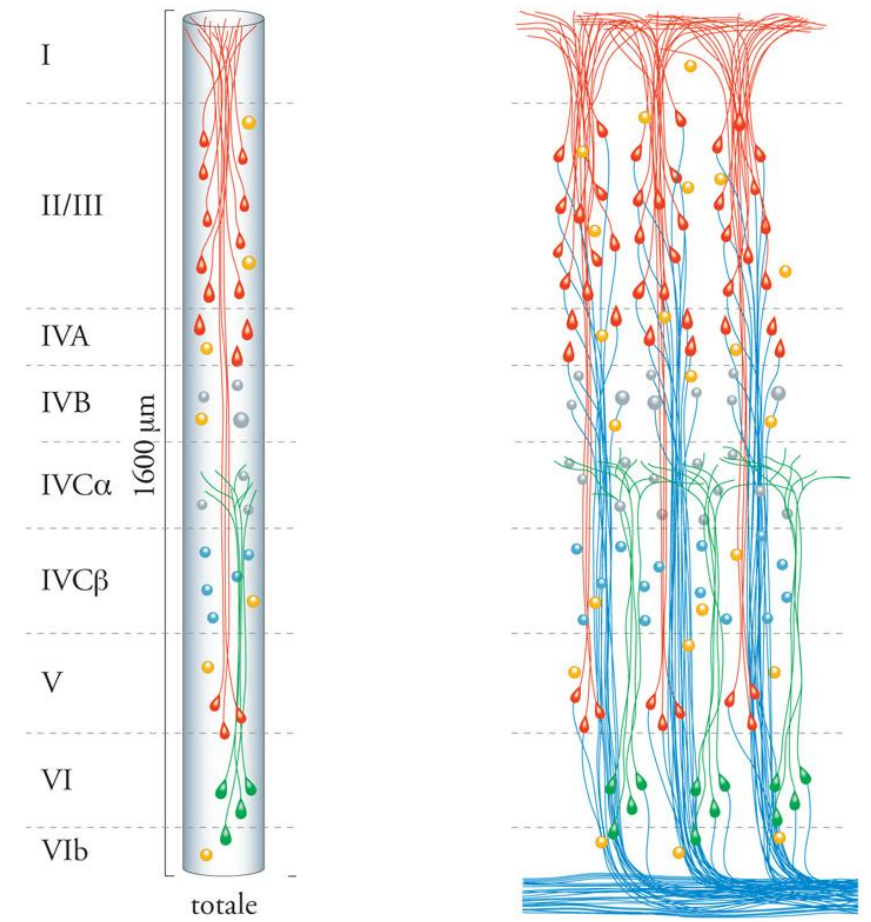
3 Le vie sensoriali fanno sinapsi nel talamo.

Nel midollo spinale o nel bulbo

2 Le vie del tatto fine (epicritico), della vibrazione e della proprioccezione s'incrociano nel bulbo.

1 Il dolore, la temperatura e il tatto grossolano (protopatico) incrociano la linea sagittale mediana nel midollo spinale.

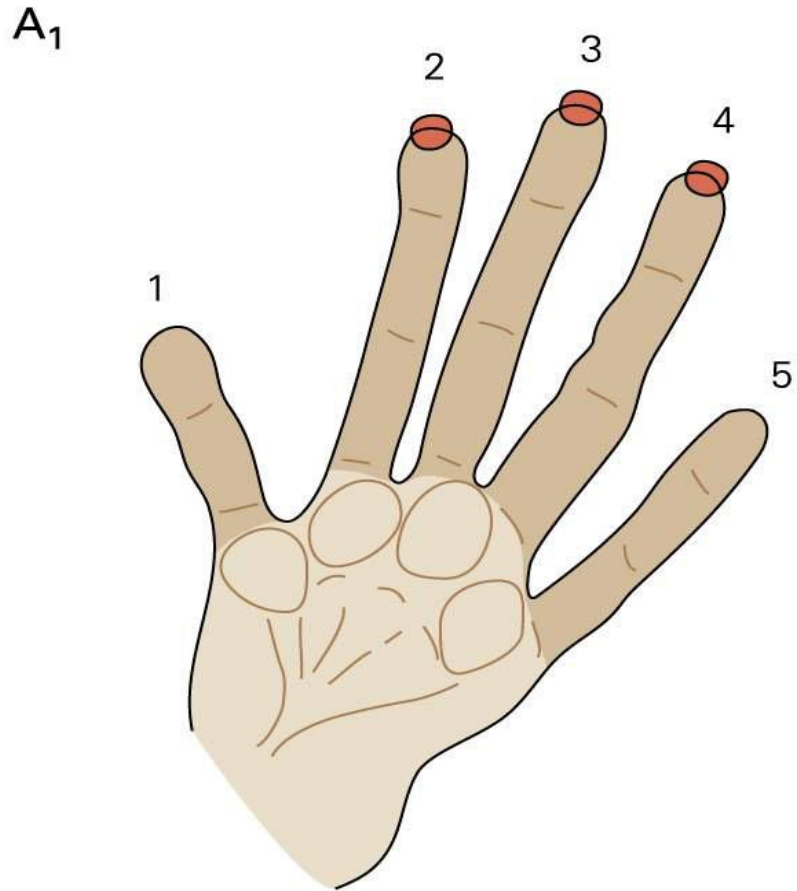
LEGENDA
 - Neurone sensoriale di primo ordine
 - Neurone sensoriale di secondo ordine
 - Neurone sensoriale di terzo ordine



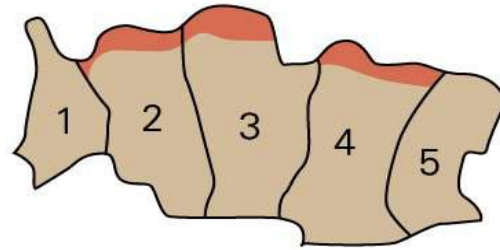
La corteccia somatosensoriale presenta un'organizzazione a colonne che mantiene l'associazione tra recettori specifici e modalita' sensoriale che essi trasmettono

Plasticita' della corteccia somatosensoriale

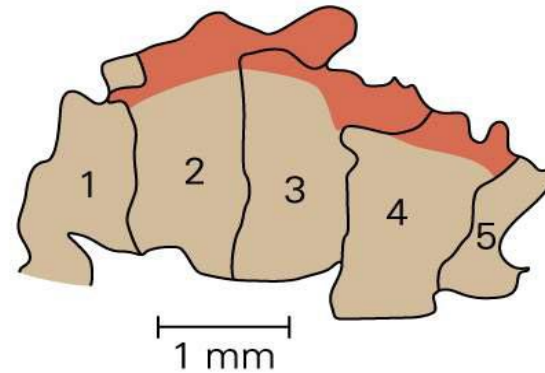
Se si stimola ripetutamente e per molto tempo la periferia sensoriale, il suo territorio corticale si espande



A₂ Before differential stimulation



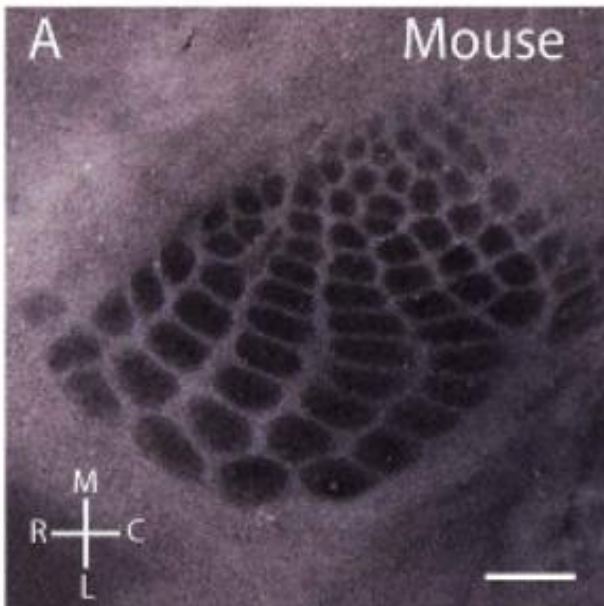
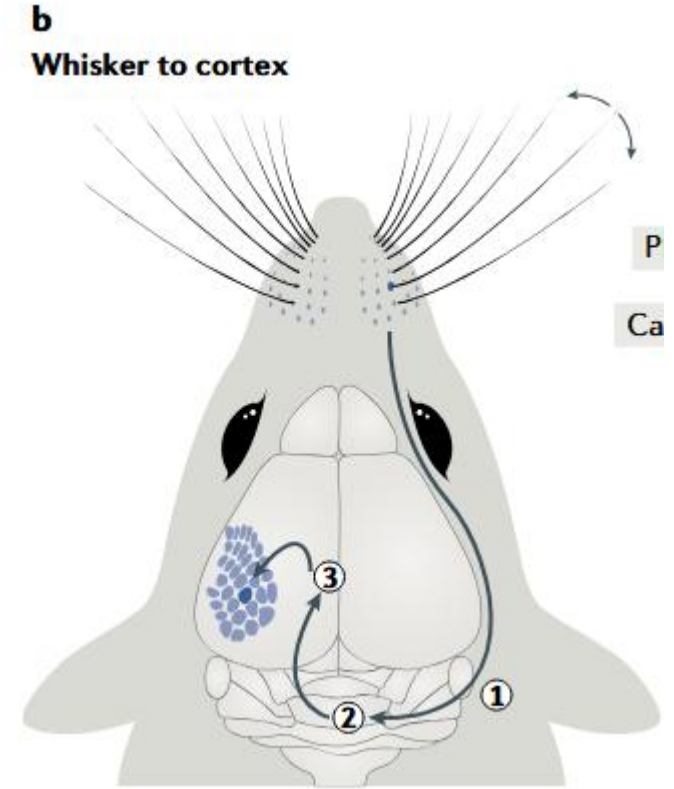
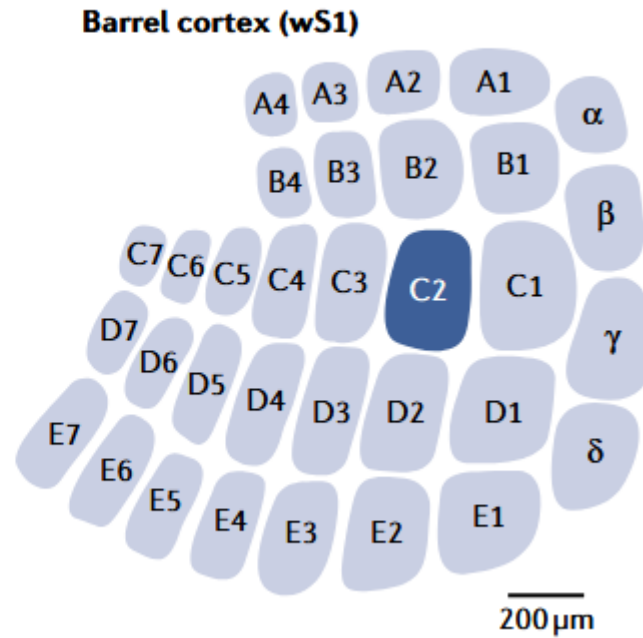
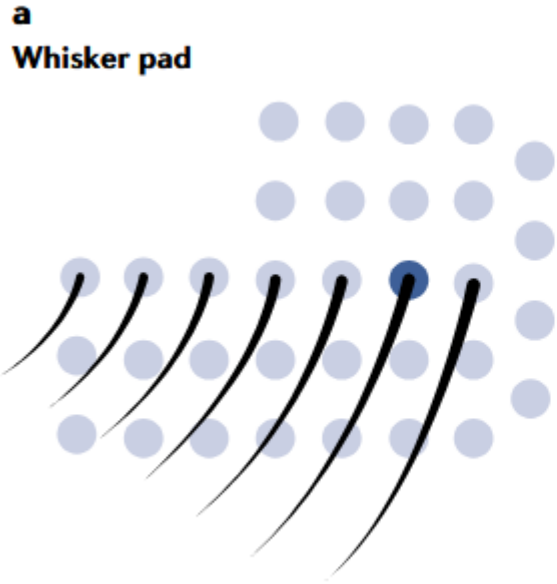
A₃ After differential stimulation



Lettura braille

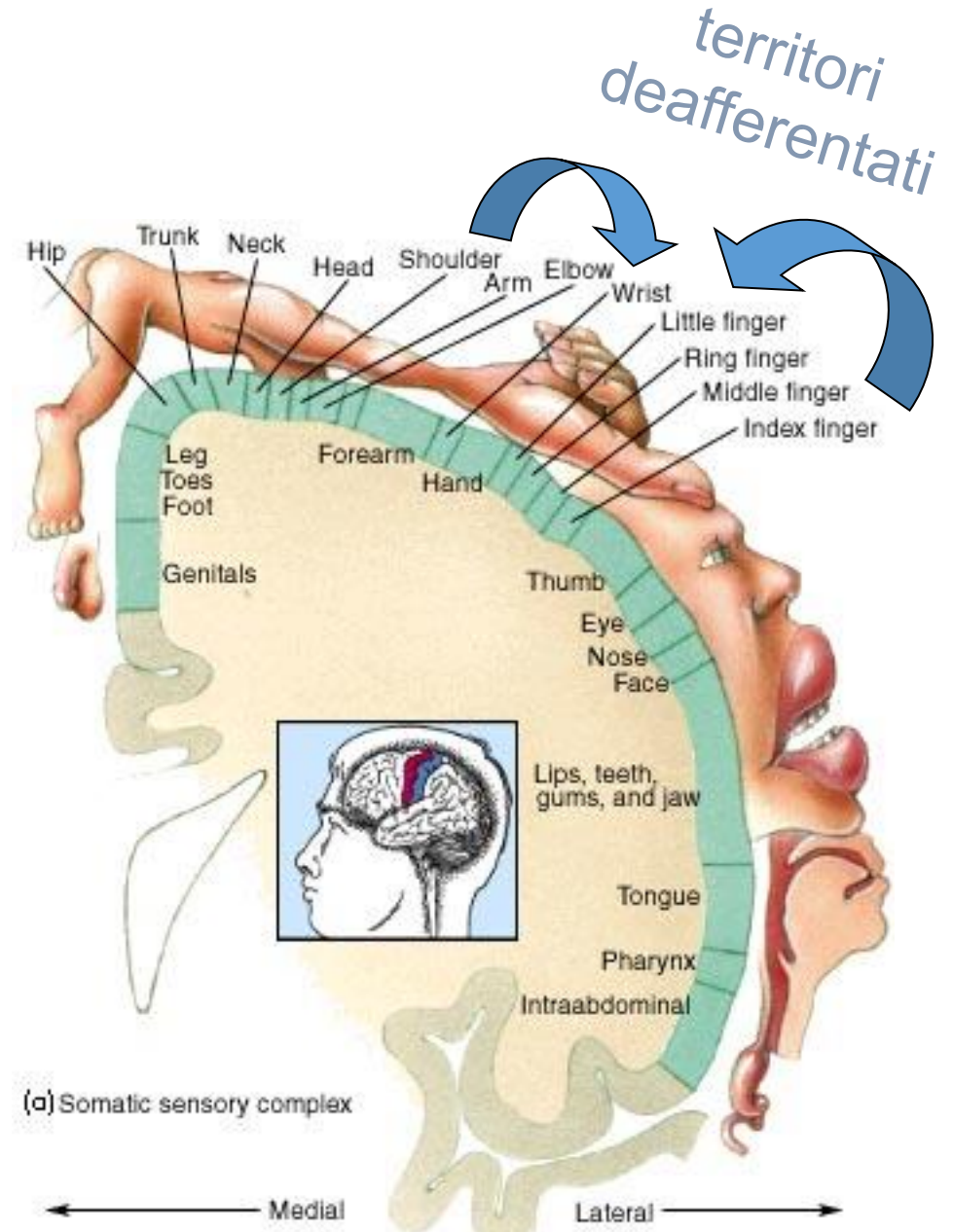
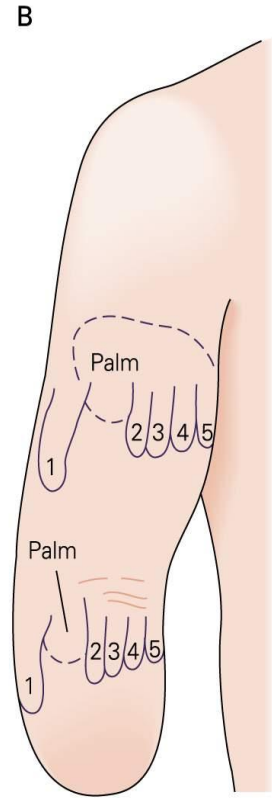
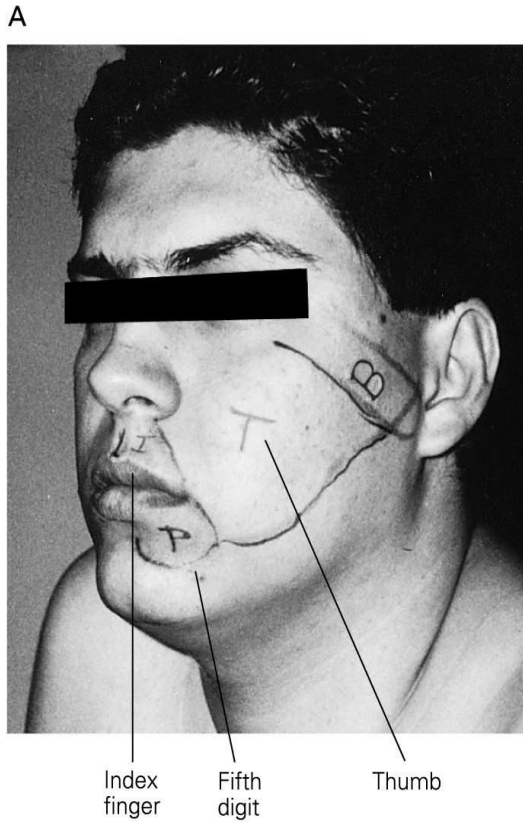
Non aumenta il numero di elementi cellulari, ma si estendono le arborizzazioni di quelli già esistenti, così da "colonizzare" nuovi territori

La corteccia somatosensoriale nei roditori



I fenomeni di plasticità sono stati investigati studiando la corteccia somatosensoriale a 'barili' dei roditori. Ogni 'barile' è innervato dalle afferenze provenienti da un baffo e queste strutture possono essere ridisegnate andando a legare/tagliare i baffi

SINDROME DELL'ARTO FANTASMA: un aspetto negativo della plasticità



La stimolazione del braccio e della faccia evoca sensazioni nella mano "fantasma"

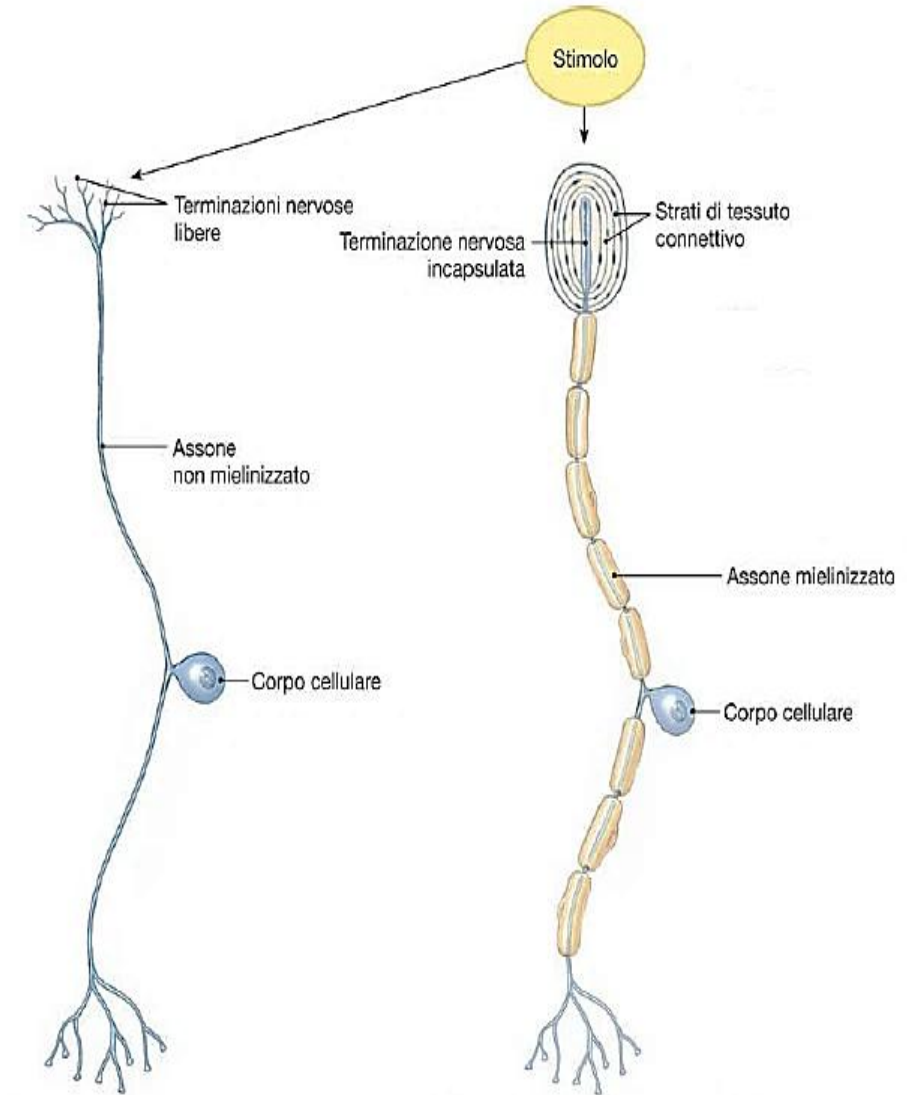
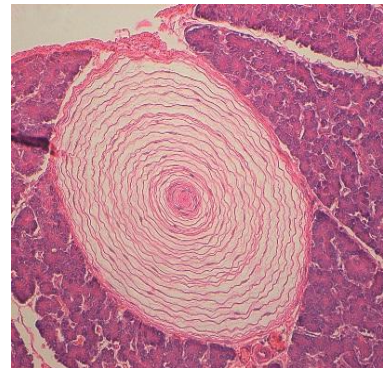
Tatto/Pressione

I recettori tattili e pressori sono dei meccanocettori, ampiamente distribuiti nella pelle.

TABELLA 10-4 Recettori tattili cutanei

RECETTORE	STIMOLO	SEDE	STRUTTURA	ADATTAMENTO
Terminazioni nervose libere	Vari stimoli tattili, termici e dolorifici	Attorno ai bulbi piliferi e sotto la superficie cutanea	Terminazioni nervose non mielinizzate	Variabile
Corpuscoli di Meissner	Vibrazione	Strati cutanei superficiali	Terminazioni incapsulate in tessuto connettivo	Rapido
Corpuscoli del Pacini	Vibrazione	Strati cutanei profondi	Terminazioni incapsulate in tessuto connettivo	Rapido
Corpuscoli di Ruffini	Stiramento della cute	Strati cutanei profondi	Terminazioni nervose dilatate	Lento
Recettori di Merkel	Pressione costante sulla cute e grana della superficie	Strati cutanei superficiali	Terminazioni nervose dilatate	Lento

- Si trovano anche nei muscoli, articolazioni, organi interni
- Rispondono a vibrazioni ad alta frequenza
- Hanno dimensioni grandi (fino a 4 mm)
- La capsula di connettivo fa sì che il campo recettivo sia grande; si adattano



(a) I recettori semplici sono terminazioni assonali libere. (sوماتосensoriali)

(b) I recettori complessi sono costituiti da una terminazione nervosa racchiusa in una capsula di tessuto connettivo.

Temperatura:

I termocettori sono localizzati immediatamente al di sotto della pelle e sono ampiamente distribuiti; includono due tipi di terminazioni nervose per la percezione delle variazioni di temperatura:

- *Recettori per il caldo*
- *Recettori per il freddo*

- Sono importanti per la termoregolazione del corpo

-Temperature $< 10^{\circ} \text{C}$ e $>45^{\circ} \text{C}$ stimolano recettori dolorifici.

Propriocezione: Consapevolezza della posizione e del movimento del nostro corpo nello spazio

- I PROPRIOCETTORI sono localizzati all'interno dei muscoli scheletrici, delle capsule articolari e nei legamenti.
- Sono meccanoceettori, attivati dallo stiramento.
- L'informazione sensoriale viene trasportata dal neurone sensoriale primario al sistema nervoso centrale a livello del midollo spinale, dove può dare origine a risposte rapide Ex. Riflesso da stiramento
- Le informazioni propriocettive possono essere ulteriormente integrate a livello del CERVELLETTO

Nocicezione:

- E' mediata dai NOCICETTORI, terminazioni nervose libere ampiamente distribuite sulla pelle e nei tessuti degli organi interni.
- Questi possono essere attivati da stimoli intensi, che potrebbero provocare un DANNO TISSUTALE

di natura:

- meccanica
- termica
- chimica

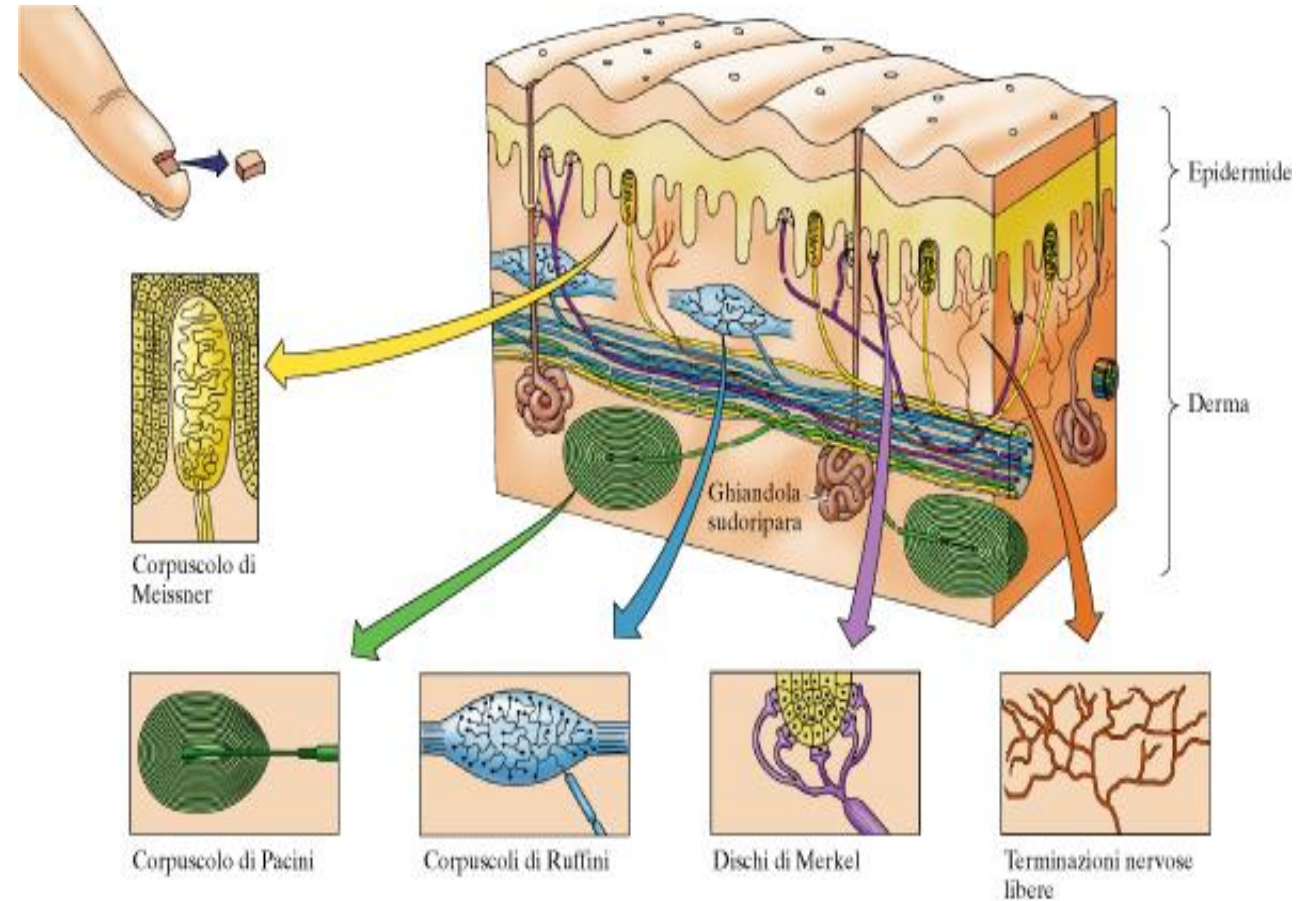
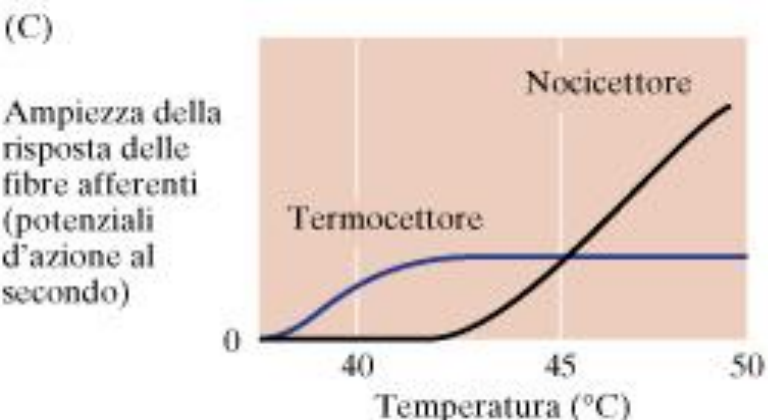
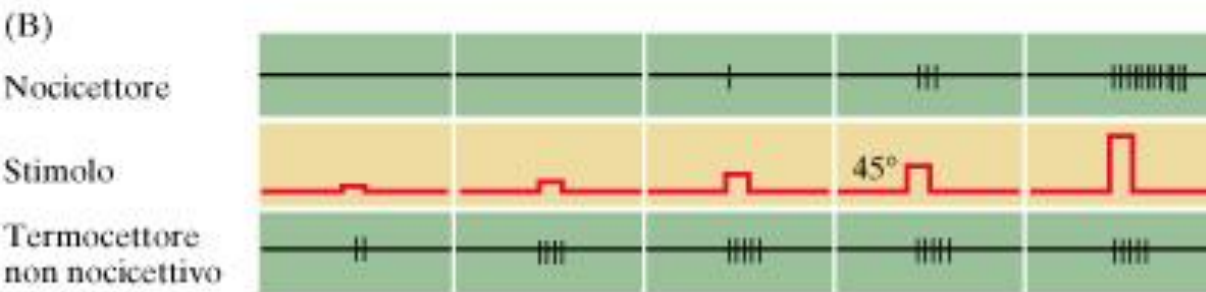


Ioni K+, ATP, prostaglandine, istamina, sostanza P
(sostanze rilasciate durante danno tissutale
e risposte infiammatorie)

- Sono recettori TONICI

Nocicezione:

La nocicezione non dipende dalla eccessiva stimolazione dei recettori delle altre modalità sensoriali, ma da recettori e vie specifici.



Nocicezione:

- Hanno funzione protettiva, in quanto la loro attivazione viene percepita come una sensazione spiacevole ed è un segnale per localizzare e rimuovere la causa del danneggiamento (RISPOSTE ADATTATIVE).

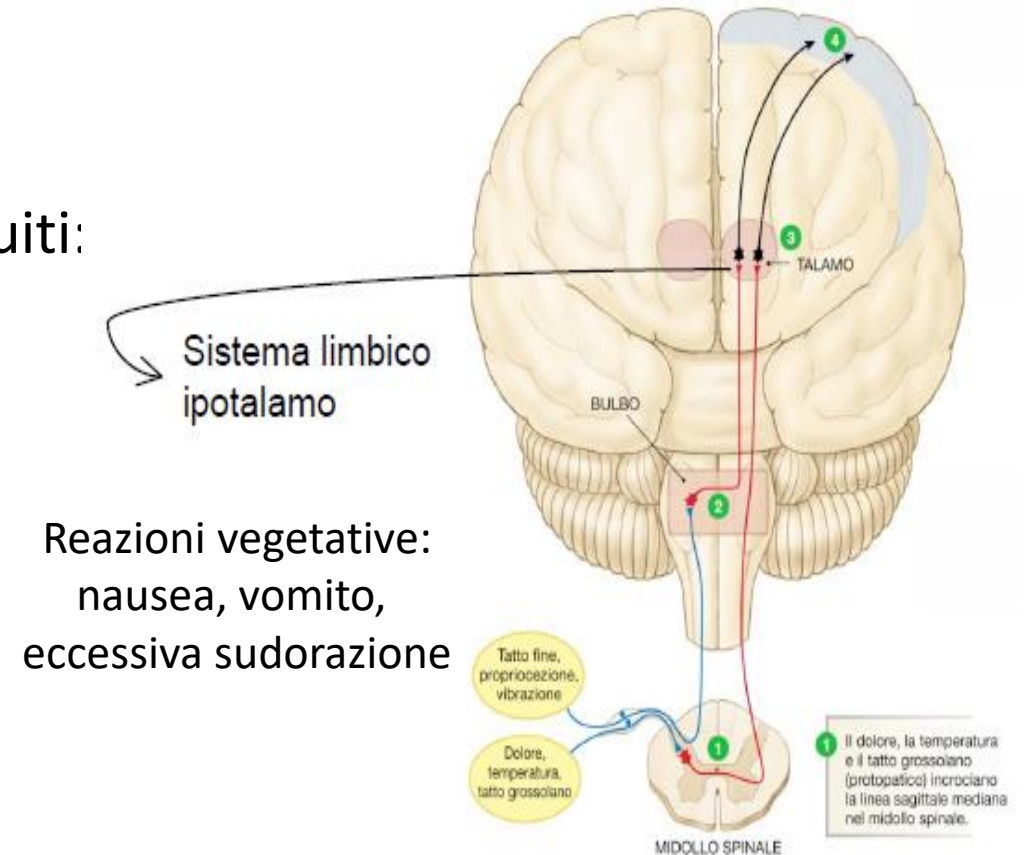


Attivano due circuiti:

RIFLESSO DI
RETRAZIONE



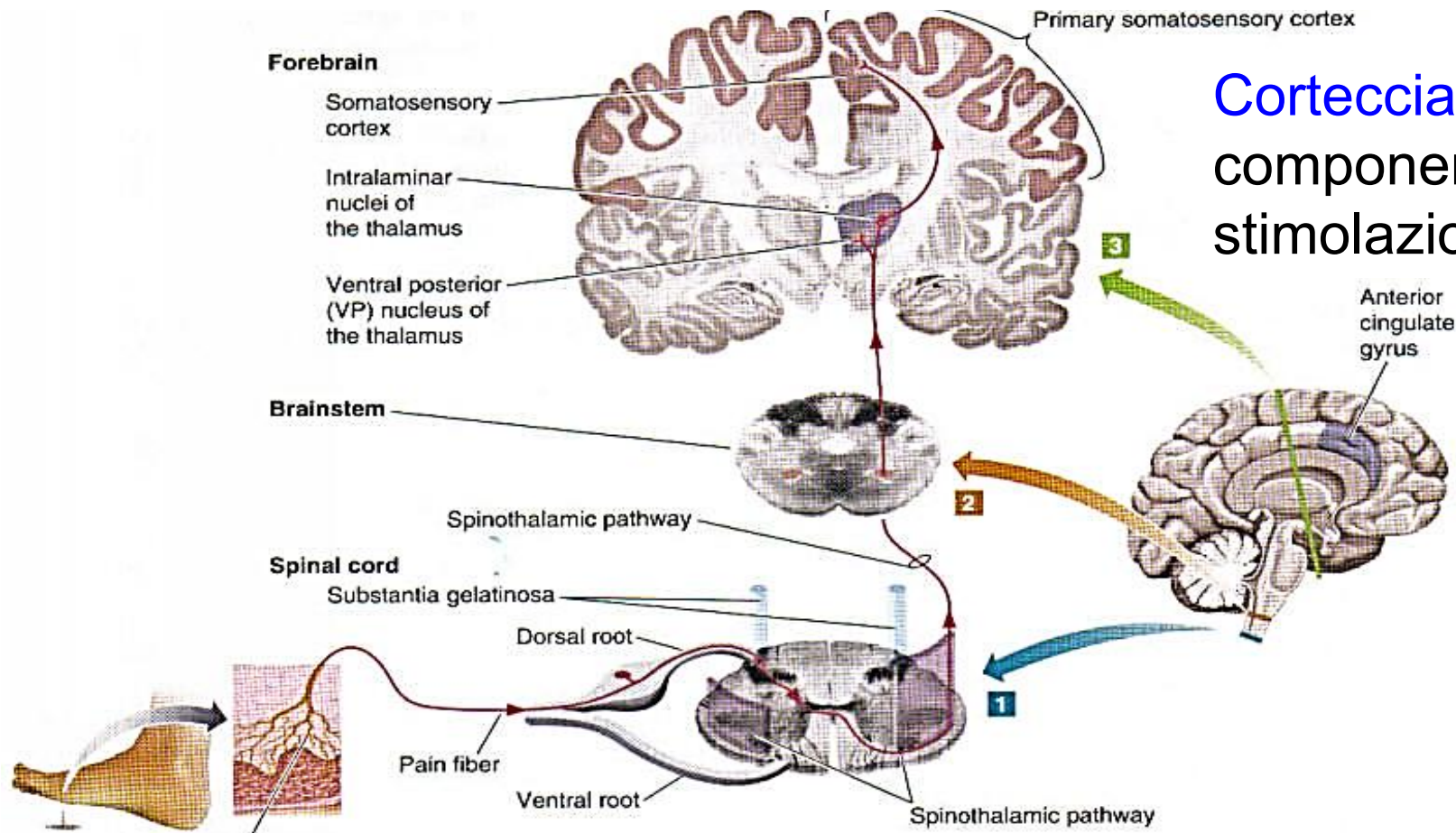
1. Circuiti spinali



Reazioni vegetative:
nausea, vomito,
eccessiva sudorazione

2. Vie ascendenti all'encefalo:
SENSAZIONI COSCIENTI
di dolore o prurito

VIE PRINCIPALI DELLA SENSIBILITA' DOLORIFICA



Corteccia cingolata anteriore:
componenti emotive della
stimolazione dolorosa

Il DOLORE «è una
esperienza sensoriale ed
emozionale spiacevole
associata a danno
tissutale, in atto o
potenziale»

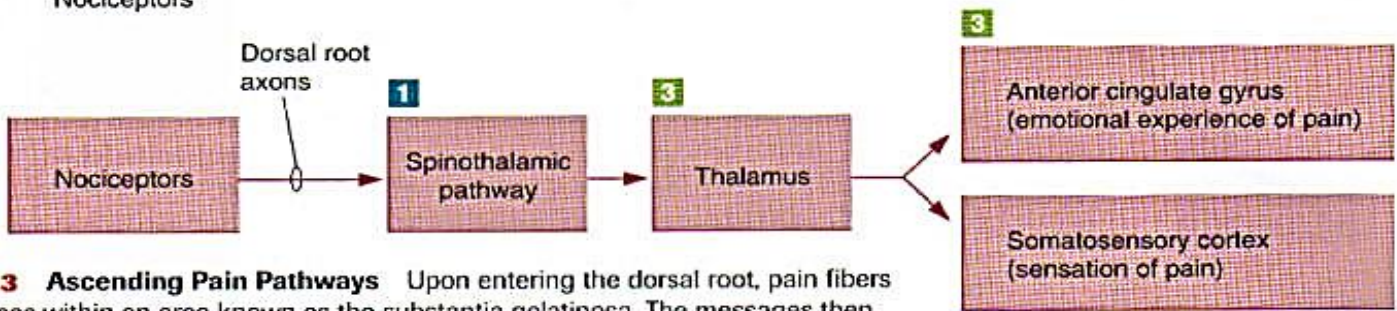


Figure 7.23 Ascending Pain Pathways Upon entering the dorsal root, pain fibers form synapses within an area known as the substantia gelatinosa. The messages then travel centrally along spinothalamic pathways.

IASP (International Association for the Study of Pain - 1986) e Organizzazione Mondiale della Sanità

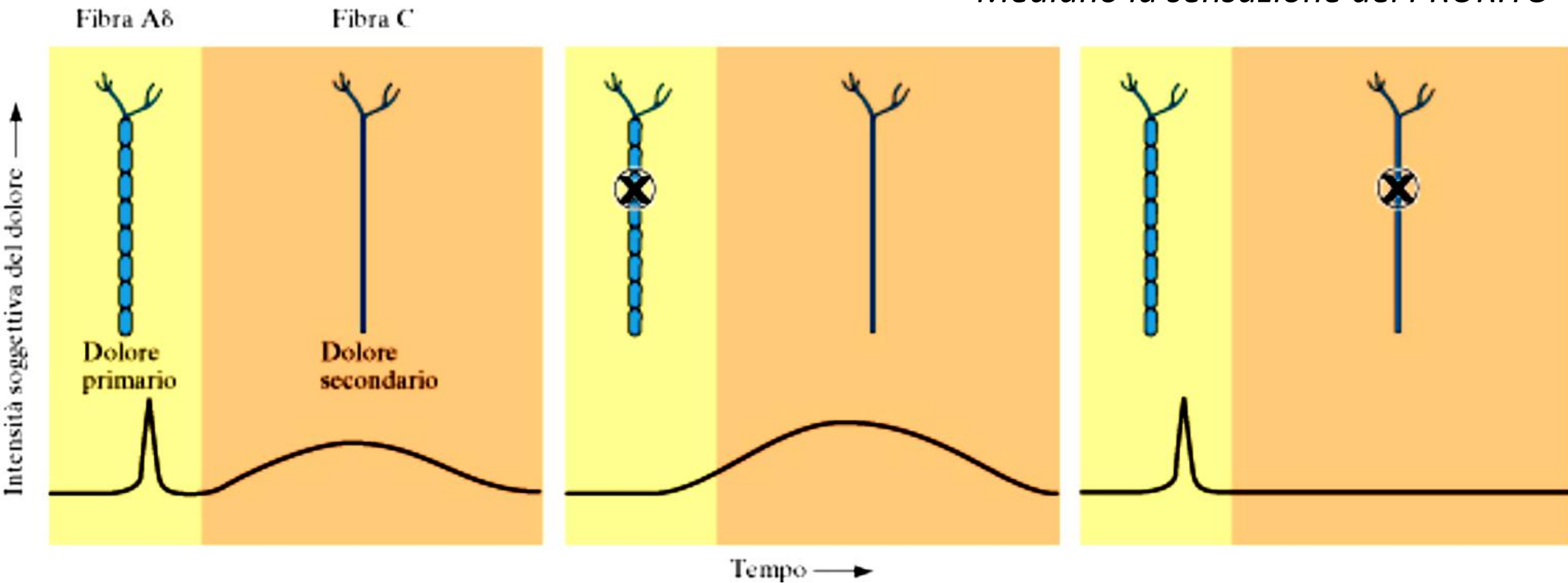
DOLORE PRIMARIO (rapido, acuto): **fibre A δ** , circa 20 m/s.

Recettori meccanici e meccano-termici

DOLORE SECONDARIO (lento, sordo o bruciante): **fibre C**, circa 2 m/s.

Recettori polimodali (meccanici, termici e chimici).

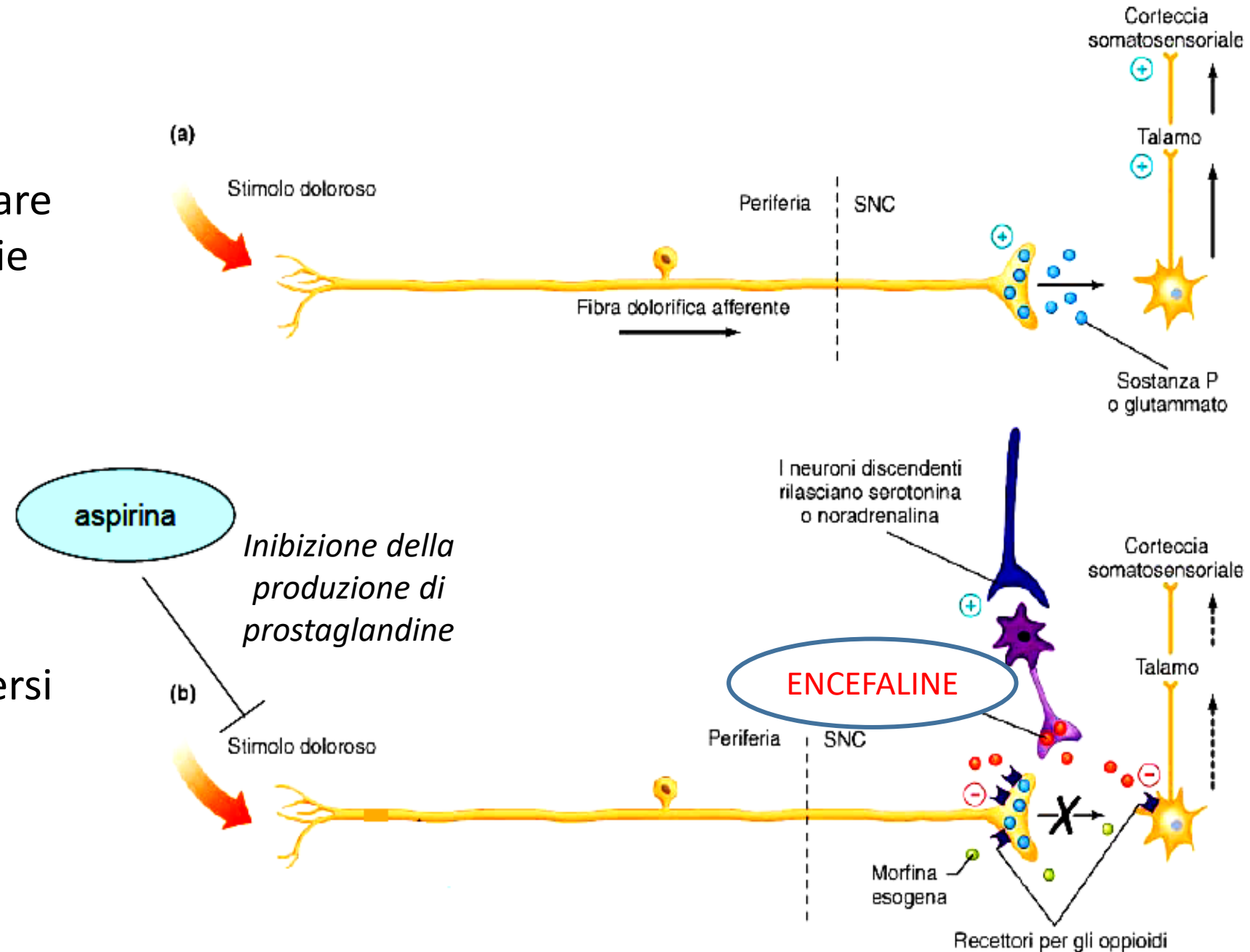
Attivate dall'istamina,
Mediano la sensazione del PRURITO



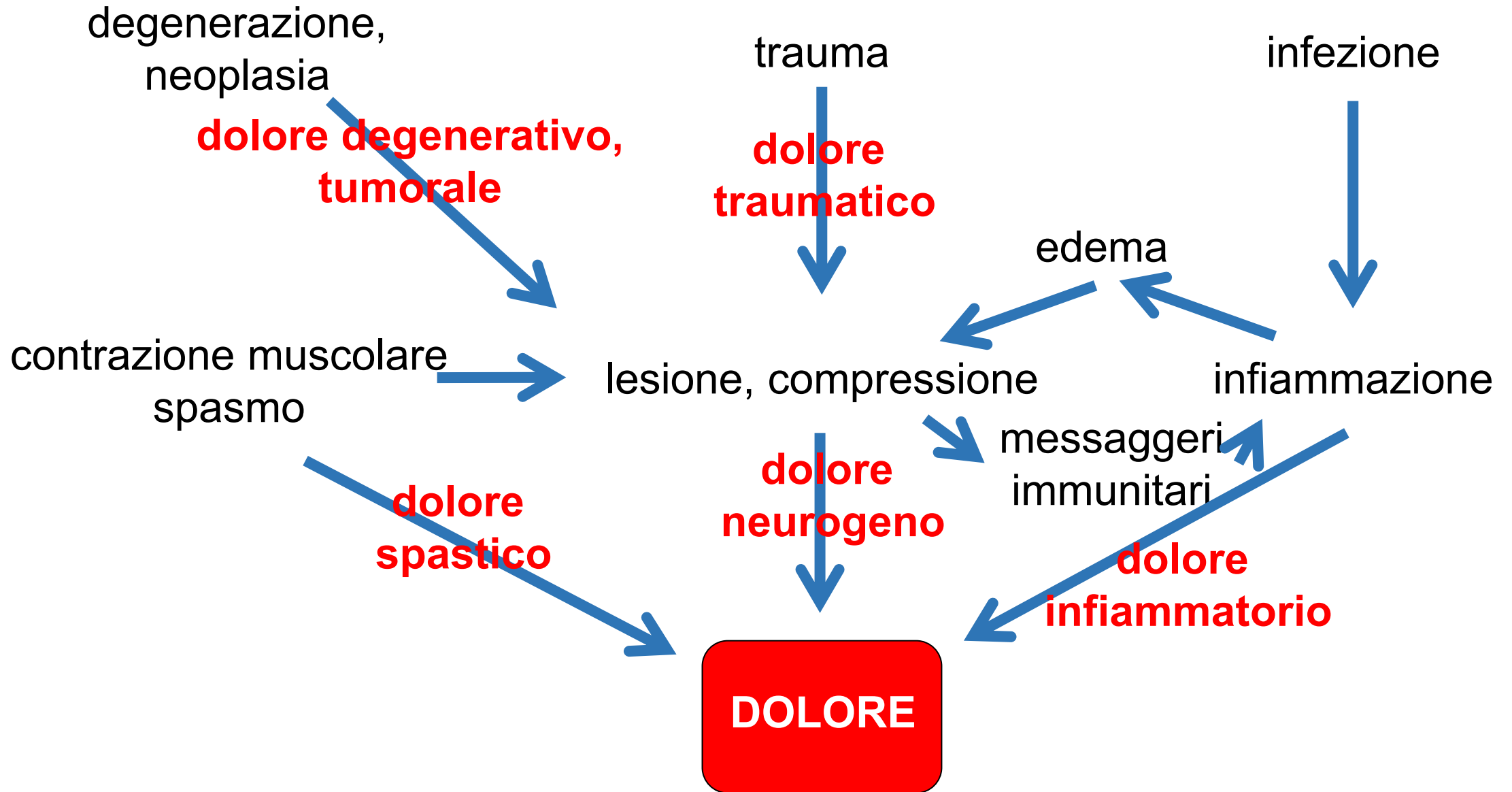
Il dolore: percezione soggettiva, interpretazione che il SNC dà dell'informazione nocicettiva

➤ Il SNC è in grado di modulare la nocicezione attraverso vie discendenti (CONTROLLO DISCENDENTE).

➤ I farmaci ad azione analgesica agiscono a diversi livelli di questo circuito



Nocicezione:



Il dolore riferito

- E' dovuto alla convergenza di informazioni nocicettive cutanee e viscerali sullo stesso neurone sensoriale secondario
- Il nostro cervello e' piu' "abituato" ad interpretare informazioni cutanee piuttosto che viscerali

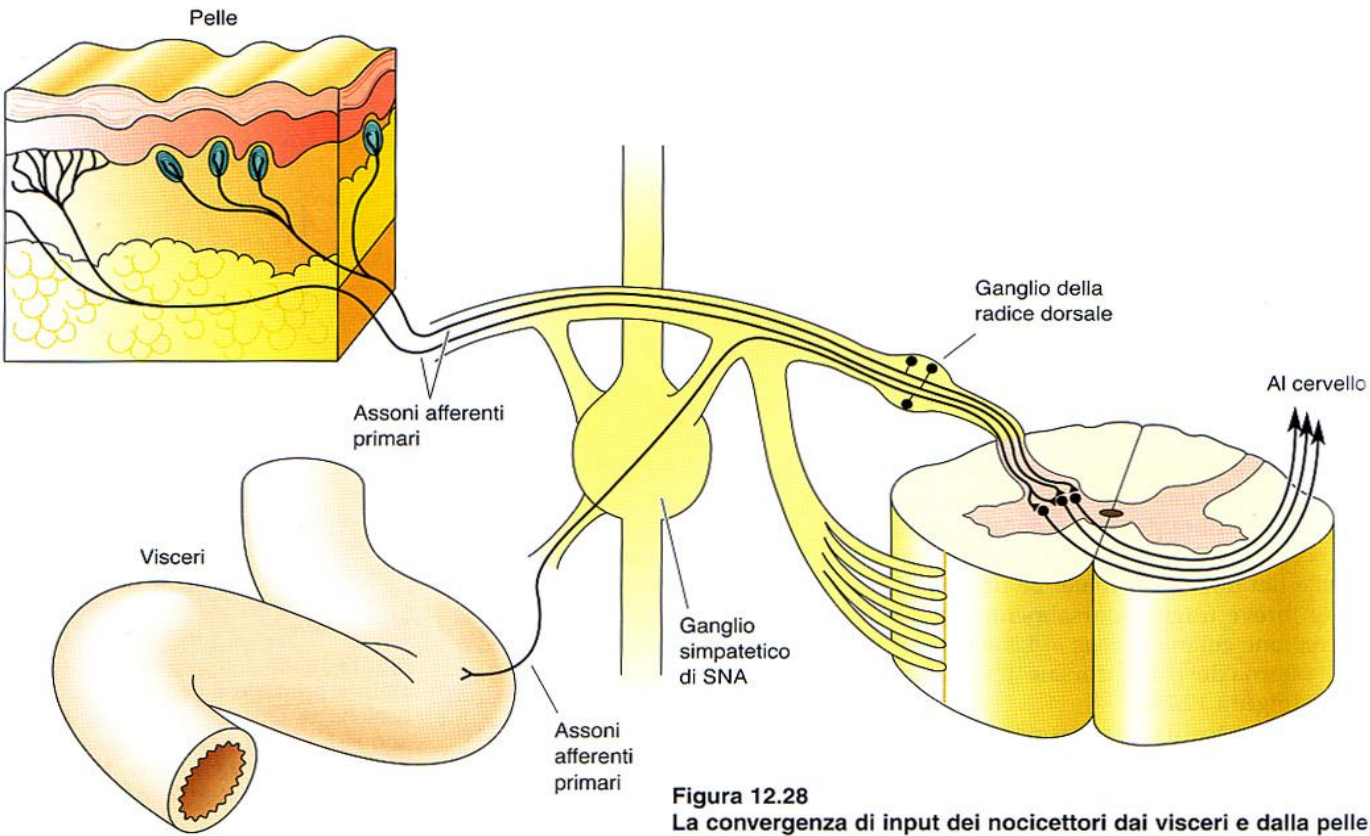
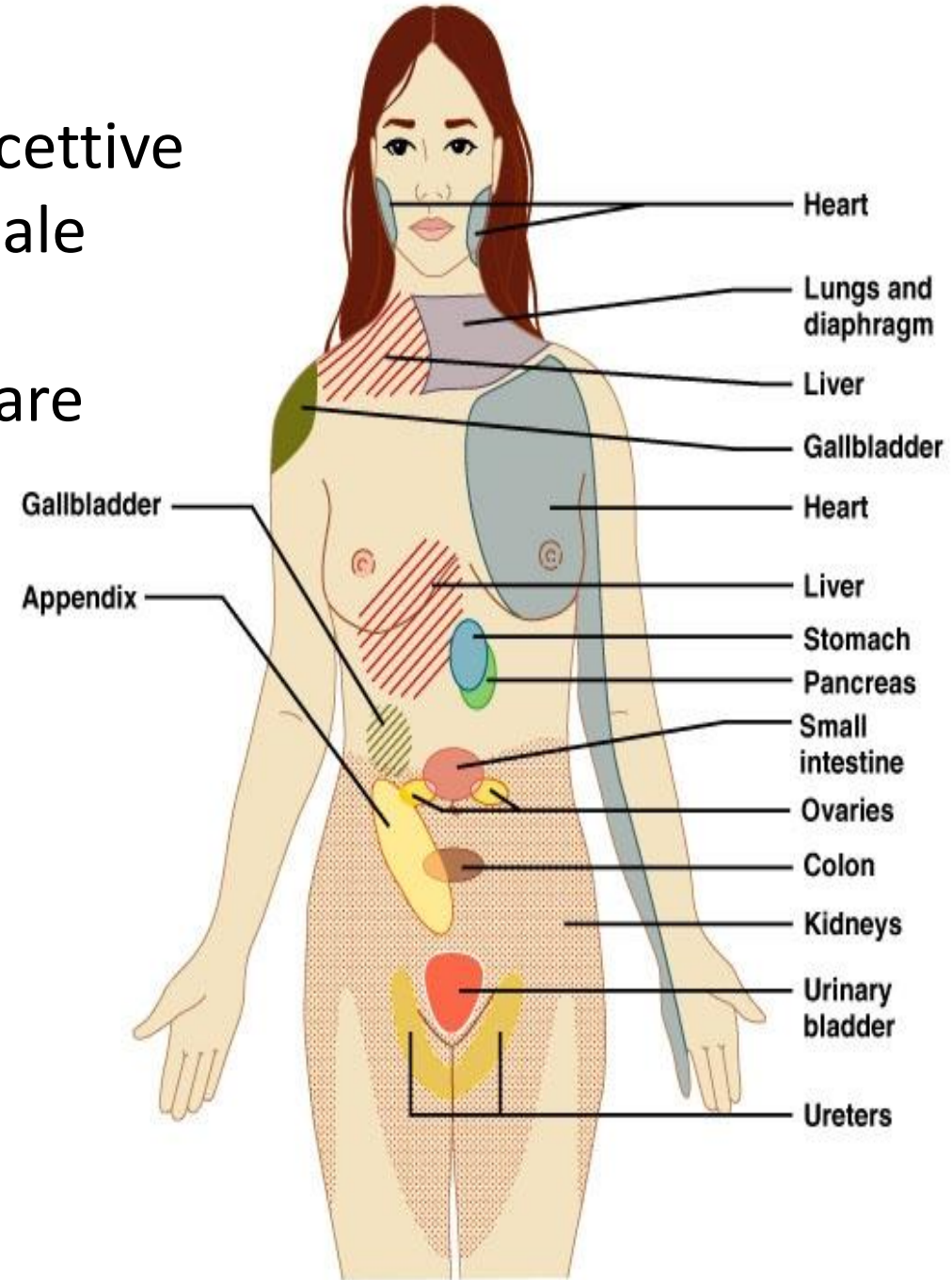


Figura 12.28
La convergenza di input dei nocicettori dai visceri e dalla pelle.



DOLORE CRONICO

malattia o trauma



DOLORE ACUTO

guarigione normale



NO DOLORE

- ← stress
- ← problemi emotivi
- ← ipersensibilità
- ← plasticità



DOLORE CRONICO
elaborazione anomala del dolore e/o delle sensazioni normali



descritto come:
bruciore,
scossa elettrica,
formicolio, fitta,
intorpidimento



si può manifestare con:

- IPERALGESIA:** aumentata sensibilità ad avvertire uno stimolo dolorifico
- ALLODINIA:** dolore suscitato da uno stimolo che normalmente non è in grado di provocare una sensazione dolorosa
ex. dolore per stimoli tattili non dolorosi

DOLORE CRONICO

