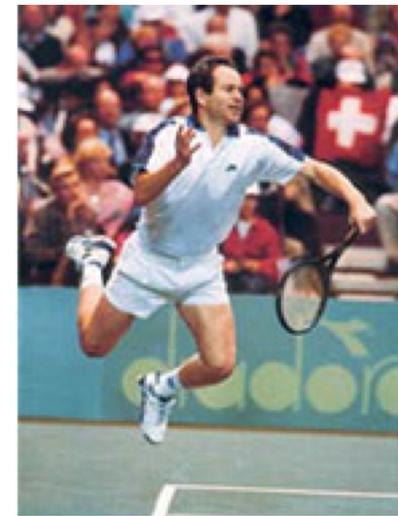


SISTEMA SOMATOSENSORIALE

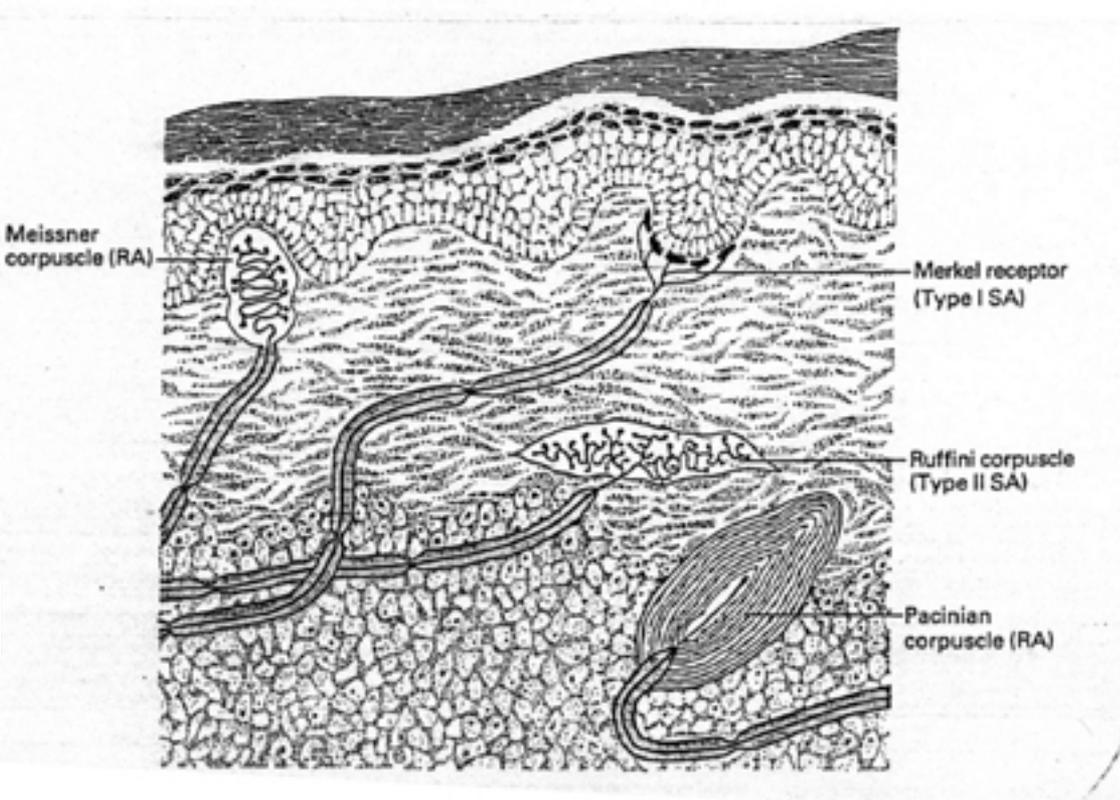
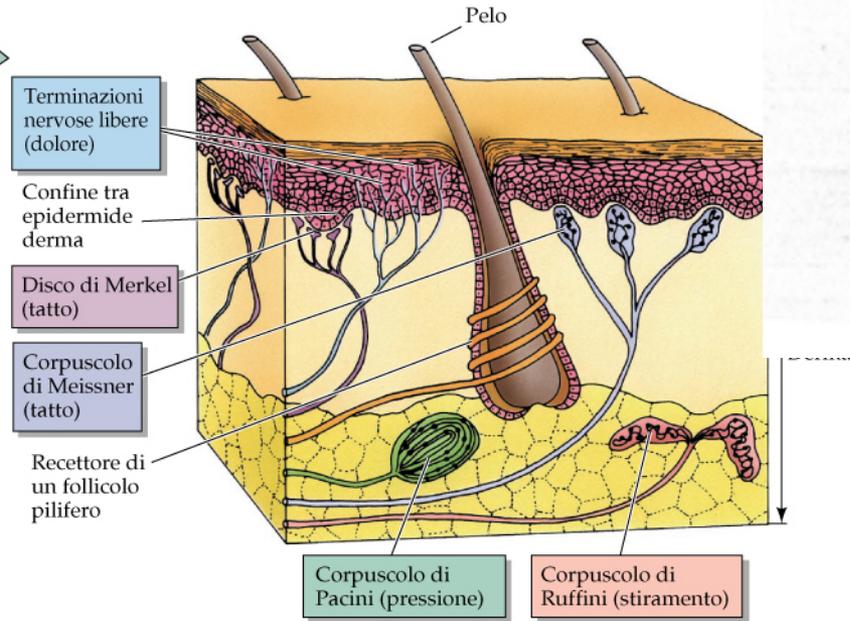
La percezione somatosensoriale è l'insieme di varitipi di sensi diversi responsabili di



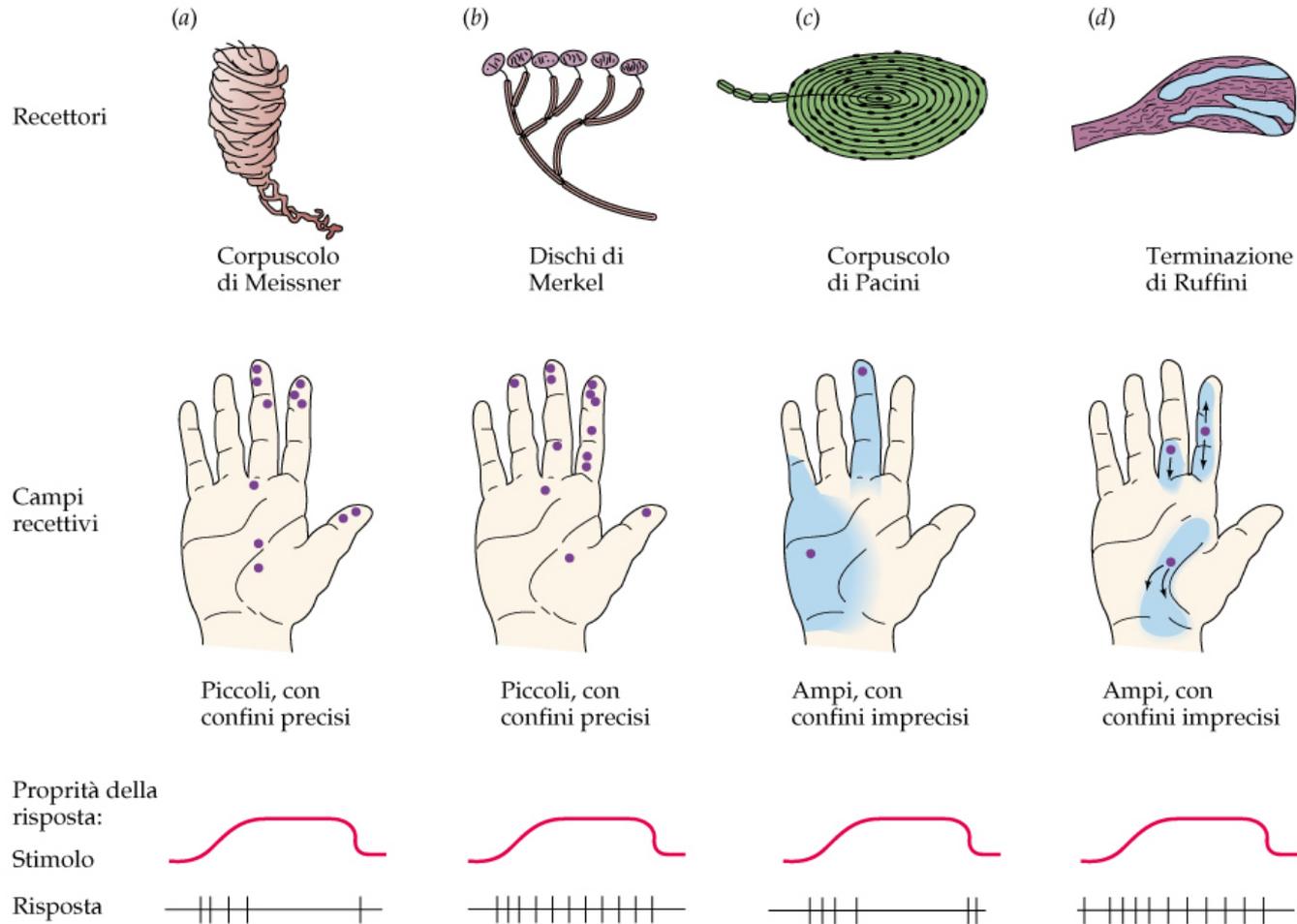
- Rilevare danni ai tessuti del corpo (**dolore**)
- Determinare la posizione delle parti del corpo (**propriocezione**, dovuta anche al sistema vestibolare) e determinare dove e come si stanno muovendo i muscoli (**cinestesia**)
- Rilevare i cambiamenti di **temperatura**
- Rilevare le deformazioni, le vibrazioni a bassa e alta frequenza e la pressione sostenuta sulla pelle (**tatto**).
- Manipolazione attiva di oggetti (**percezione optica**)
- Afferrare con presa adeguata **grasping**



SISTEMA SOMATOSENSORIALE



SISTEMA SOMATOSENSORIALE



RECETTORI SENSORIALI TATTILI

Corpuscoli di Pacini

- rapido adattamento
- campi recettivi estesi
- anche in muscoli, articolazioni, intestino
- profondi
- Stimolo ottimale: Cambiamenti temporali delle deformazioni della pelle(40-500Hz Hz)
- Funzione principale:Percezione di vibrazioni ad alta frequenza
- Usati quando esploriamo delicatamente o quando siamo toccati leggermente. Usati anche per la manipolazione precisa di oggetti in contatto con altri (scrittura)

Corpuscoli di Meissner

- rapido adattamento
- campi recettivi piccoli
- labbra, lingua, punta delle dita
- superficiali
- Stimolo ottimale: Cambiamenti temporali delle deformazioni della pelle(3-40 Hz)
- Funzione principale:Percezione di vibrazioni a bassa frequenza
- Usati ad esempio per aggiustare la presa quando oggetti pesanti scivolano dalle mani

Dischi di Merkel

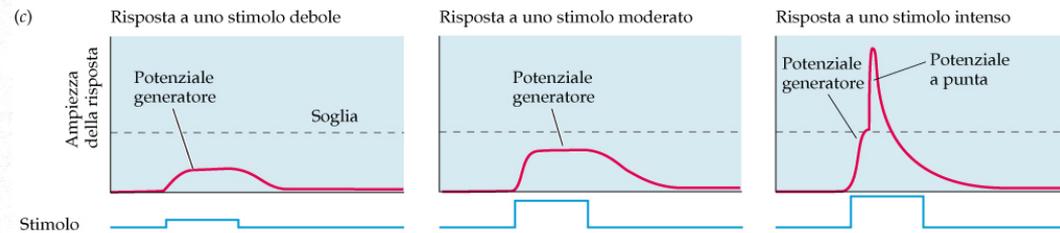
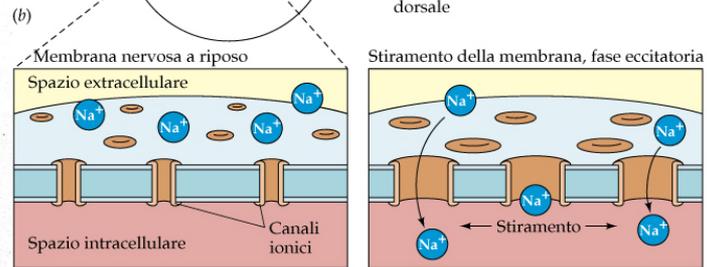
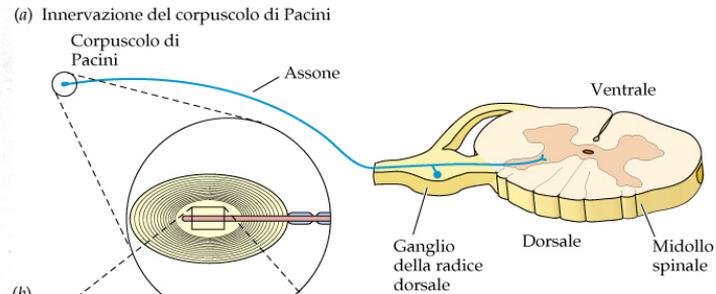
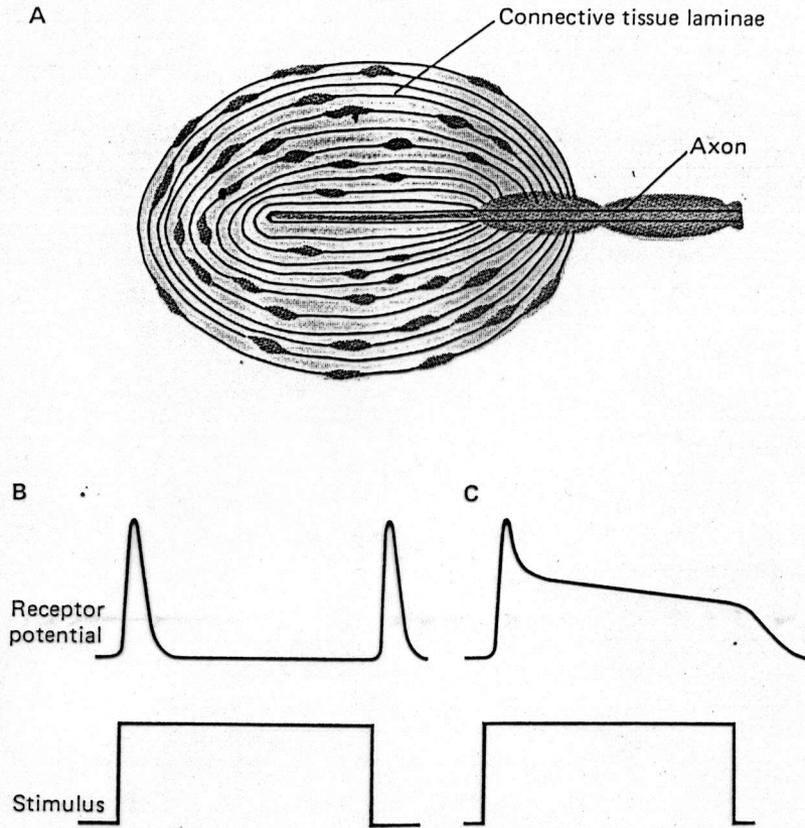
- lento adattamento
- campi recettivi piccoli
- labbra, lingua, punta delle dita
- superficiali
- Stimolo ottimale: pressione sostenuta a bassa frequenza (0.4-3Hz)
- Funzione principale: percezione di forme e tessiture
- Usati per leggere il Braille o per percepire la posizione di piccoli oggetti (avvitare viti piccole che non vediamo)

Terminazioni di Ruffini

- lento adattamento
- campi recettivi estesi
- profondi
- Stimolo ottimale: pressione sostenuta, stiramento della pelle, scivolamento di oggetti sulla pelle
- Funzione principale: posizione relativa delle dita per una presa stabile
- Usati per la presa di oggetti.

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

Corpuscoli del Pacini



23-5 The Pacinian corpuscle is a rapidly adapting receptor in the skin that is sensitive to vibration. **A.** A cross section of this receptor reveals concentric layers of connective tissue surrounding the sensory nerve terminal. **B.** An intact Pacinian corpuscle responds with a receptor potential only to the onset and offset of a mechanical stimulus. **C.** If the connective tissue laminae are removed, the receptor responds to the same mechanical stimulus in a slowly adapting manner. (Adapted from Lowenstein and Mendelson, 1965).

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

•SENSAZIONE TERMICA MEDIATA DA RECETTORI PER IL CALDO E PER IL FREDDO

- Sono terminazioni libere
- Fibre A δ e C
- Fibre a rapido adattamento segnalano la **rapidità** del cambiamento di temperatura
l'escursione dalla temperatura base
- Fibre a lento adattamento segnalano l'**entità** della variazione di temperatura
- Frequenza di scarica proporzionale all'entità della temperatura

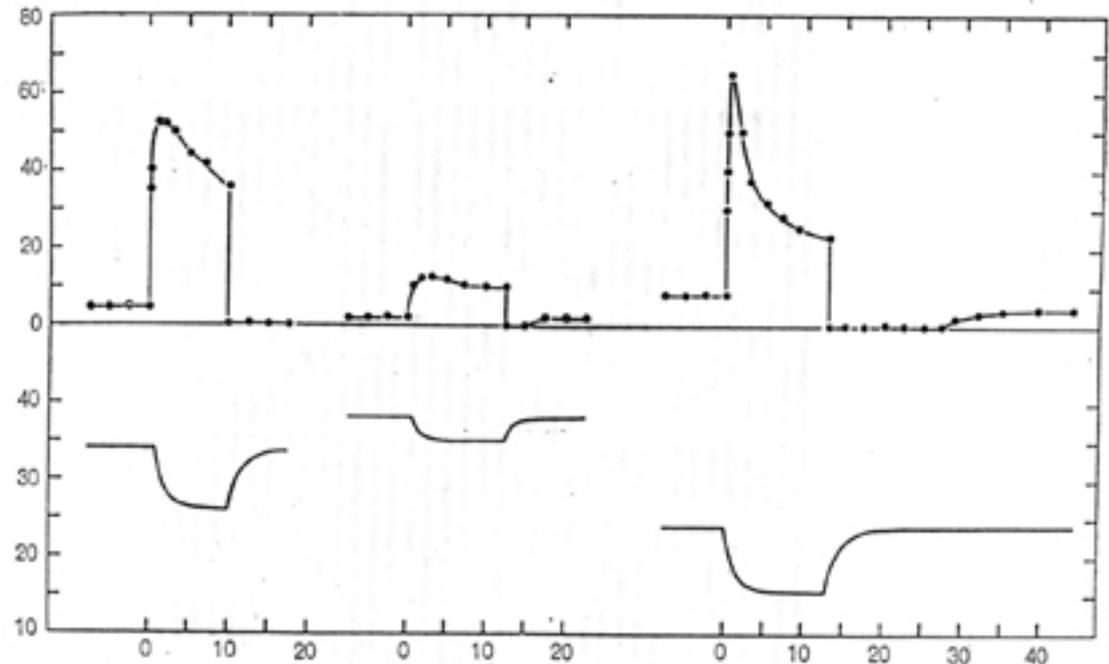


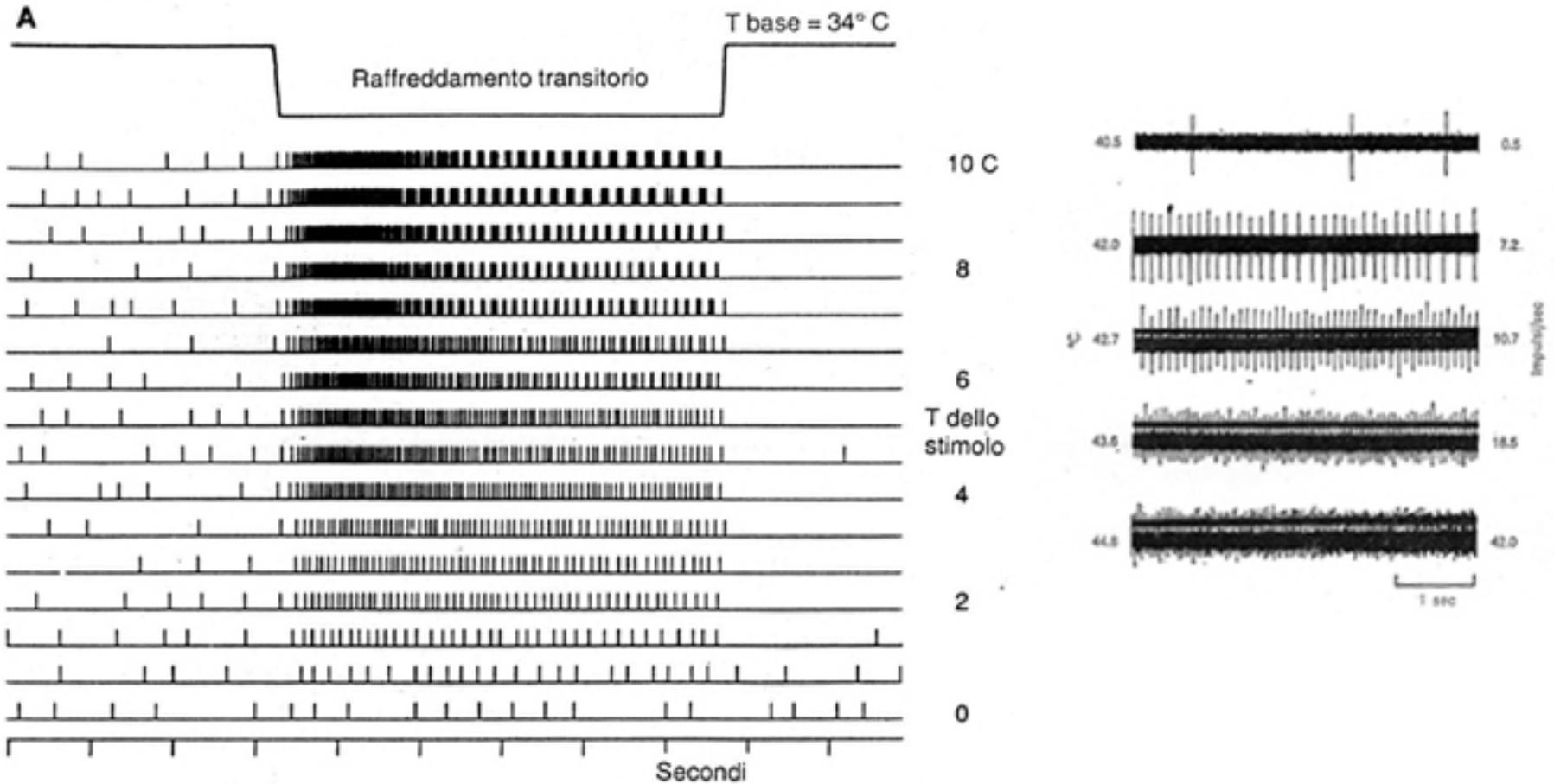
Fig. 186. Risposte fasica e tonica di recettori per il freddo a un abbassamento della temperatura.

Andamento della frequenza di scarica (in alto; sull'ordinata: impulsi/sec) in funzione della temperatura cutanea (in basso; gradi C. sull'ordinata) d'una singola fibra per il freddo. Sull'ascissa: tempo in sec.

Quando il raffreddamento parte da temperature vicine alla norma, l'aumento della scarica è di tipo tonico: esso diminuisce di poco (sinistra) o non diminuisce (in mezzo) per tutta la durata del raffreddamento. Nel tracciato di destra si parte da un basso livello di temperatura. Si noti il forte aumento della frequenza all'inizio della discesa della temperatura: la scarica fasica segnala la rapidità del raffreddamento. Successivamente la frequenza della scarica si abbassa, pur mantenendosi nettamente superiore al livello di partenza: la scarica tonica segnala il livello stabile della temperatura. Il ritorno alla temperatura di partenza annulla temporaneamente la scarica di fondo.

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

- Frequenza di scarica proporzionale all'entità della temperatura

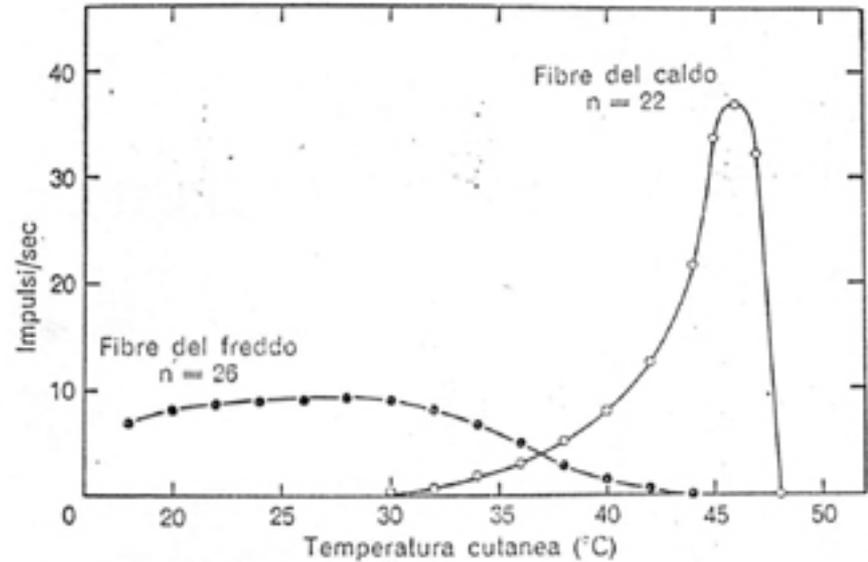


FREDDO

CALDO

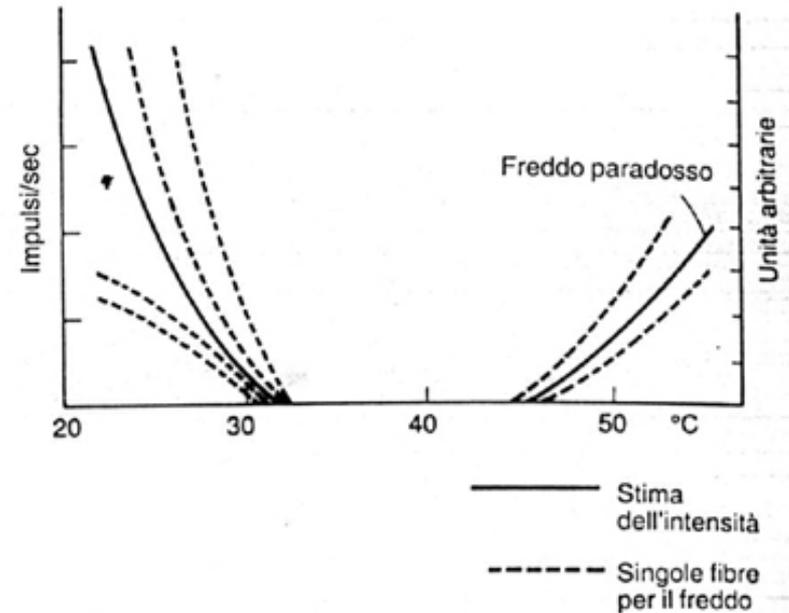
SISTEMA SOMATOSENSORIALE

Fibre per il caldo :
attivazione ottimale a 45 °C



Fibre per il freddo :
attivazione ottimale tra 10 e 30 °C

B



RECETTORI CINESTESICI

Recettori somatosensoriali , localizzati nei muscoli, articolazioni e tendini che permettono la percezione del corpo nello spazio e la percezione dello stato dei nostri muscoli => sono usati per controllare la postura e i movimenti

- **Fusi neuromuscolari:** segnalano lo stato di allungamento dei muscoli, e la rapidità con cui le fibre muscolari si allungano => segnalano la posizione e la velocità dei movimenti degli arti
- **Recettori tendinei del Golgi:** inseriti tra tendini e muscoli segnalano lo stiramento dei muscoli
- **Recettori articolari** attivati quando le articolazioni sono piegate al massimo

NOCICETTORI (recettori del dolore)

Recettori somatosensoriali che convogliano informazioni riguardanti stimoli nocivi (anche temperature sopra 45° C e sotto 15° C)

•Due tipi :

- Fibre A- δ attivati da forti pressioni e calore . Mieliniche: conduzione relativamente + rapida (dolore acuto)
- Fibre C attivati da diversi tipi di stimolazioni forti (pressione , calore, freddo, sostanze cvelenose e acide ecc.) Non mieliniche: coduzione molto lenta (dolore lento, urente, pulsante)

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

- Fibre A α mieliniche
 - 80-120 m/sec
 - 13-20 μ
- Fibre A β mieliniche
 - 35-75 m/sec
 - 6-12 μ
- Fibre A δ mieliniche
 - 5-30 m/sec
 - 1-5 μ
- Fibre C non mieliniche
 - 0.5-2 m/sec
 - 0.02-1.5 μ

Nocicettori

| | |
|---------------------------------------|------------|
| Nocicettori meccanici | A δ |
| Nocicettori termici e meccano-termici | A δ |
| | C |
| Nocicettori polimodali | C |

Meccanocettori cutanei e sottocutanei

| | |
|----------------------------------|------------|
| Corpuscolo di Meissner | A β |
| Corpuscolo di Pacini | A β |
| Corpuscolo di Ruffini | A β |
| Recettore di Merkel | A β |
| Recettori annessi a peli robusti | A β |
| Recettori annessi a lanugine | A δ |

Meccanocettori muscolari e scheletrici

| | |
|--------------------------------------|------------|
| Terminazioni fusali I | A α |
| Terminazioni fusali II | A β |
| Organo tendineo del Golgi | A β |
| Meccanocettori di capsule articolari | A β |

Recettori termici

| | |
|---------------------|------------|
| Terminazioni libere | A δ |
| | C |

DOLORE

| |
|------------------------|
| Dolore puntorio, acuto |
| Dolore puntorio, acuto |
| Dolore urente, lento |
| Dolore urente, lento |

TATTO

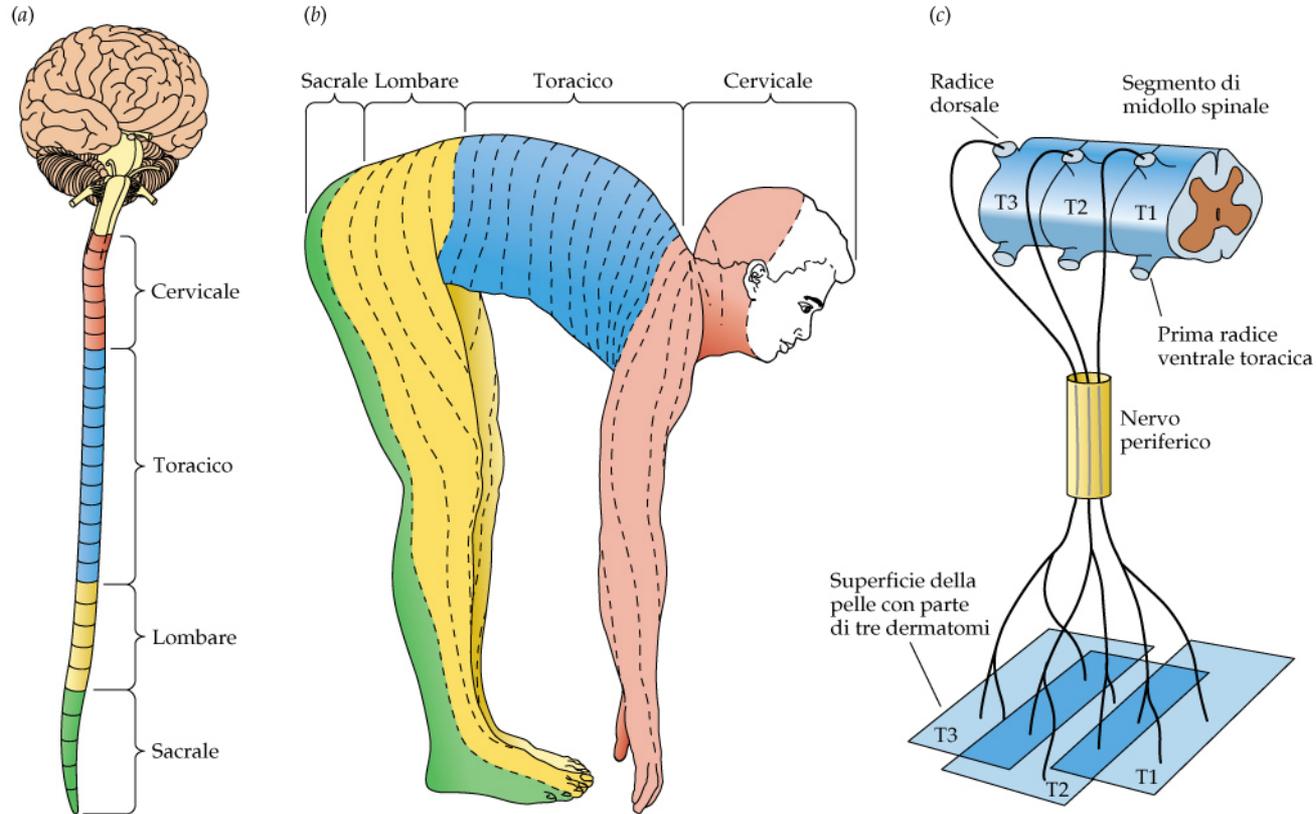
| |
|-------------------------------------|
| Tremolio |
| Vibrazione |
| Infossamento stazionario della cute |
| Infossamento stazionario della cute |
| Tremolio |
| Tremolio |

PROPRIOCEZIONE DEGLI ARTI

TEMPERATURA

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

- Superficie della pelle organizzata in dermatomeri: regioni innervate da un solo nervo spinale



SISTEMA SOMATOSENSORIALE

Informazioni dalla pelle al cervello attraverso due vie:

1)SISTEMA DELLE COLONNE DORSALI E DEL LEMNISCO MEDIALE

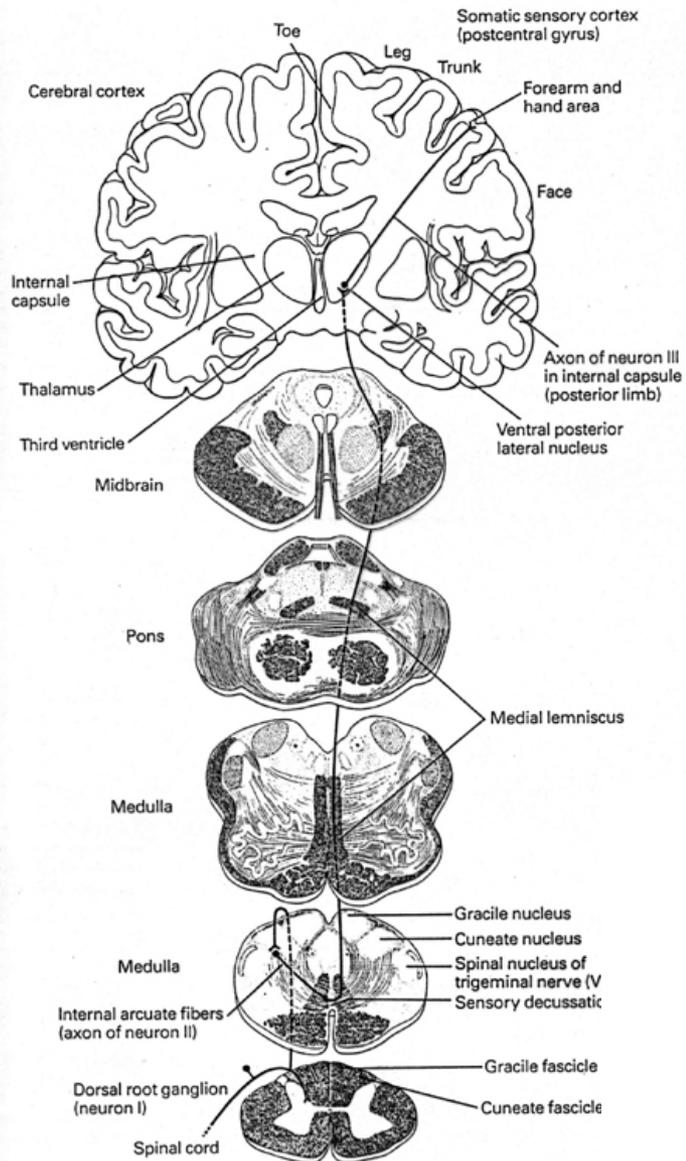
- Maggior parte di neuroni ascendenti sono i collaterali di neuroni sensitivi primari
- Decussazione nel tronco encefalico
- Mediano percezione di tatto e propriocezione (fibre A β)

2)SISTEMA ANTEROLATERALE O SPINOTALAMICO

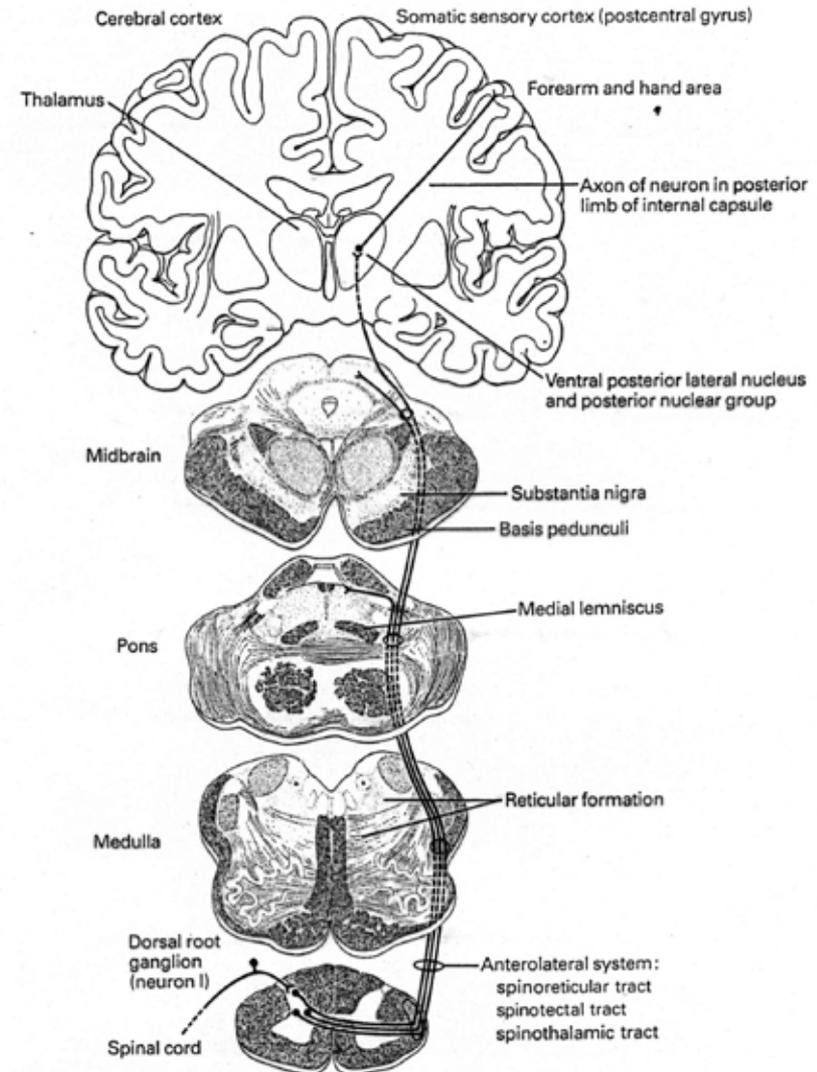
- Neuroni ascendenti sono i collocati in corna dorsali
- Decussazione nel midollo spinale, a livello di entrata del neurone sensitivo
- Mediano percezione di dolore e temperatura (fibre A δ e C)

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

SISTEMA DELLE COLONNE DORSALI E DEL LEMNISCO MEDIALE



SISTEMA ANTEROLATERALE O SPINOTALAMICO



SISTEMA SOMATOSENSORIALE

Sinapsi nei nuclei talamici

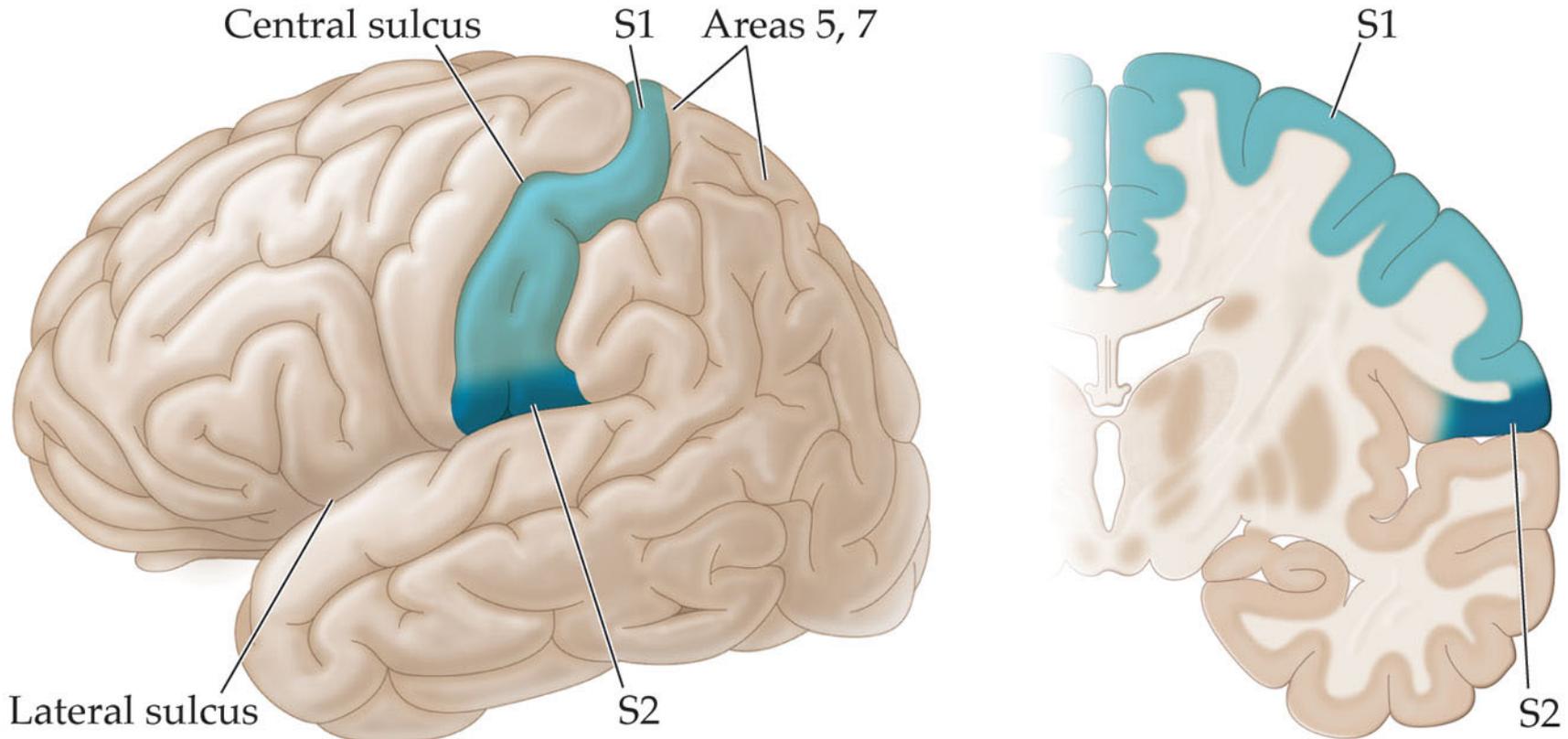
ventrale posteriore laterale (corpo e arti)

ventrale posteriore mediale (viso)

Alcune fibre del tratto anterolaterale terminano nei collicoli

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

Le informazioni somatosensoriali dal talamo raggiungono la corteccia somatosensoriale primaria (S1) nel lobo parietale nel giro post-centrale S1 è connessa principalmente con S2, localizzata sopra il solco laterale, ma anche con altre aree



SISTEMA SOMATOSENSORIALE

CORTECCIA SOMATOSENSORIALE (PRIMARIA S1e SECONDARIA S2)

- **Organizzazione in strati (6)**

Dal talamo input a neuroni piramidali (strato IV)

- **Organizzazione colonnare**

All'interno della colonna neuroni rispondono alla stessa qualità di stimolazione (tatto o pressione) e alla stessa posizione nel corpo => hanno campi recettivi sovrapposti



ORGANIZZAZIONE SOMATOTOPICA

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

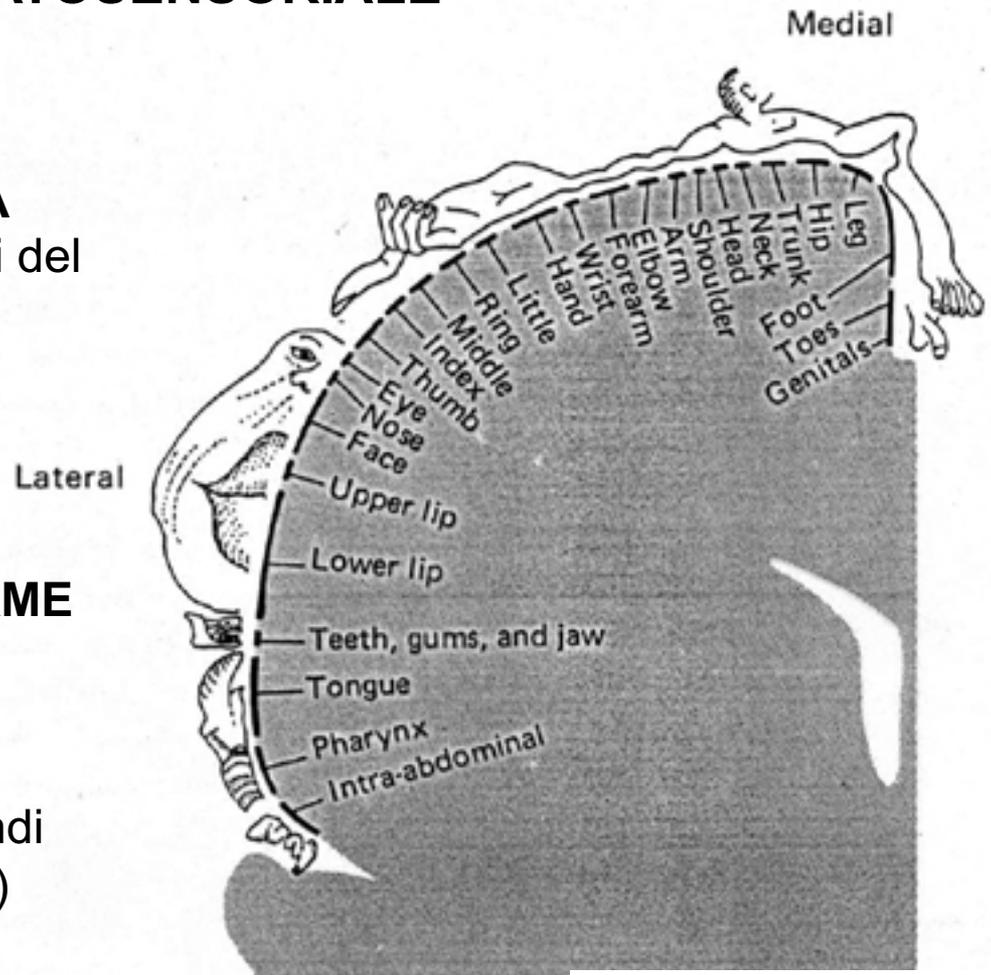
CORTECCIA SOMATOSENSORIALE

•ORGANIZZAZIONE SOMATOTOPICA

Le informazioni provenienti da parti del corpo adiacenti sono codificate da neuroni adiacenti

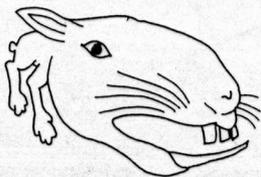
•RAPPRESENTAZIONE NON UNIFORME

Le dimensioni delle rappresentazioni corticali delle parti del corpo sono proporzionali alla quantità di neuroni (e recettori) che innervano tali parti (e quindi proporzionali alla sensibilità di tali parti)

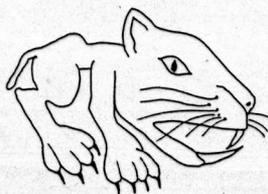


humans.

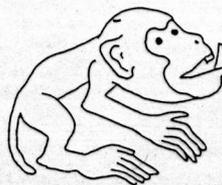
Rabbit



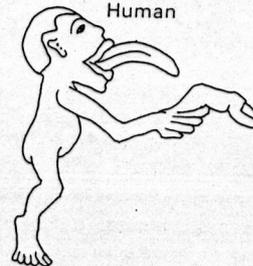
Cat



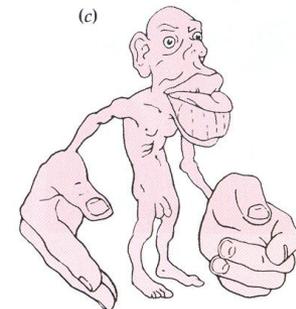
Monkey



Human



(c)



SISTEMA SOMATOSENSORIALE

CORTECCIA SOMATOSENSORIALE

Area somatosensoriale I

situata nel giro postcentrale posteriormente al solco centrale

- Divisa in 4 parti (1, 2, 3a, 3b) che per ogni punto del corpo

- elaborano in maniera diversa lo stimolo (recettori a rapido e a lento adattamento)

- elaborano aspetti diversi dello stimolo (tessitura, forma, dimensioni etc.)

- Sembra che il flusso di informazioni sia :

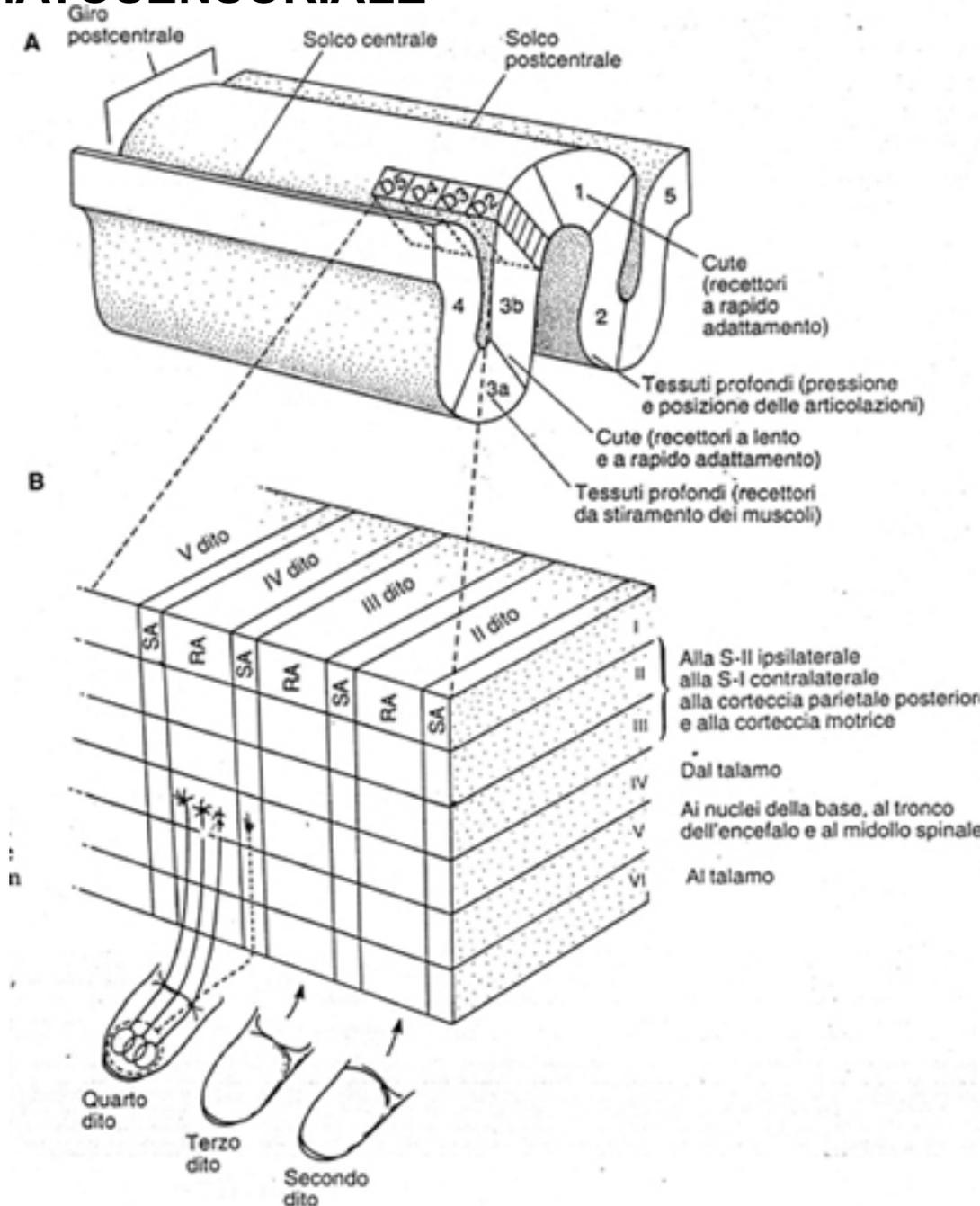
- ⇒ 3a, 3b (tessitura, forma e dimensioni)

- ⇒ 1 (tessitura)

- ⇒ 2 (forma e dimensioni)

Area somatosensoriale II

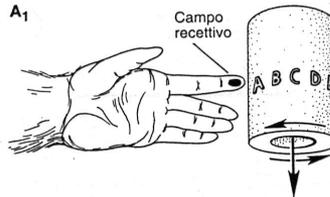
Discriminazione tattile di forme



SISTEMA SOMATOSENSORIALE

CORTECCIA SOMATOSENSORIALE

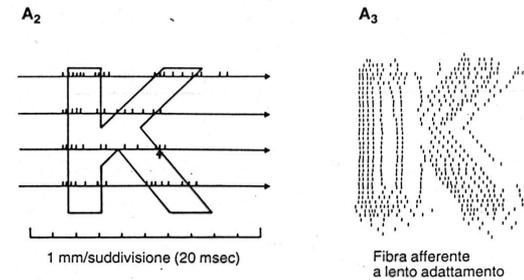
• Lesioni di corteccia sensoriale aboliscono capacità discriminativa tattile



• RegISTRAZIONI da corteccia sensoriale

- 1/4 neuroni rispondono pressione
- 1/4 neuroni rispondono stimolazione specifica (oggetto di forma particolare)
- 1/4 neuroni rispondono stimolazione pelle o movimento articolazioni
- 1/8 neuroni rispondono manipolazione articolazioni
- 1/8 neuroni rispondono quando animale tocca oggetto e lo manipola =>

manipolazione attiva importante per sensazione tattile



B1 .Fibre afferenti

Fibra a lento adattamento

A B C D E F G H I J K L M

Fibra a rapido adattamento

A B C D E F G H I J K L M

Fibra del corpuscolo del Pacini

A B C D E F G H I J K L M

B2 Area 3b di Brodmann: neuroni a lento adattamento

A B C D E F G H I J K L M

A B C D E F G H I J K L M

A B C D E F G H I J K L M

A B C D E F G H I J K L M

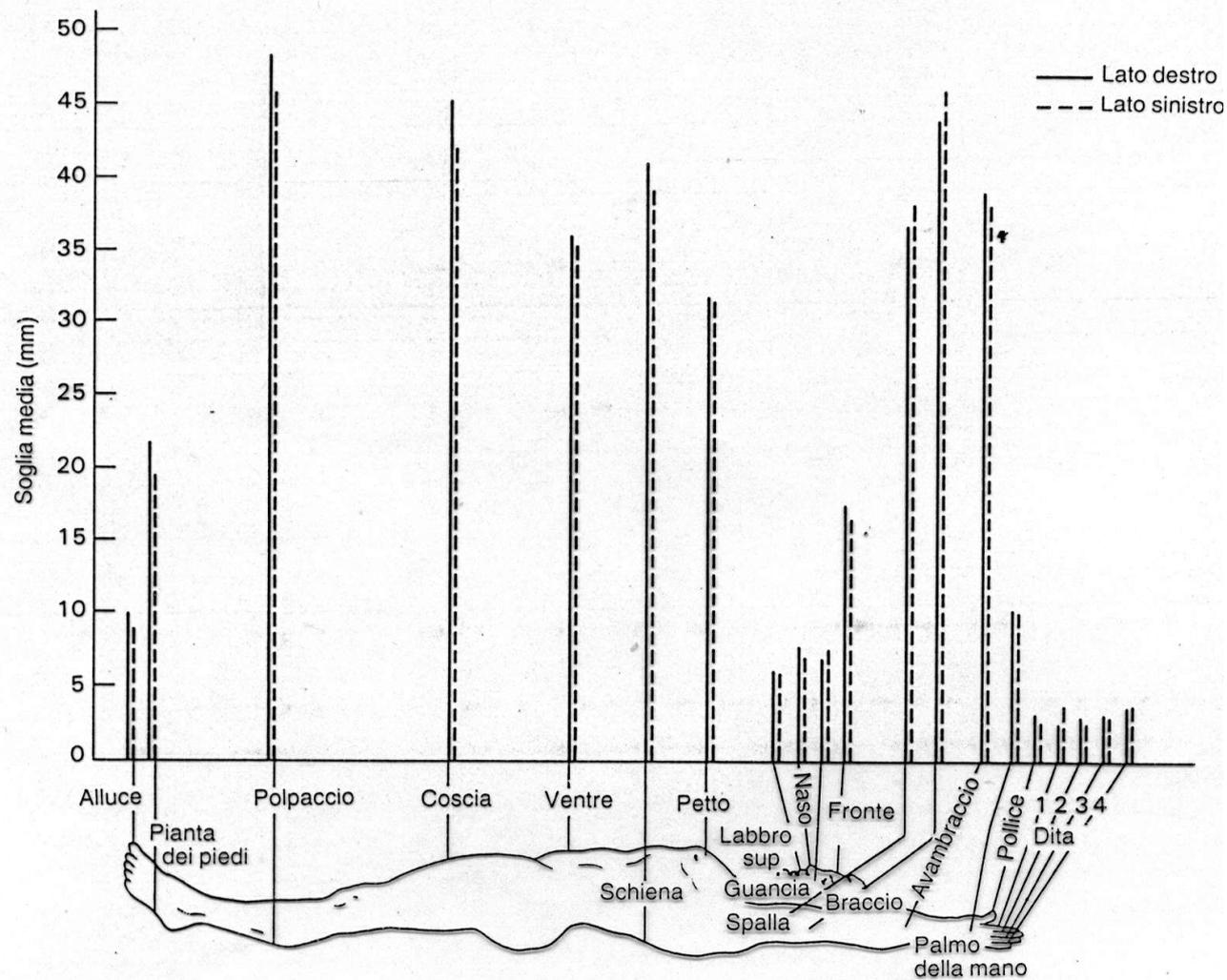
A B C D E F G H I J K L M

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

- **Proprieta' dinamiche dei neuroni sensoriali seguono le proprieta' dinamiche dei recettori**
- **Inibizione laterale sempre presente, assente solo a livello dei recettori**
- **Organizzazione somatotopica a livello di tutte le stazioni sinaptiche:**
 - dermatomeri, fasci ascendenti (spino-talamico e colonne dorsali-lemnisco mediale), talamo, corteccia sensoriale I e II
- **Dimensioni di campi recettivi aumentano dalla periferia alla corteccia**
- **Risoluzione spaziale della sensazione tattile varia da una parte del corpo all'altra**
 - ★ dipende dal numero di recettori presenti in una certa area e dall'ampiezza dei loro campi recettivi
 - ★ questo si riflette in un numero variabile di neuroni sensoriali e in un'ampiezza diversa delle regioni corticali dedicati ad una certa area del corpo.

SISTEMA SOMATOSENSORIALE

• Risoluzione spaziale della sensazione tattile varia da una parte del corpo all'altra



DOLORE

La percezione del dolore è fondamentale per la sopravvivenza: ci permette di essere coscienti dei pericoli

E' stato descritto ampiamente un caso in cui c'era dalla nascita assenza di percezione del dolore (CIP-congenital insensitivity to pain) (Miss C) e la paziente non poteva quindi proteggersi: ad esempio urtava oggetti lacerandosi, non sentiva la fatica negli arti dovuta a posture prolungate, si ustionava ecc. Questa paziente è morta all'età di 29 anni

Sensibilizzazione al dolore : Dopo un danno la pelle diventa più sensibile al dolore (ad esempio quando siamo scottati dal sole)

Questo fenomeno si chiama Iperalgesia.

Questo è il fenomeno **opposto** dell'adattamento.

Il sistema non può permettersi adattamento a stimoli nocivi

DOLORE

DOLORE CRONICO (>3 mesi)

Molti studi mostrano una correlazione tra l'attività della corteccia prefrontale con modelli sperimentali di dolore cronico

Comunemente sensibilizzazione è associate ad un aumento di segnale nella DLPFC

Il significato funzionale di tale attivazione è ancora oggetto di dibattito: la correlazione positiva con la spiacevolezza del dolore potrebbe indicare che l'attivazione di DLPFC riflette un'alterazione del processing cognitivo-emotivo

Un aumento dell'attivazione della DLPFC potrebbe riflettere il reclutamento di sistemi endogeni di controllo del dolore

D'altra parte pazienti con dolore cronico mostrano una diminuzione di densità di materia grigia nella DLPFC ad indicare che il suo ruolo di controllo del dolore è danneggiato in questi pazienti.

DOLORE

DOLORE CRONICO (>3 mesi)

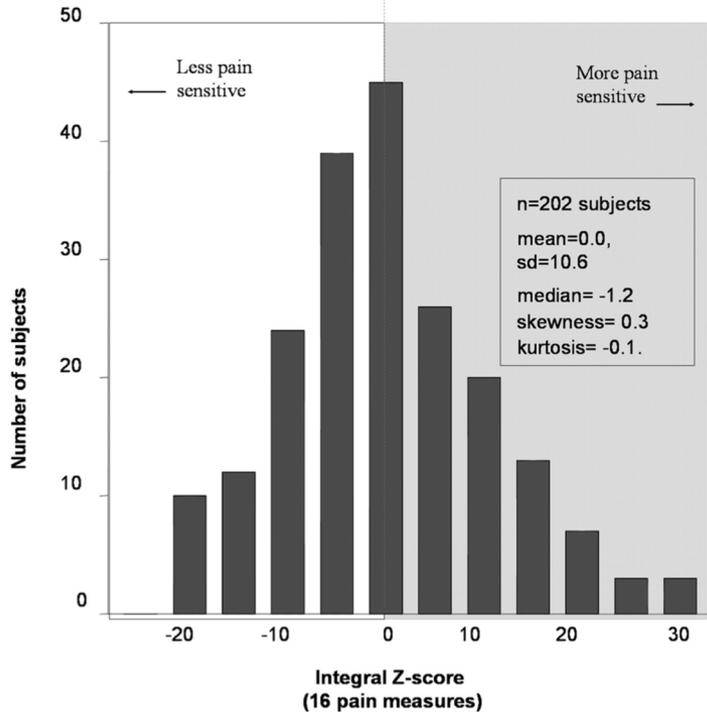
Trattamenti:

Medications, acupuncture, electrical stimulation, nerve blocks, or surgery are some treatments used for chronic pain.

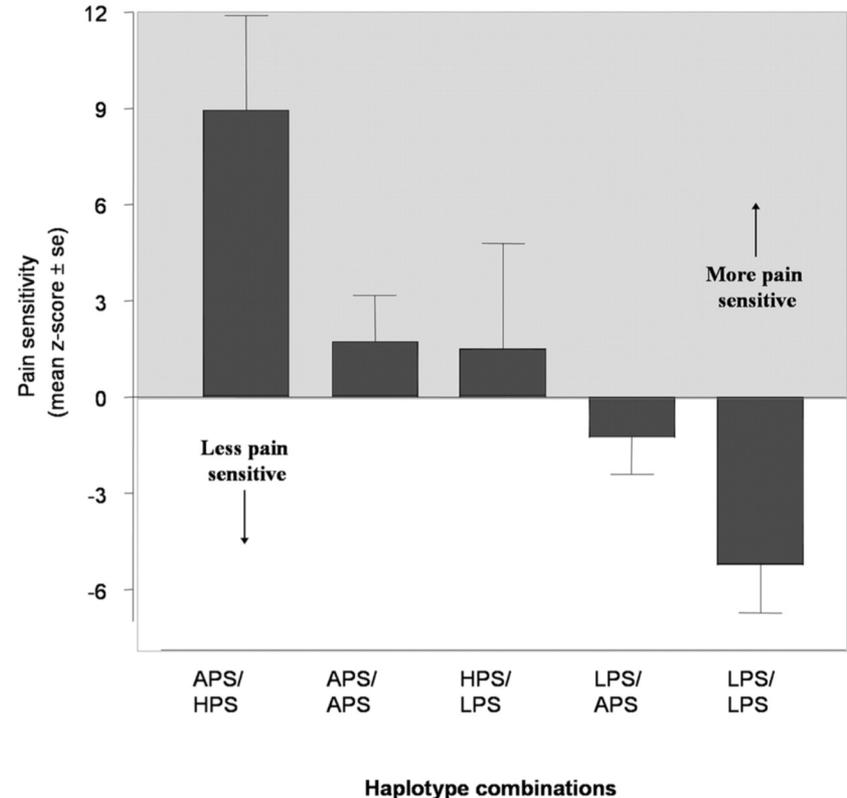
Less invasive **psychotherapy**, relaxation therapies, biofeedback, and behavior modification may also be used to treat chronic pain.

These methods can be powerful and effective in some people. When it comes to chronic pain treatment, many people find adding complementary or alternative medicine (CAM) approaches can provide additional relief. These may include tai chi, acupuncture, meditation, massage therapies, and similar treatments.

LA SENSIBILITÀ INDIVIDUALE AL DOLORE DIPENDE ANCHE DAL PATRIMONIO GENETICO



Distribuzione di una misura di sensibilità al dolore



Risposta al dolore in funzione del patrimonio genetico (aplotipo)

From: Genetic basis for individual variations in pain perception and the development of a chronic pain condition

Hum Mol Genet. 2004;14(1):135-143. doi:10.1093/hmg/ddi013

Hum Mol Genet | Human Molecular Genetics, Vol. 14, No. 1 © Oxford University Press 2005; all rights reserved

DOLORE

Cambiamenti della percezione del dolore con l'età.

C'è un modesto aumento delle soglie al dolore misurate sperimentalmente

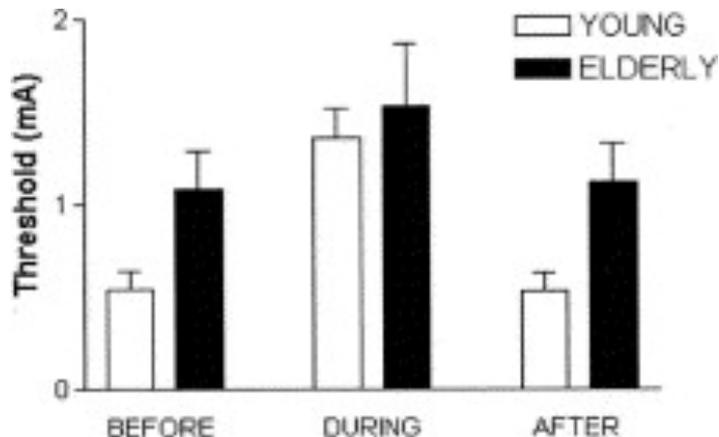
Una percezione alterata della qualità del dolore

Una minore sensibilità a bassi livelli di stimolazione nocicettiva

Una maggiore risposta a stimoli di alta intensità dolorifica

Una tolleranza ridotta a forti dolori

Effetti sulle soglie dei sistemi inibitori discendenti

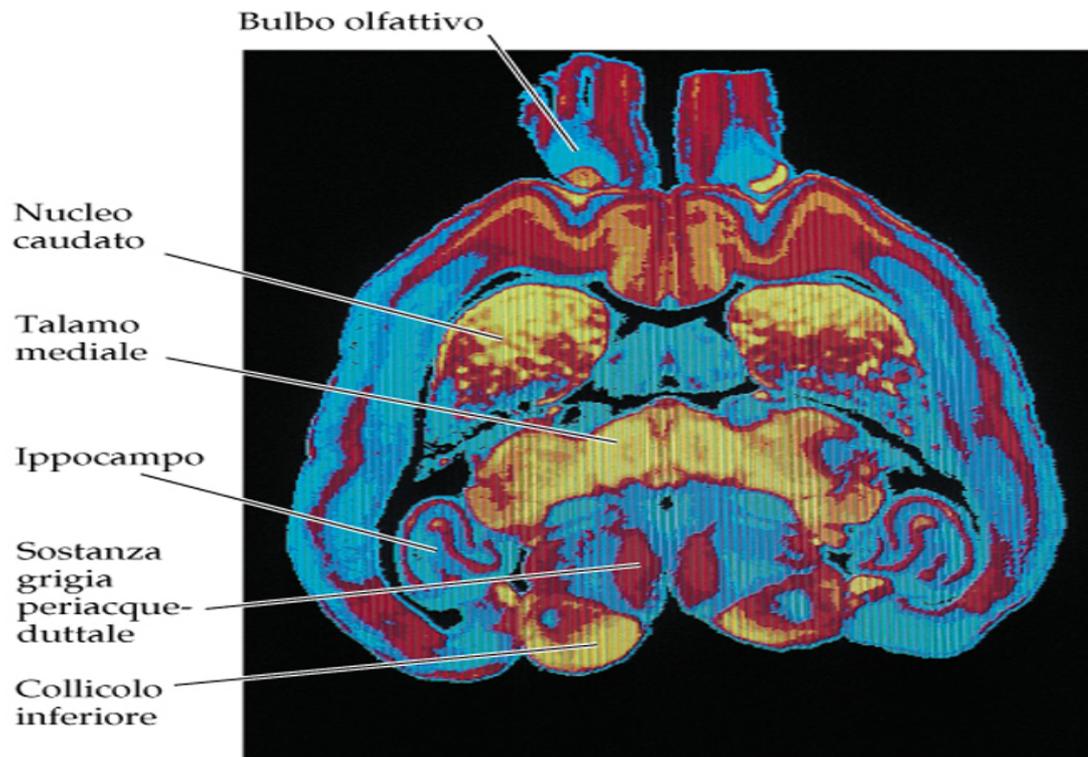


Stimolo condizionante: immersioni ripetute delle mani in acqua fredda che attivano sistemi analgesici endogeni
Misura di soglie a dolore elettrico prese prima durante e subito dopo lo stimolo adattante

DOLORE

- La percezione del dolore è un argomento complesso mediato da vari fattori: aspettativa, credenze, esperienza precedente, stato di eccitazione, feedback visivo ecc.
 - Ad esempio soldati feriti non percepiscono il dolore fino alla fine della battaglia, gli atleti non percepiscono traumi muscolari fino alla fine della gara, durante il parto i dolori dovuti alle lacerazioni e stiramenti sono percepiti meno intensamente durante il parto ecc.
- **Analgesia**: Diminuzione della sensazione di dolore senza perdita di conoscenza
 - Negli esempi precedenti l'analgesia può essere mediata dal rilascio di endorfine (oppiacei endogeni) che bloccano il rilascio di neurotrasmettitori nel sistema spinotalamico.
 - E' possibile che differenze individuali nella percezione del dolore siano dovute a differenze di concentrazione di tali sostanze negli individui o ad una minor sensibilità o ad un minor numero di recettori per tali sostanze
 - Esistono vari oppiacei esogeni che hanno effetti molto simili a quelli endogeni: ad esempio morfina, eroina, codeina

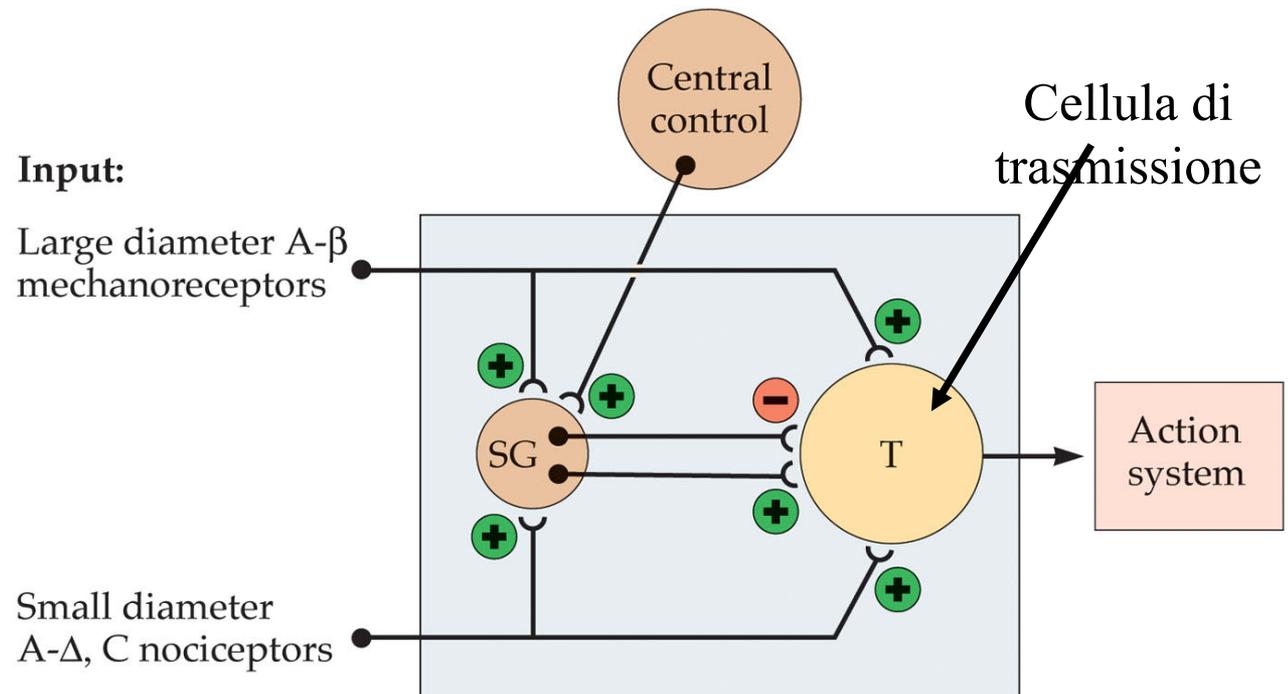
RECCETTORI PER GLI OPPIACEI



DOLORE

Teoria del *controllo a cancello* (gate control)

- La percezione del dolore potrebbe essere mediata da fibre nervose situate nella sostanza gelatinosa (SG) delle corna dorsali del midollo spinale.
- Questi neuroni ricevono input dal cervello e fanno sinapsi nel talamo con i neuroni somatosensoriali della via spinotalamica.
- Quando questi neuroni *a cancello* **eccitano** i nuclei talamici le informazioni sul dolore vengono trasmesse al cervello, quando li **inibiscono** non vengono trasmesse



DOLORE

E' stato dimostrato che, quando si percepisce dolore dovuto ad uno stimolo A, se siamo sottoposti ad un altro stimolo doloroso B, il dolore associato ad A diminuisce (Motohashi e Umino 2001)

- Questo fenomeno potrebbe essere mediato da questi neuroni a cancello, infatti essi potrebbero essere attivati da altri stimoli pericolosi che provengono da altre parti in quanto integrano varie informazioni sensoriali
- Inoltre è noto che è possibile contrastare una sensazione dolorosa con una piacevole: la puntura di insetti è alleviata dal grattarsi.

DOLORE

- **Dolore neuropatico** : Prodotto da una disfunzione a livello del sistema somatosensoriale (periferico o centrale) : danni al midollo, sclerosi, infarti, anche a seguito di diabete, herpes zoster
- resiliente al trattamento con analgesici (antidepressivi, anticonvulsivi, botulino, stimolazione elettrica, oppioidi, chirurgia)
- Associato con sensazioni anormali (disestesia) oppure associato a stimoli normalmente non dolorosi (allodinia). percepito come calore o freddo, sensazione di aghi. Incidenza: fino al 7% della popolazione europea.

DOLORE

- Aspetti cognitivi del dolore

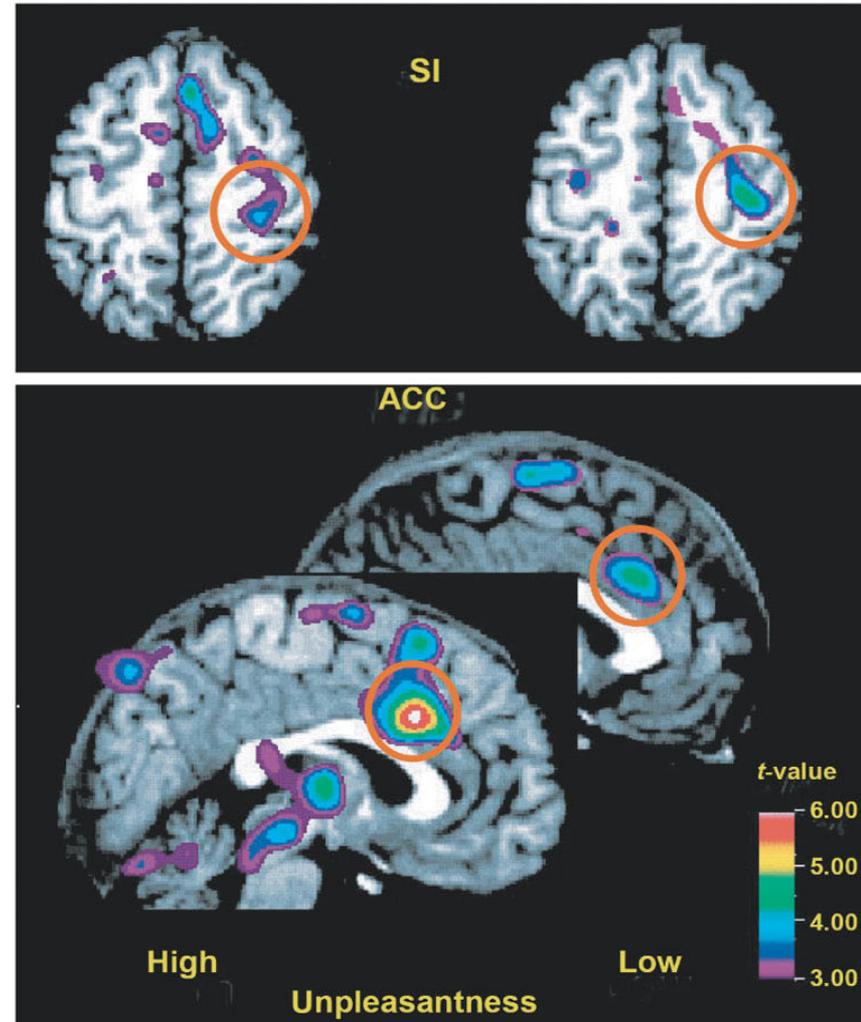
La percezione del dolore è un'esperienza SOGGETTIVA composta da due componenti:

la sensazione dolorosa + la risposta emotiva

- Data la complessità dei fenomeni legati alla percezione del dolore non esiste un unico trattamento per esso.

DOLORE

- S1 e S2 sono responsabili della componente sensoriale
- Altre (Rainville 1997) sono coinvolte negli aspetti cognitivi.
- In questo esperimento le mani di soggetti ipnotizzati venivano immerse in acqua tiepida o molto calda.
- Quando ai soggetti veniva detto che la sensazione stava aumentando o diminuendo, l'attivazione di S1 e S2 non cambiava mentre l'attivazione della corteccia anteriore cingolata era correlata con questa informazione data ai soggetti



DOLORE

Possible neural pathways of cognitive pain modulation. Cognitive modulations of pain are related to activation of prefrontal brain areas (DLPFC, VLPFC and ACC; shown in orange), which modulate activation in pain-associated regions in the cortex (ACC, SI, SII/insula and thalamus), brainstem and dorsal horn (e.g. the PAG and dorsal horn; shown in blue). Attention has been shown to mainly engage the DLPFC and ACC, whereas reappraisal relates particularly to the VLPFC. Expectation has been associated with both densely interconnected prefrontal areas. The DLPFC is connected to the ACC, which, in turn, projects to thalamus and the PAG, a core component of the descending pain modulatory system. This system eventually facilitates and/or inhibits pain processing at the level of the spinal cord dorsal horn. Direct cortico-cortical modulations from VLPFC and DLPFC to pain-associated cortical areas are probable but have not been directly shown yet (broken lines). Areas most closely associated with pain (SI, ACC, SII/insula and thalamus) are densely interconnected, as indicated by the green circle. For the sake of clarity, ascending projections are not fully shown. Abbreviations: ACC, anterior cingulate cortex; DLPFC, dorsolateral prefrontal cortex; PAG, periaqueductal gray; SI, primary somatosensory cortex; SII, secondary somatosensory cortex; VLPFC, ventrolateral prefrontal cortex.

