



FISIOLOGIA DEGLI ORGANI DI SENSO

Pierina Amalia Menneas

Corso specialistico di formazione
Ferrere d'Asti, 8-9 ottobre 2016

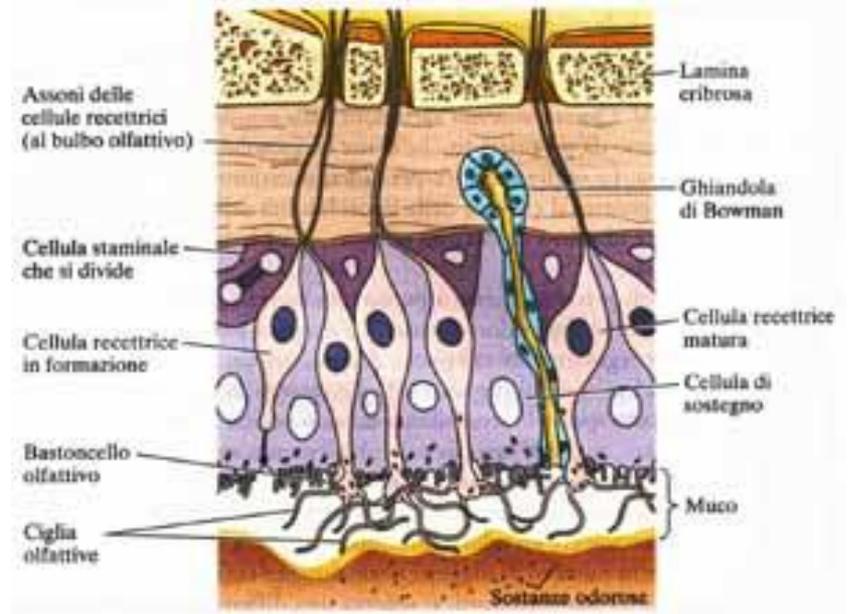
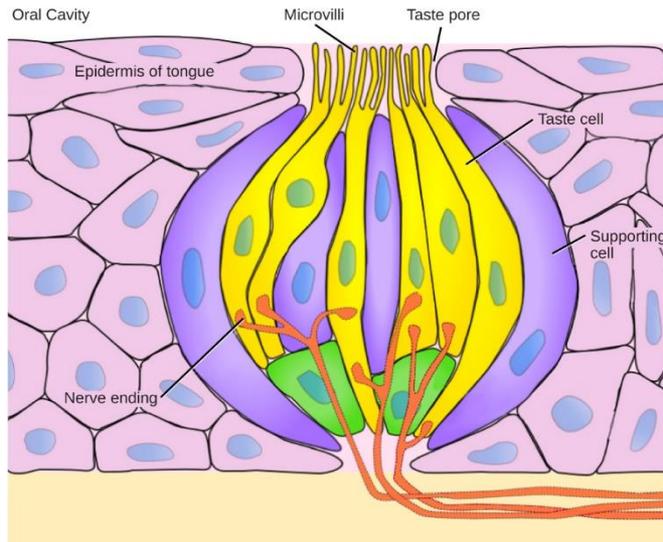
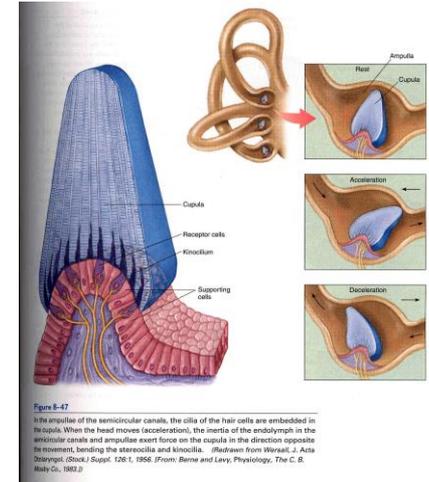
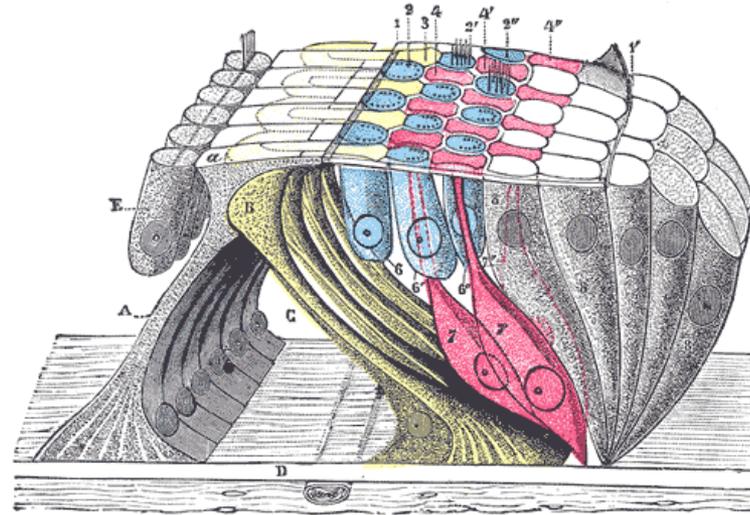
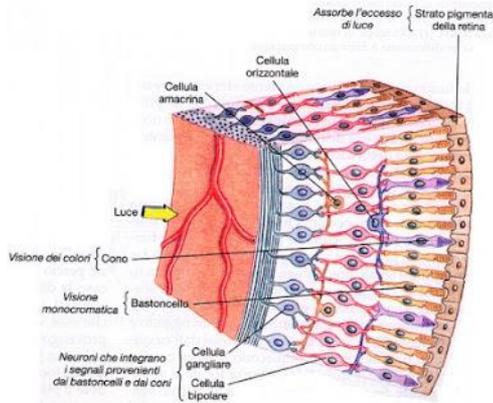
Sistemi sensoriali

Con stimoli a livello cosciente

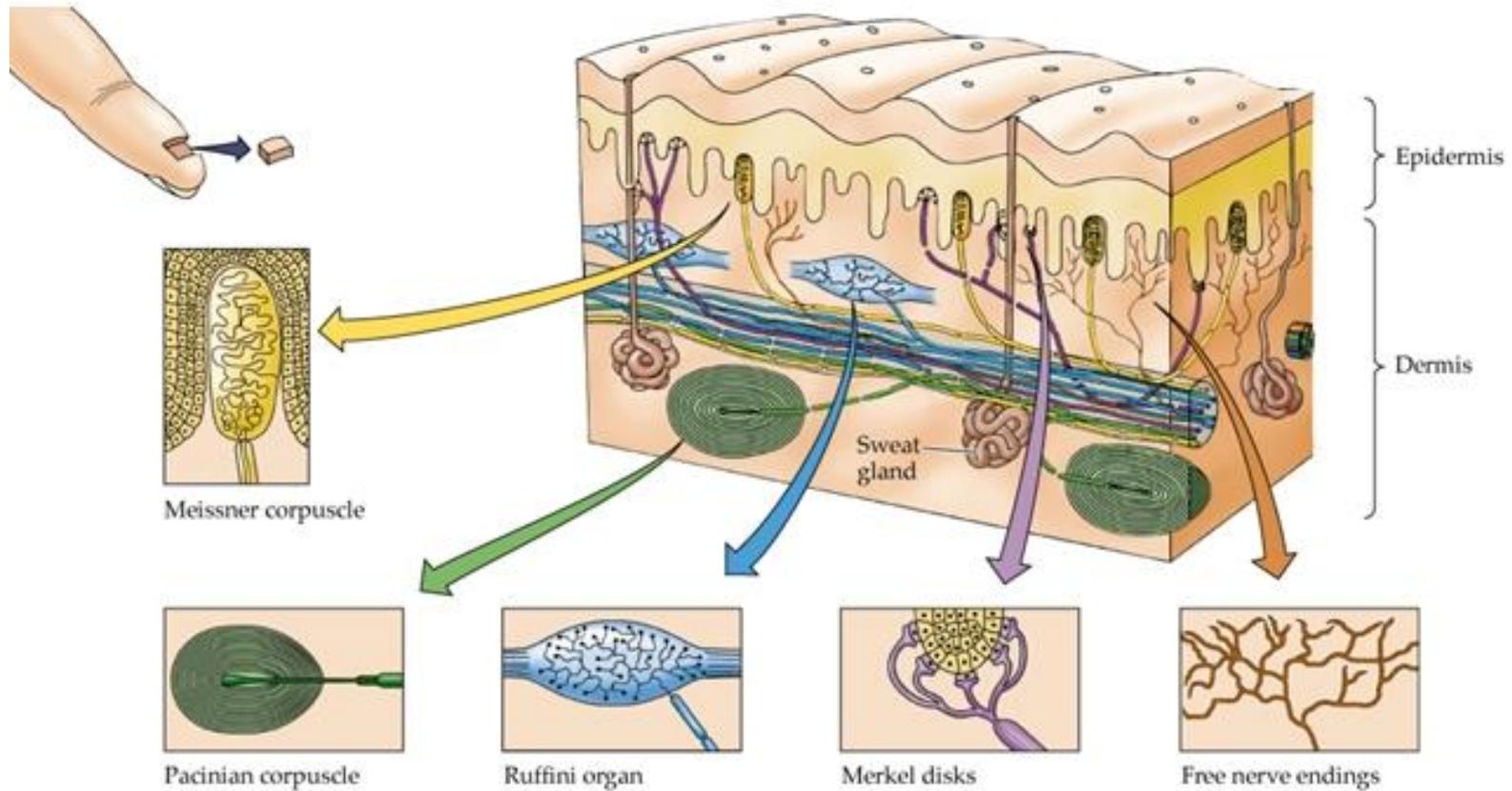
sensi speciali: vista, gusto, olfatto,
udito e equilibrio

sensi somatici: tatto-pressione,
temperatura,
dolore, prurito,
propriocezione

Recettori centrali



Recettori periferici



Sistemi sensoriali

- **Con stimoli a livello inconscio**

stimoli somatici: lunghezza e tono muscolare
altri stimoli propriocettivi

stimoli viscerali: pressione arteriosa
distensione tratto gastro-intestinale
concentrazione ematica di glucosio
osmolarità dei liquidi corporei
volume del polmone
pH liquido cerebrospinale
livelli ematici di O_2 e pH
temperatura degli organi interni

Proprietà generali dei sistemi sensoriali

Tipo di recettori	Stimolo	Organo di senso
Chemocettori	chimico	gusto e olfatto
Meccanocettori	meccanico	udito e tatto
Fotorecettori	luce	vista
Termorecettori	temperatura	cute e organi

- *Stimolo: forma di energia che agisce su un recettore sensoriale*
- *Ogni tipo di recettore risponde a stimoli specifici*

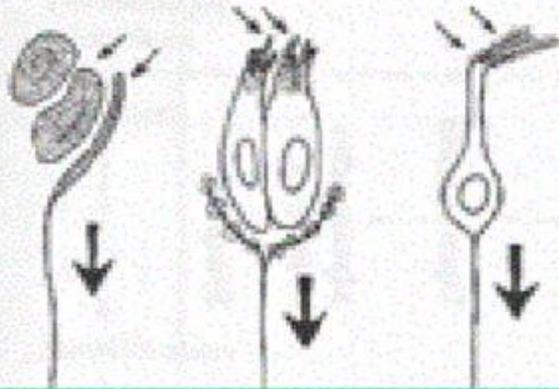
Specificità della risposta

Chemo

ossigeno

gusto

odorato

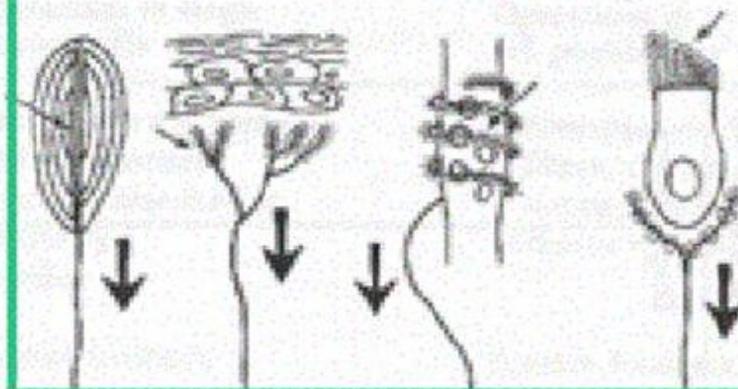


Meccano

Sensazione somatica

stiramento

udito



Foto

visione

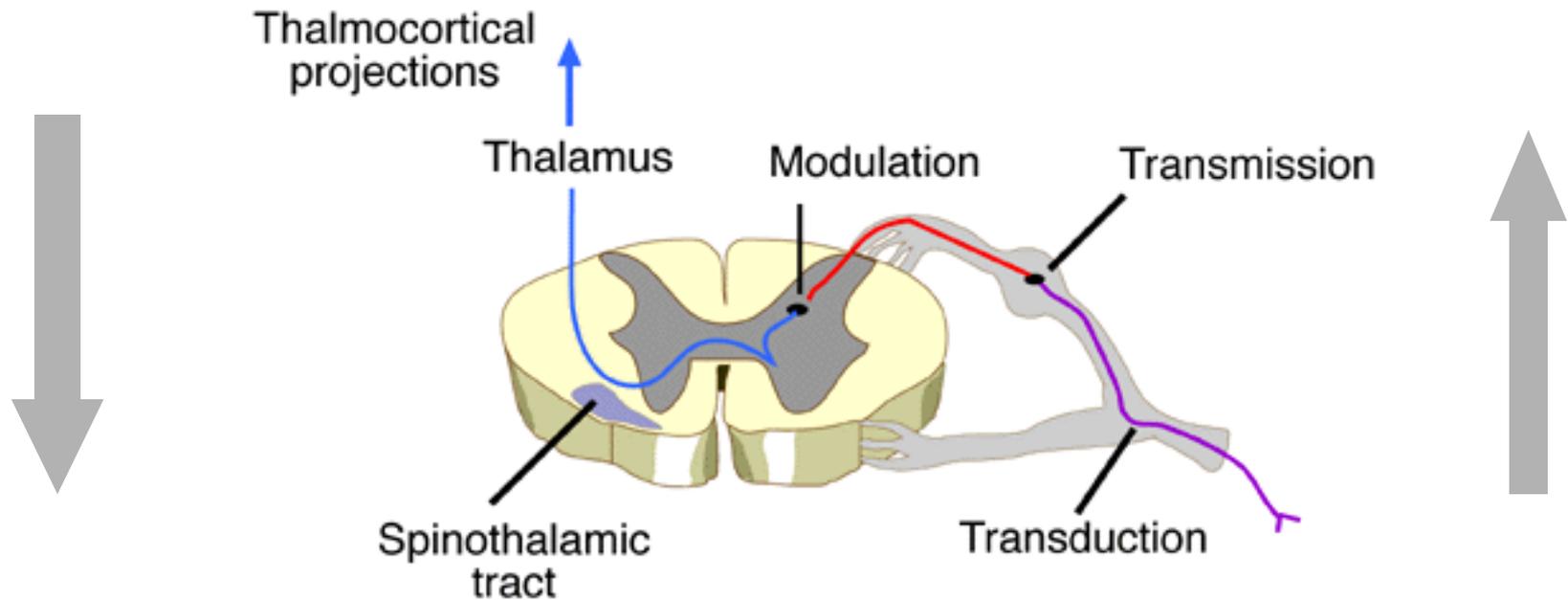


I recettori sensoriali sono cellule specializzate eccitabili il cui compito è quello di trasformare uno stimolo esterno di natura fisica o chimica in un segnale elettrico

Tale recettore si chiama trasduttore

• TRASDUZIONE

■ PERCEZIONE

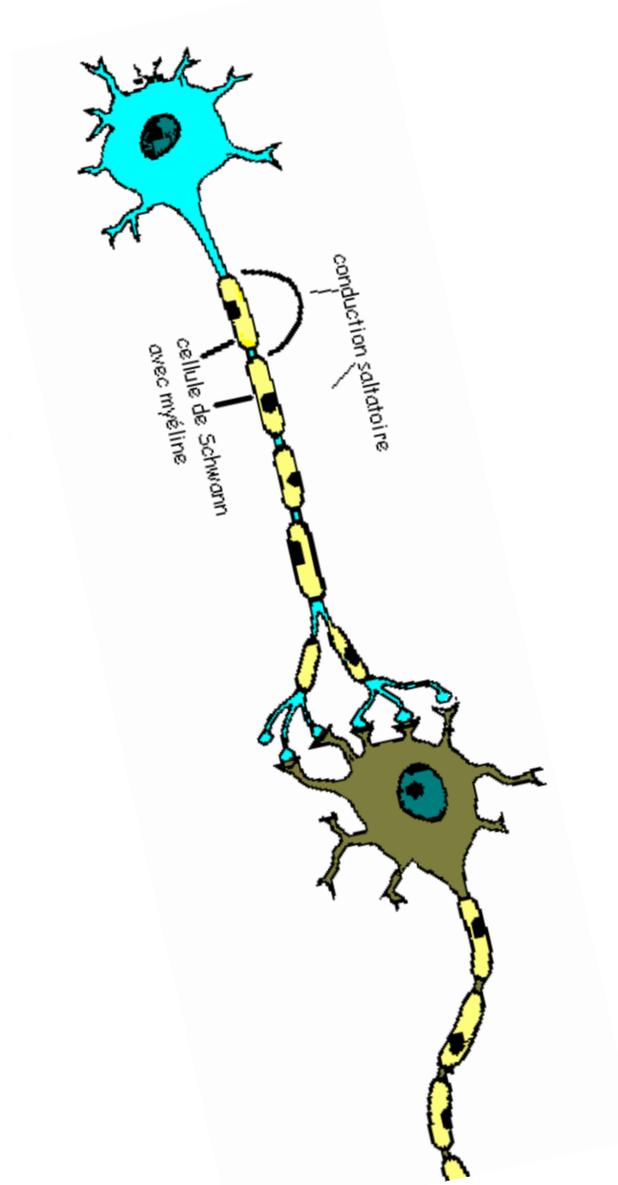
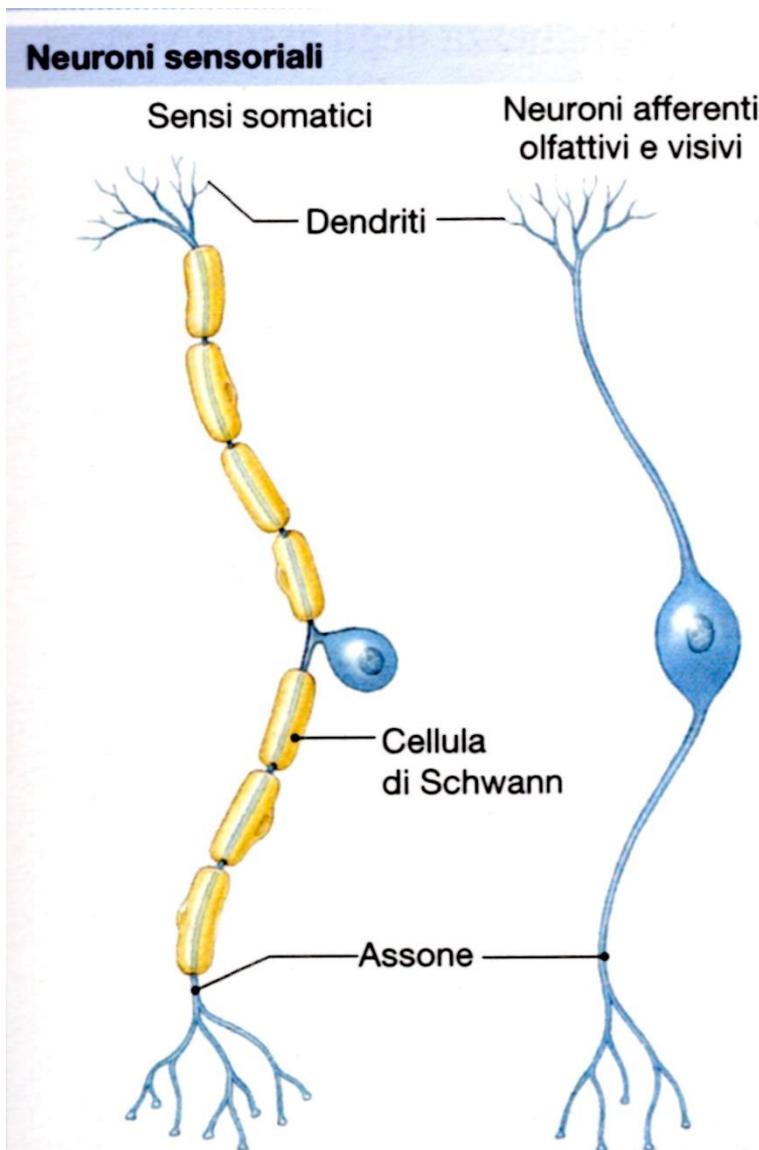


■ TRASMISSIONE

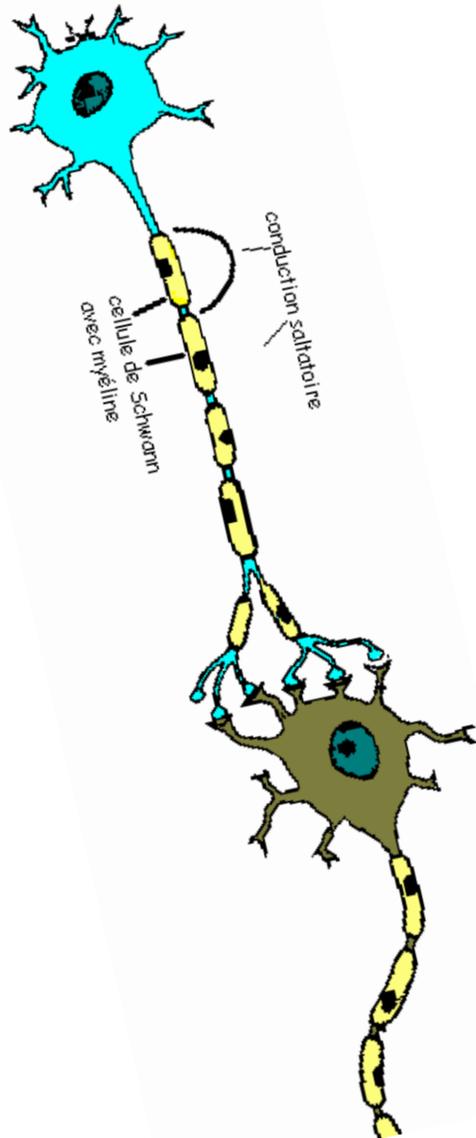
• MODULAZIONE



Vie di trasmissione degli stimoli

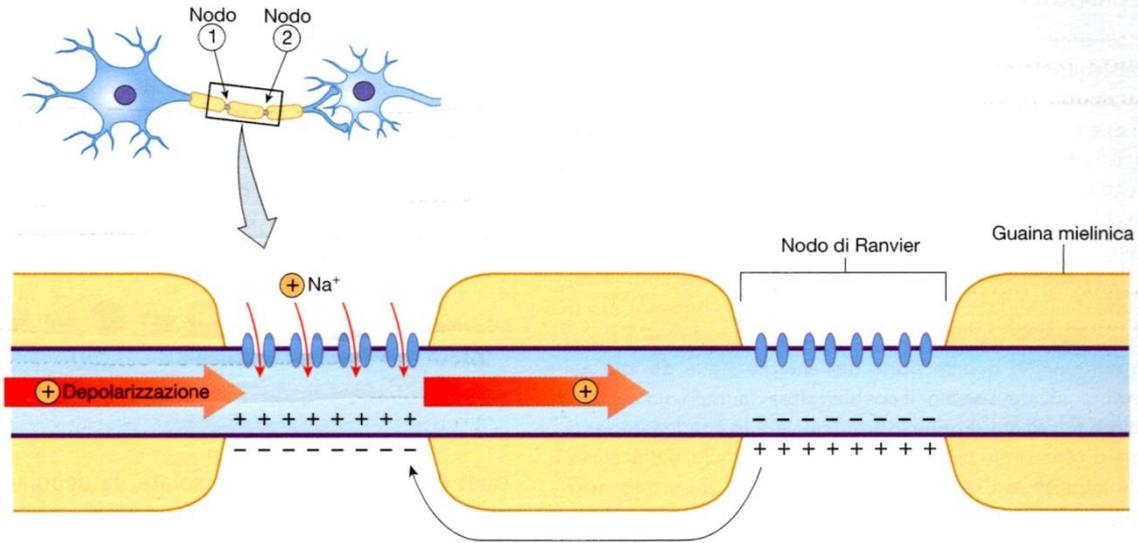


Vie di trasmissione degli stimoli

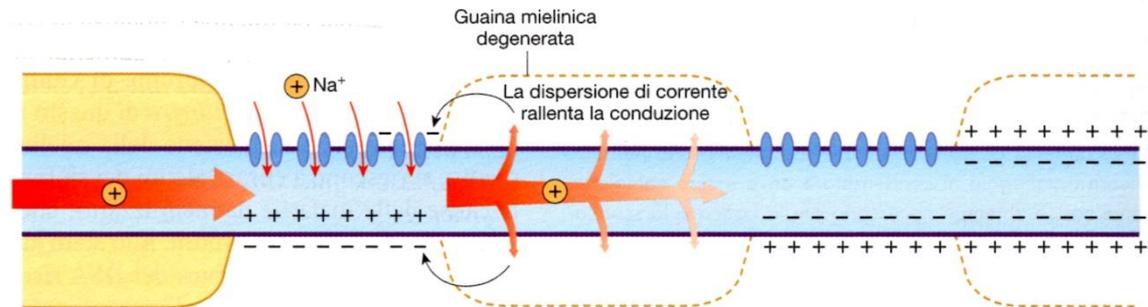


CONDUZIONE SALTATORIA

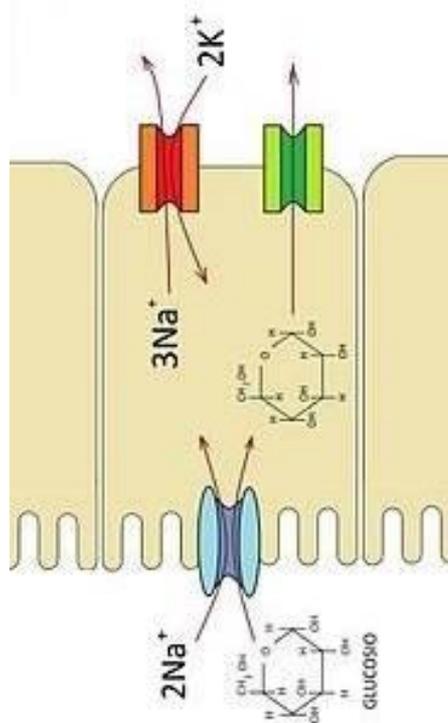
(a) I potenziali d'azione sembrano saltare da un nodo di Ranvier al successivo. Solo i nodi hanno canali per il Na^+ voltaggio-dipendenti.



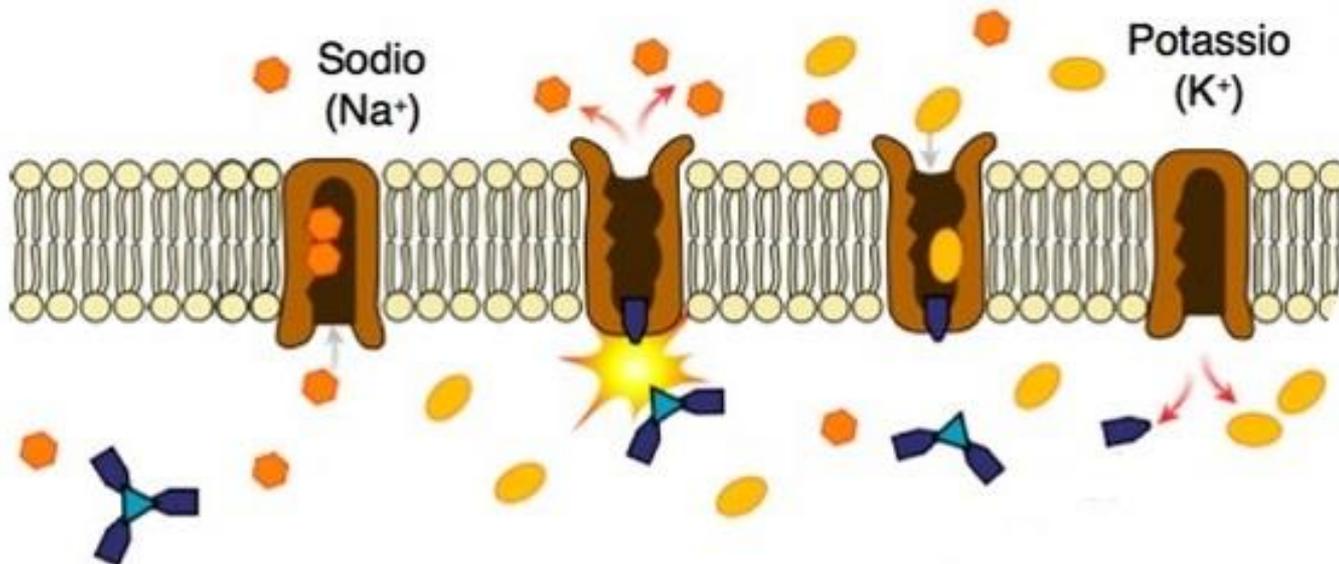
(b) Nelle patologie demielinizzanti la conduzione rallenta, a causa della dispersione di corrente attraverso i tratti di membrana che non sono più isolati dalla mielina.



Vie di trasmissione degli stimoli



SPAZIO EXTRACELLULARE



SPAZIO INTRACELLULARE

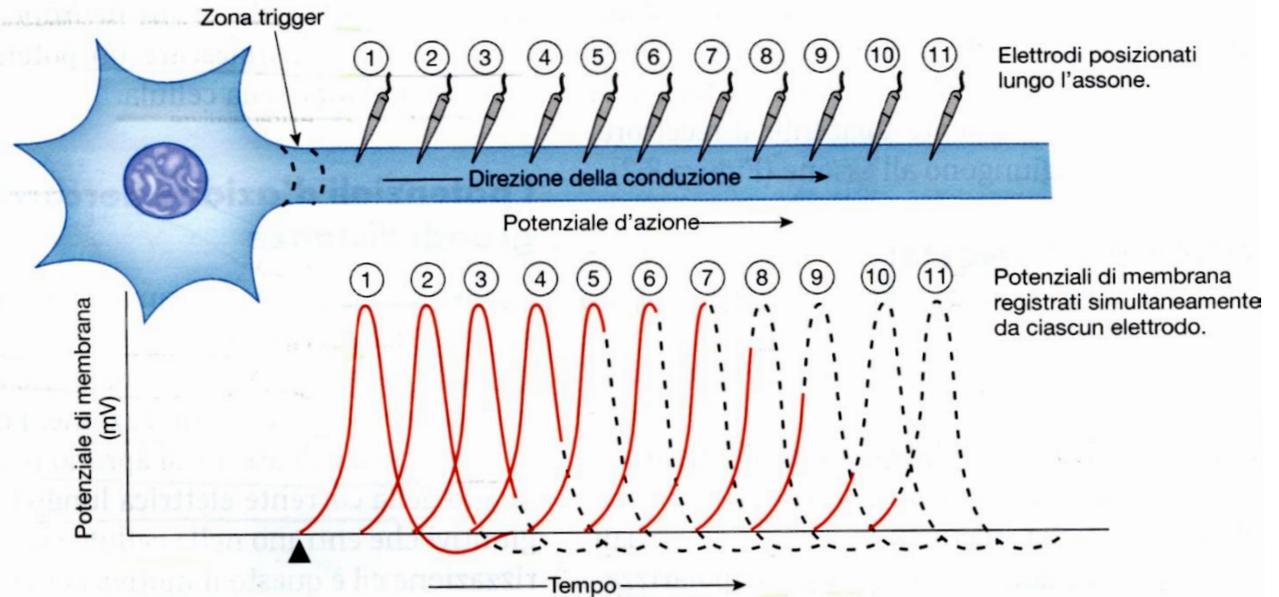
Vie di trasmissione degli stimoli

CONDUZIONE DI UN POTENZIALE D'AZIONE

(a) La trasmissione di potenziali d'azione può essere paragonata a un'"istantanea" di una serie di tessere di domino che cadono. In una serie di questo tipo, ogni tessera è in una posizione diversa. Nell'assone, ciascuna zona di membrana è in una diversa fase del potenziale d'azione.

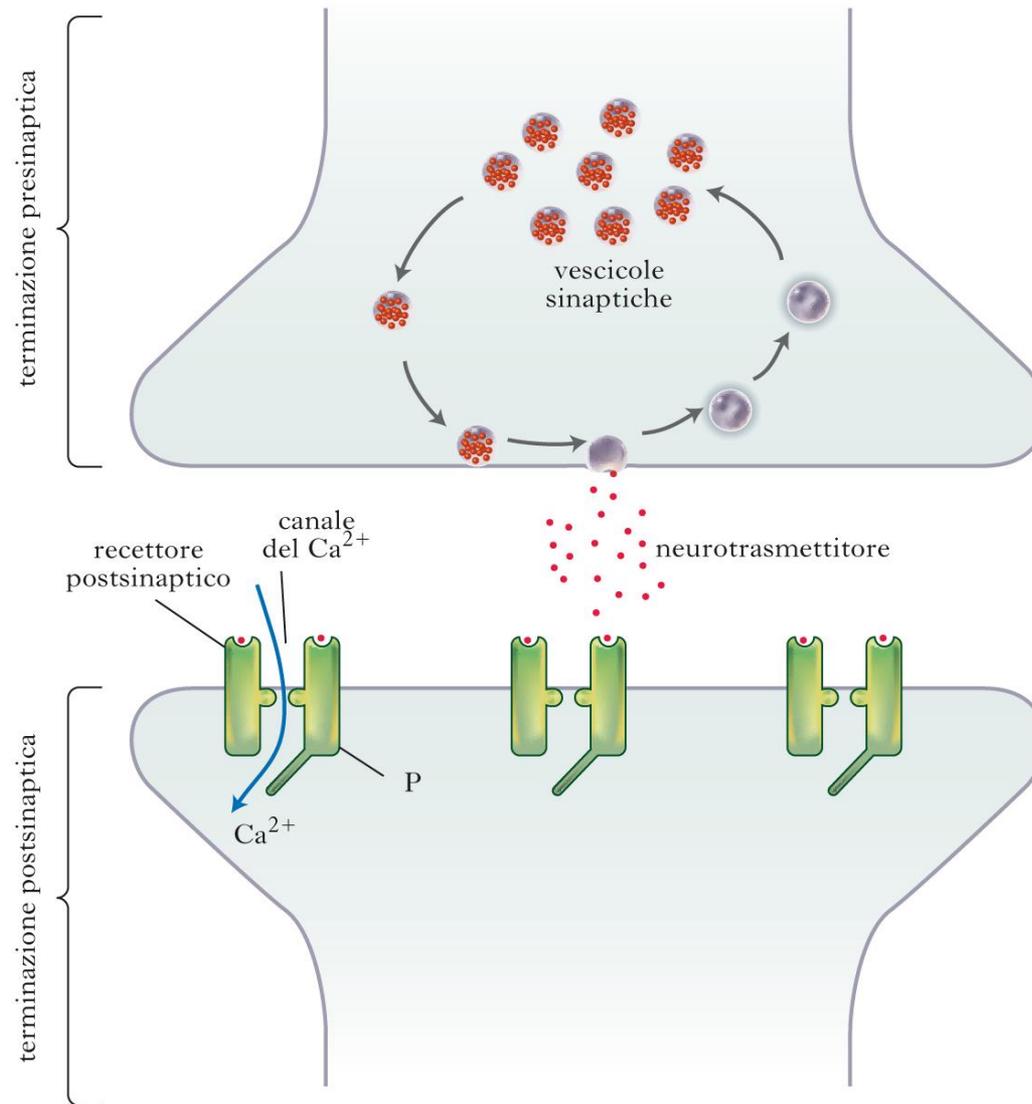


(b) Un'onda di corrente elettrica percorre l'assone.



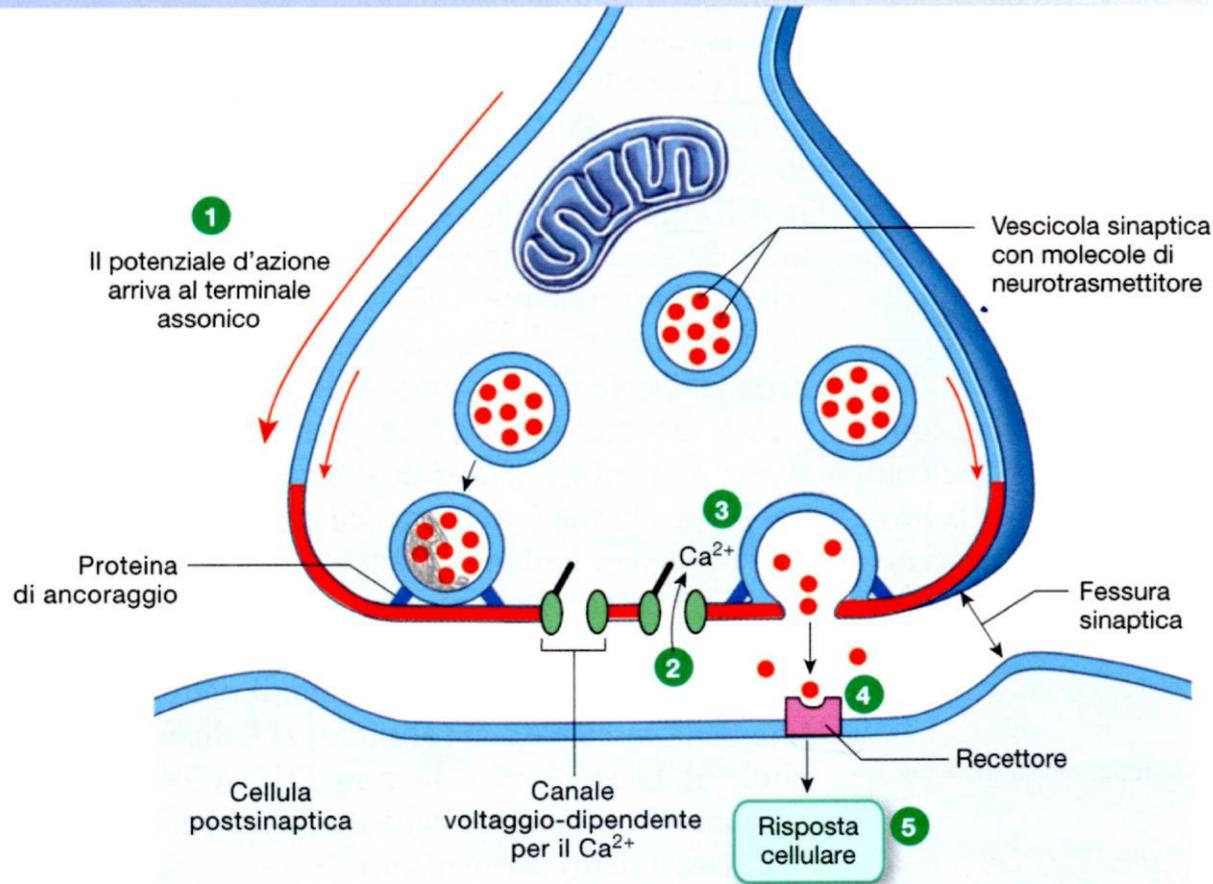
Registrazioni simultanee mostrano che ogni sezione dell'assone sta attraversando una fase diversa del potenziale d'azione.

Trasmissione: la sinapsi



Trasmissione: la sinapsi

(a) Rilascio di neurotrasmettitore



1 Un potenziale d'azione depolarizza un terminale assonico.

2 La depolarizzazione apre i canali per il Ca^{2+} voltaggio-dipendenti e il Ca^{2+} entra nella cellula.

3 L'ingresso del calcio provoca l'esocitosi del contenuto della vescicola sinaptica.

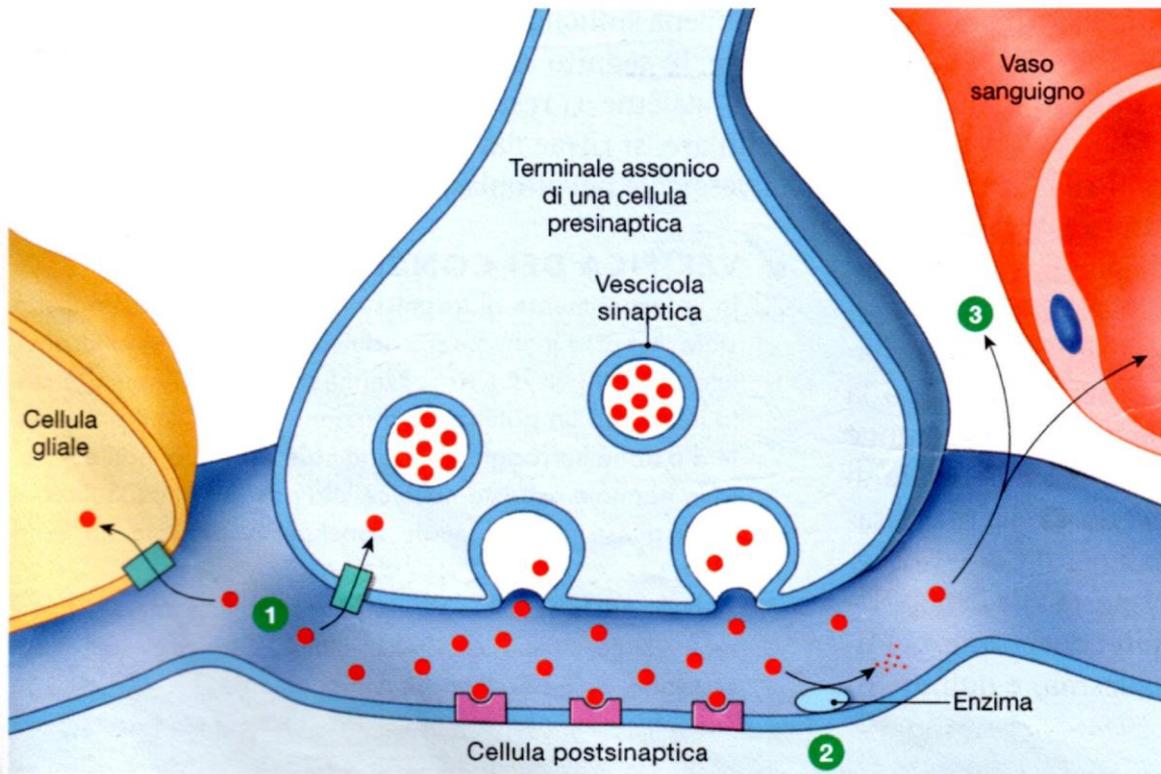
4 Il neurotrasmettitore diffonde attraverso la fessura sinaptica e si lega ai recettori sulla cellula postsinaptica.

5 Il legame del neurotrasmettitore con i recettori avvia una risposta nella cellula postsinaptica.

Trasmissione: la sinapsi

(b) Interruzione dell'azione del neurotrasmettitore

L'azione del neurotrasmettitore cessa quando i mediatori chimici vengono decomposti, assorbiti dalle cellule o dispersi per diffusione.



1 I neurotrasmettitori possono essere riassorbiti dalle cellule gliali oppure dai terminali assonici per essere riutilizzati.

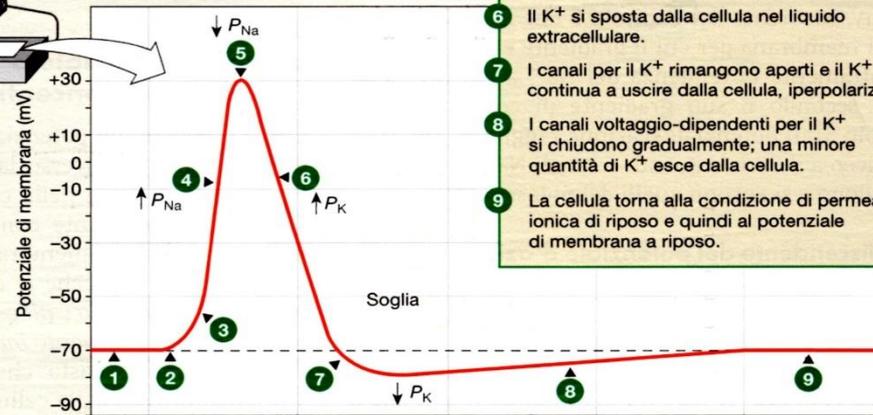
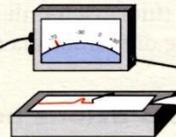
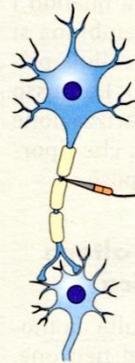
2 Gli enzimi inattivano i neurotrasmettitori.

3 I neurotrasmettitori possono diffondere al di fuori della fessura sinaptica.

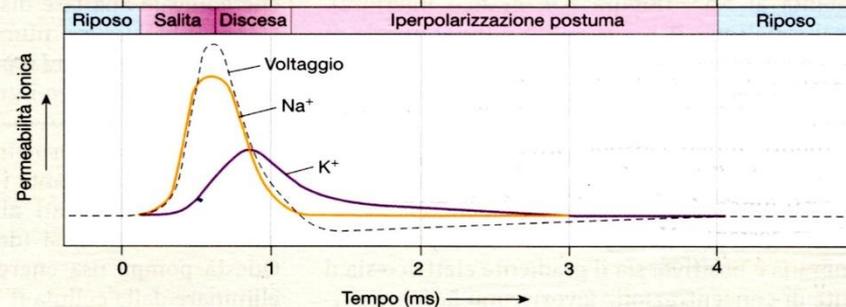
Proprietà degli stimoli sensoriali

Potenziale d'azione

Variazioni permeabilità ioniche (P_{ion}) lungo l'assone creano flusso ionico e variazioni di voltaggio.



- 1 Potenziale di membrana a riposo.
- 2 Stimolo depolarizzante.
- 3 La membrana si depolarizza fino alla soglia. I canali voltage-dipendenti per il Na^+ e per il K^+ iniziano ad aprirsi.
- 4 Il rapido ingresso di Na^+ depolarizza la cellula.
- 5 I canali per il Na^+ si chiudono e i canali per il K^+ , più lenti, si aprono.
- 6 Il K^+ si sposta dalla cellula nel liquido extracellulare.
- 7 I canali per il K^+ rimangono aperti e il K^+ continua a uscire dalla cellula, iperpolarizzandola.
- 8 I canali voltage-dipendenti per il K^+ si chiudono gradualmente; una minore quantità di K^+ esce dalla cellula.
- 9 La cellula torna alla condizione di permeabilità ionica di riposo e quindi al potenziale di membrana a riposo.

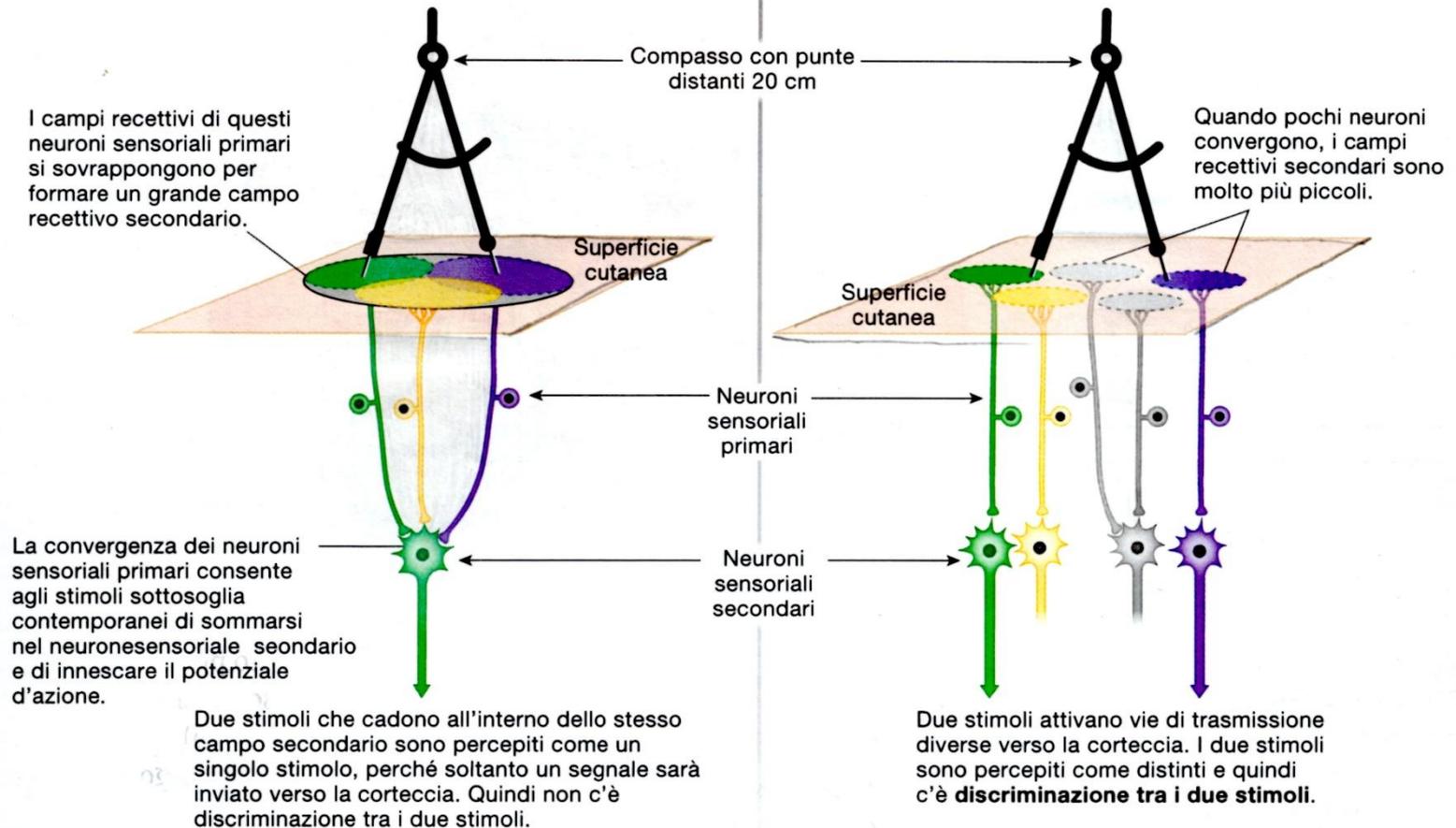


Vie dei neuroni sensoriali

CAMPI RECETTIVI DEI NEURONI SENSORIALI

(a) La convergenza crea un campo recettivo molto grande.

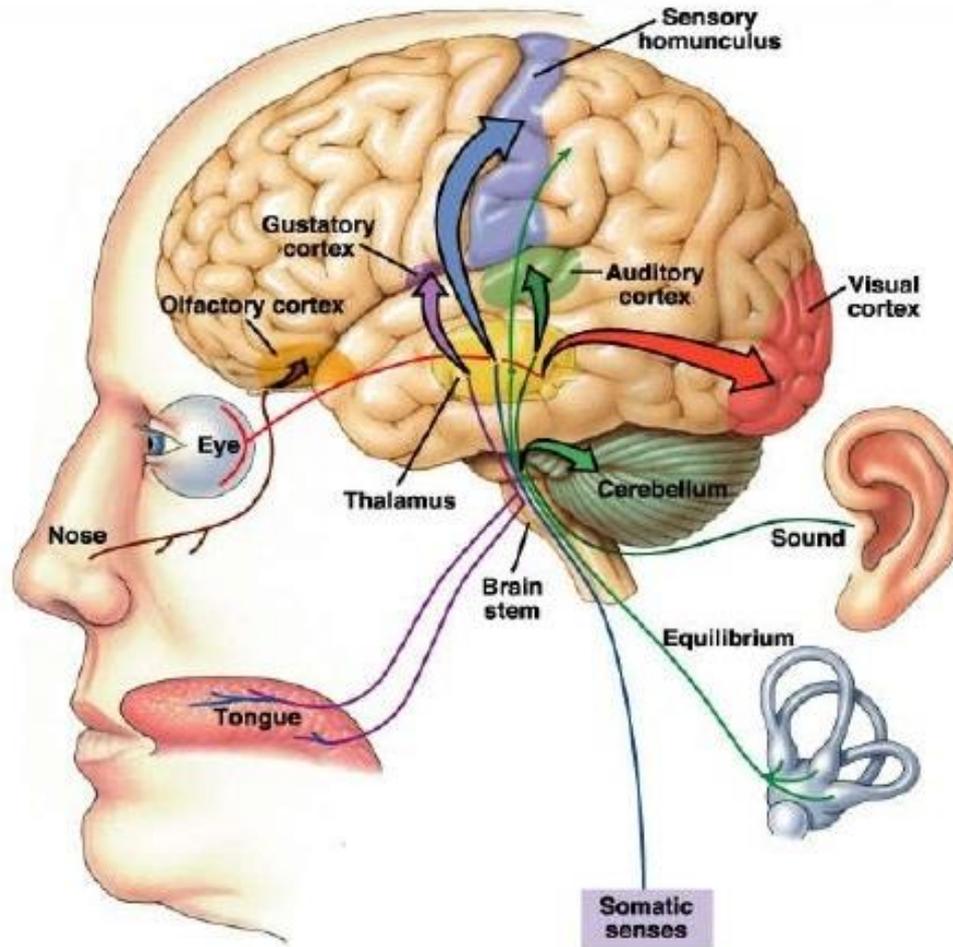
(b) Campi recettivi piccoli si trovano in molte aree sensitive.



Vie sensoriali

- Dagli organi periferici i diversi tipi di informazioni sensoriali percorrono delle vie sensoriali per specifiche aree dell'encefalo.
- Tali aree sono spesso zone di collegamento, elaborazione e trasferimento delle informazioni verso gli emisferi cerebrali.
- Da queste aree di smistamento e di cooperazione le vie nervose arrivano infine alla zone specifiche della corteccia cerebrale dove diventeranno percezioni coscienti.

Vie sensoriali



Vie dei neuroni sensoriali

- **Trasduzione:** conversione dello stimolo in depolarizzazione della membrana cellulare (potenziale elettrico)
- **Conduzione:** trasporto dell'impulso elettrico tramite sinapsi e trasferimento del messaggio sensoriale
- **Percezione:** trasformazione dei dati sensoriali in esperienza complessa grazie all'elaborazione del SNC

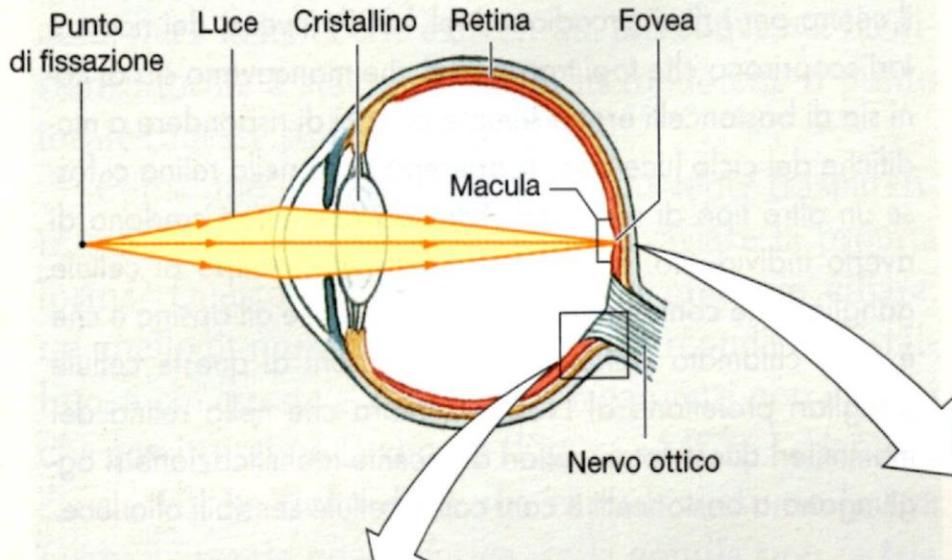


La funzione visiva

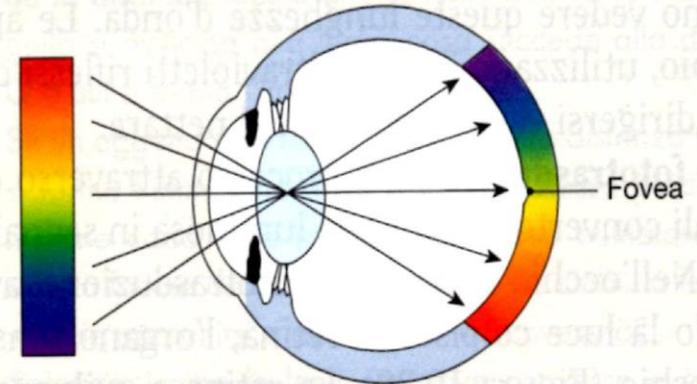


La funzione visiva

(a) Vista dorsale di una sezione dell'occhio destro

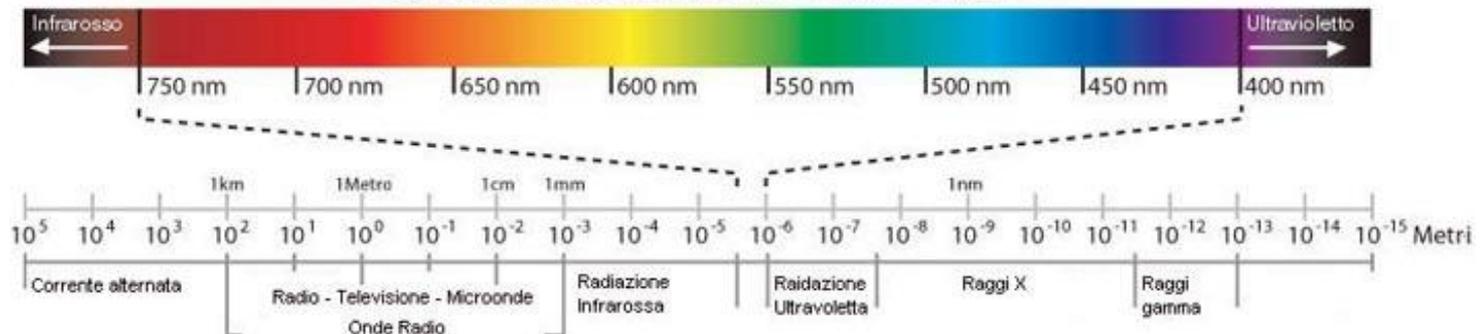


(b) L'immagine sulla retina è proiettata capovolta. I processi visivi cerebrali la invertono nuovamente, raddrizzandola.

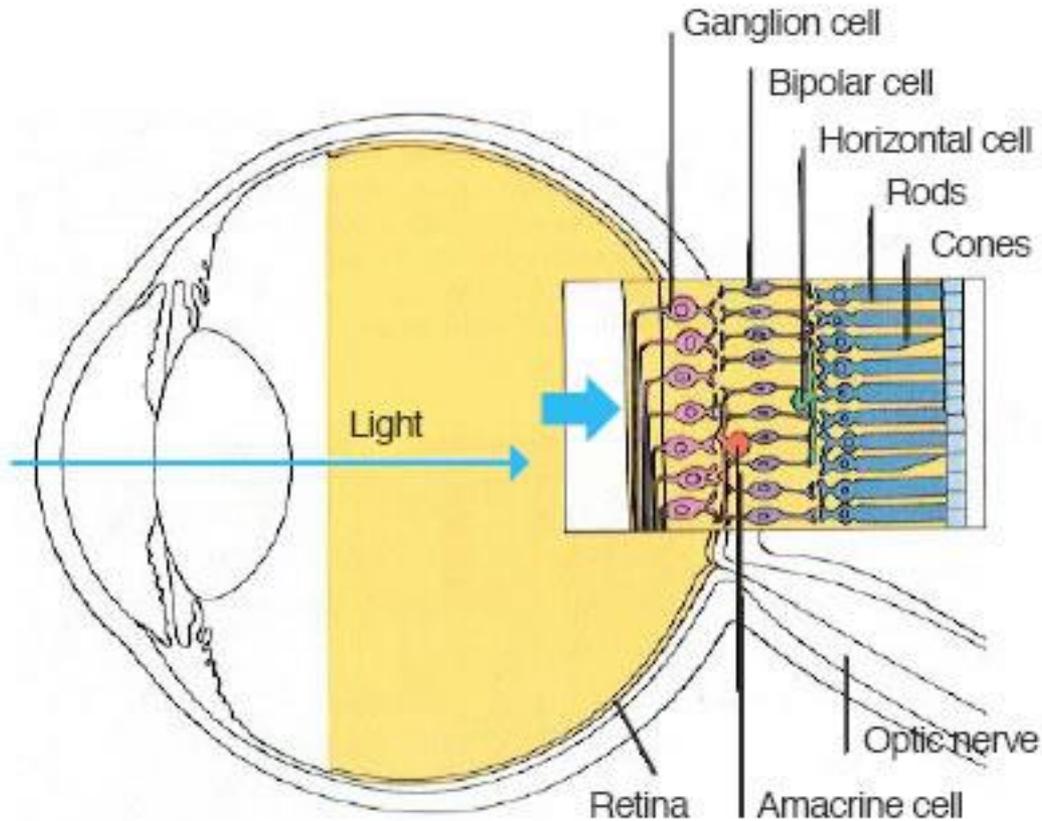


(d) Nella fovea la luce colpisce direttamente i fotorecettori perché i neuroni degli strati sovrastanti sono spostati di lato.

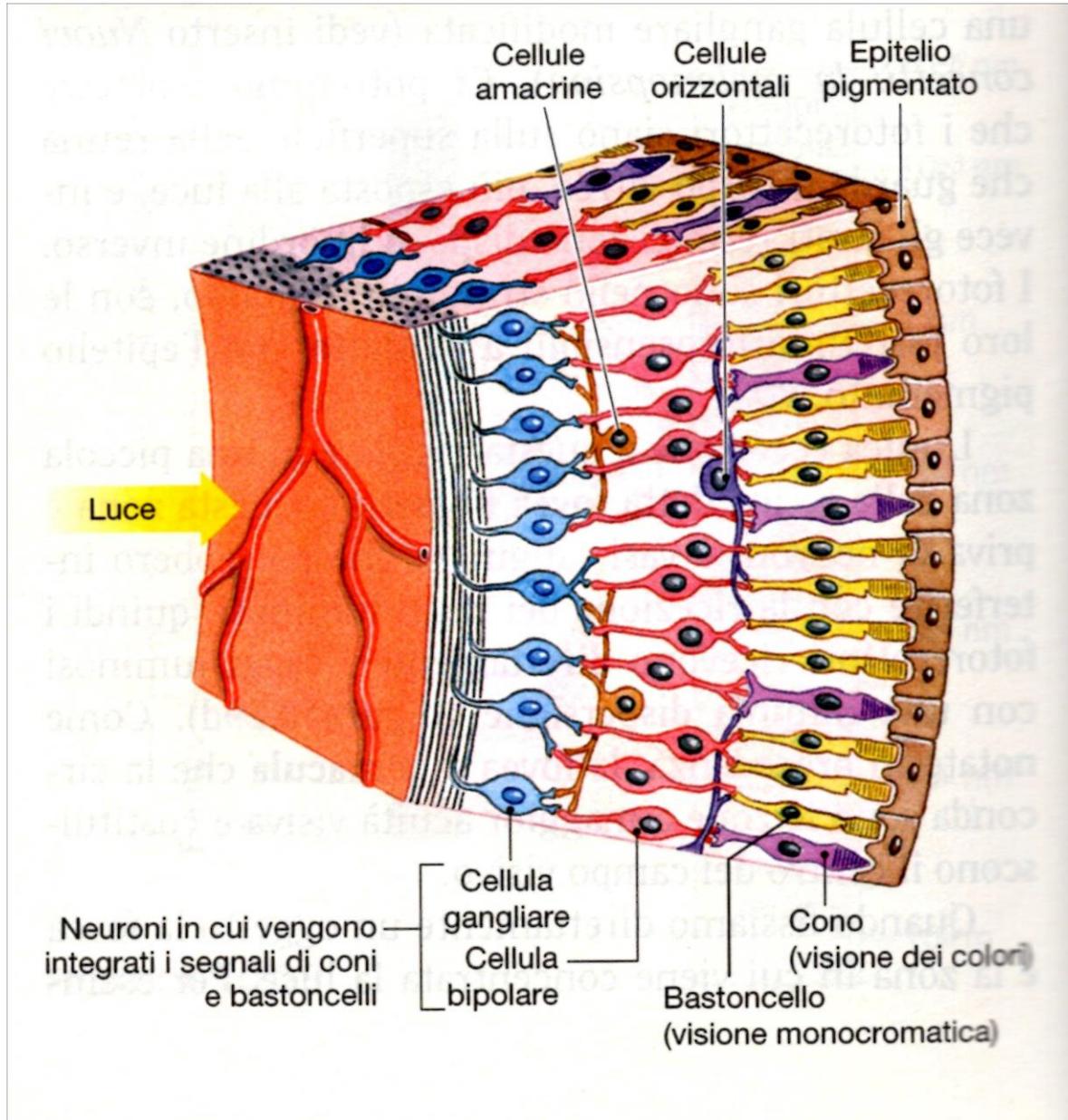
Spettro di luce visibile all'occhio umano



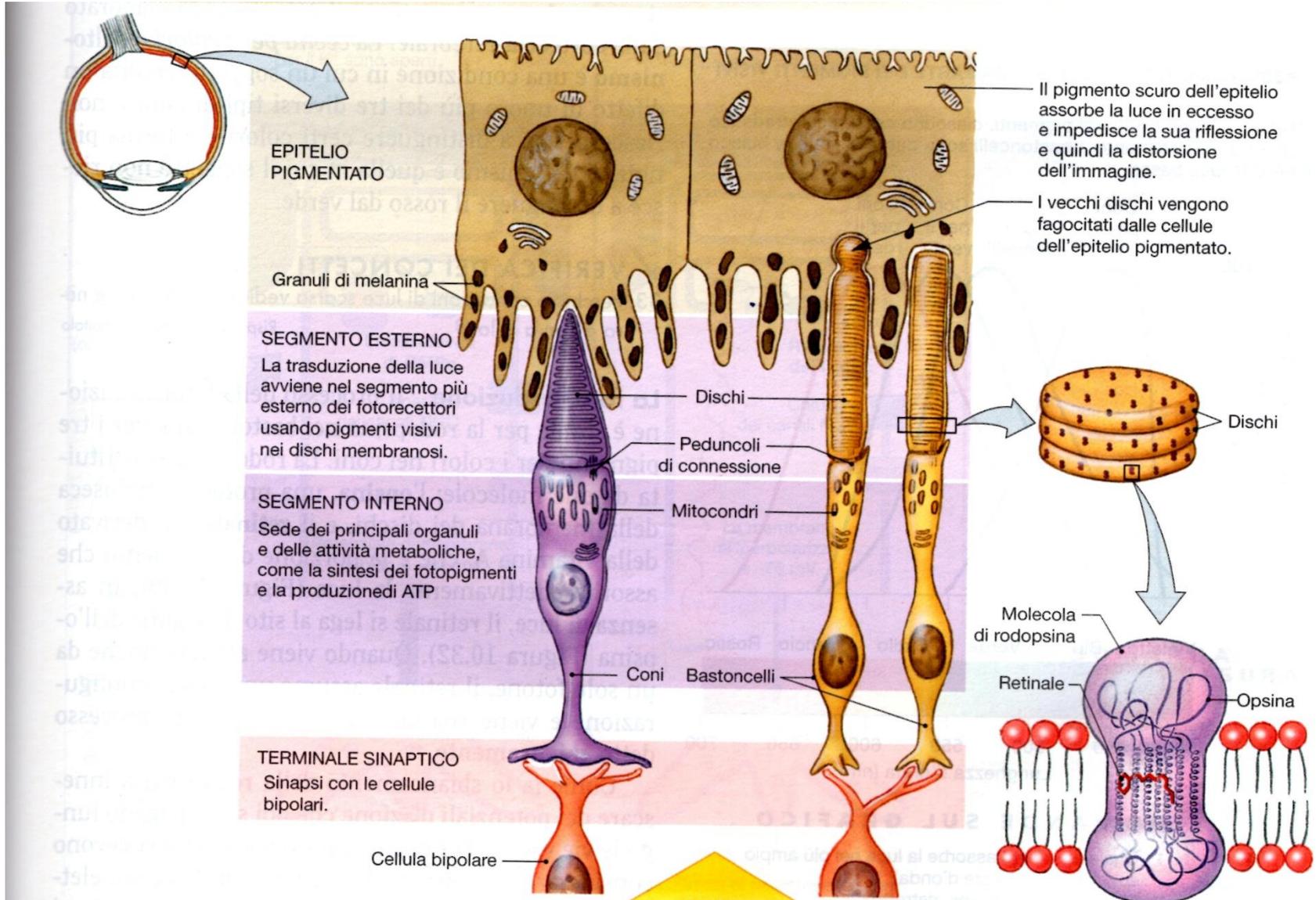
La funzione visiva



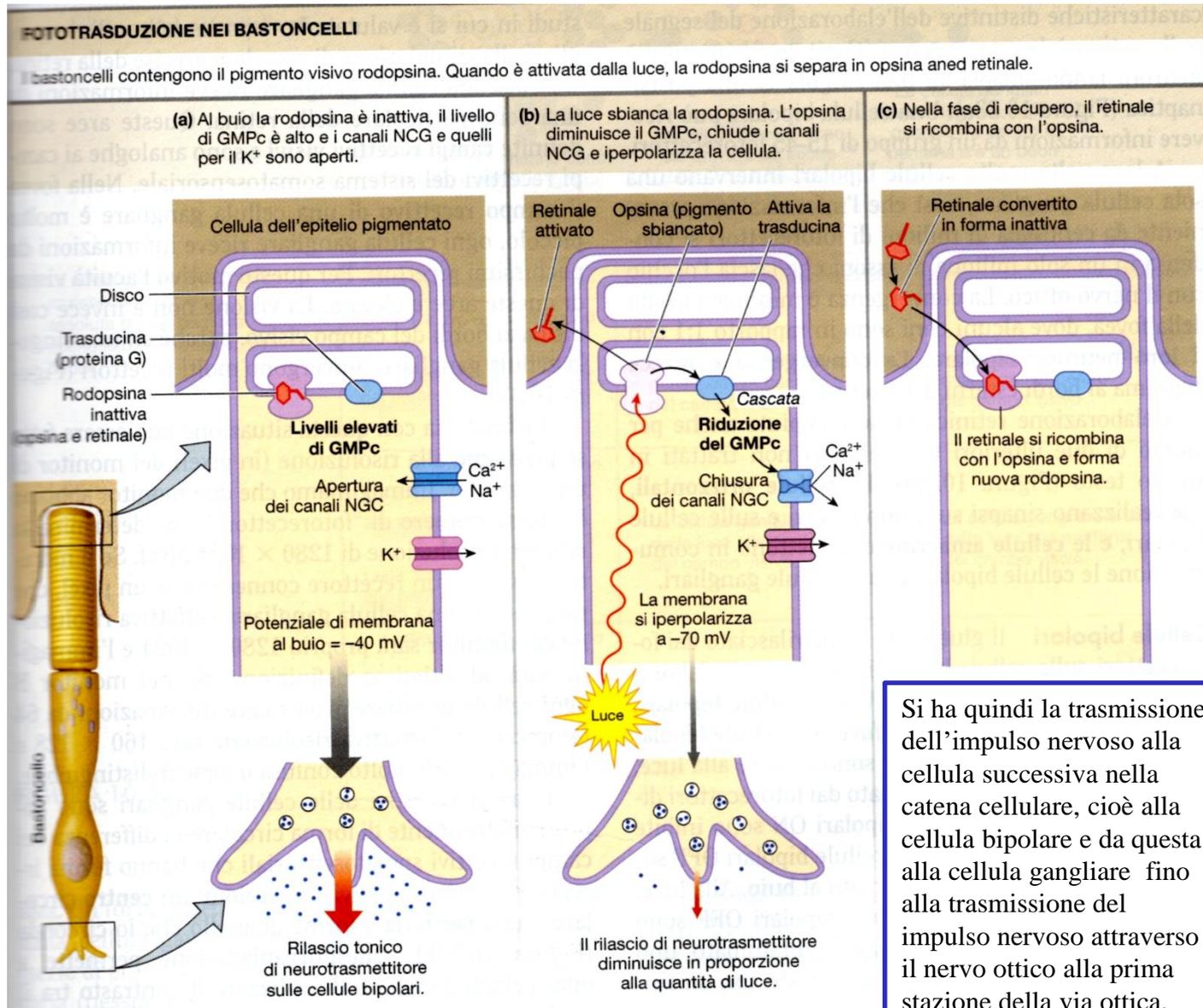
La funzione visiva

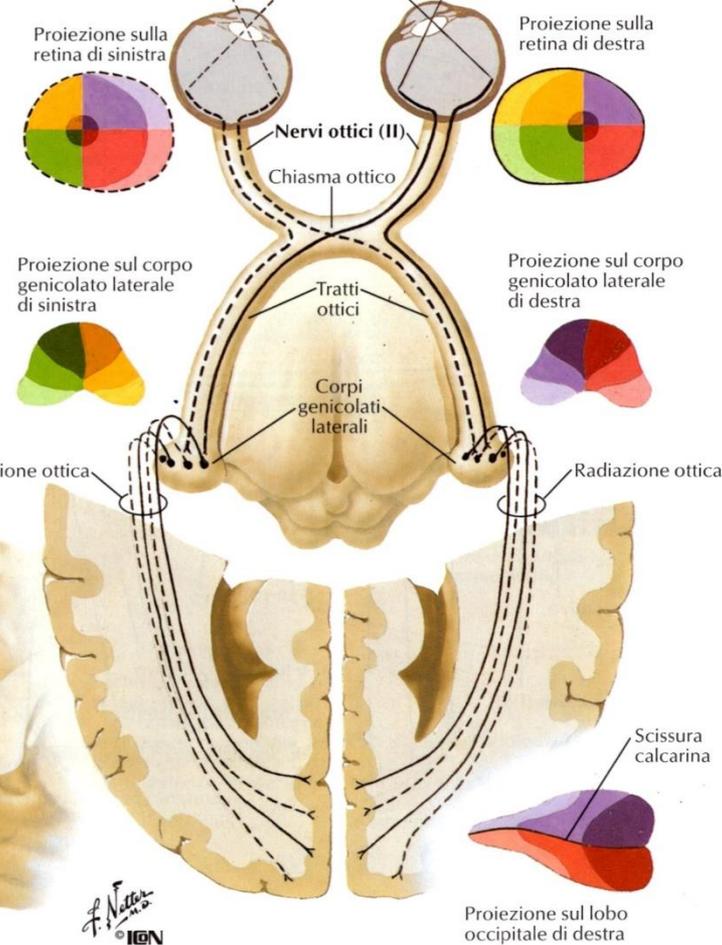
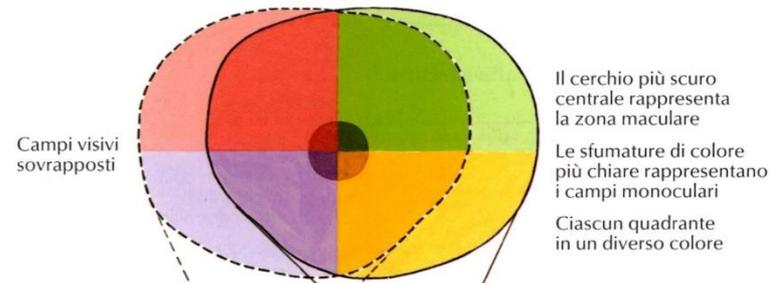
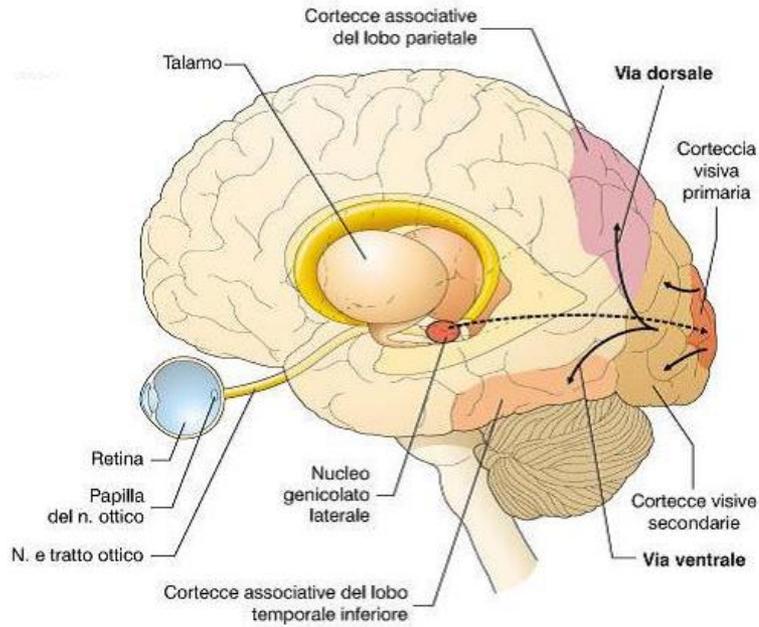


La funzione visiva



La funzione visiva





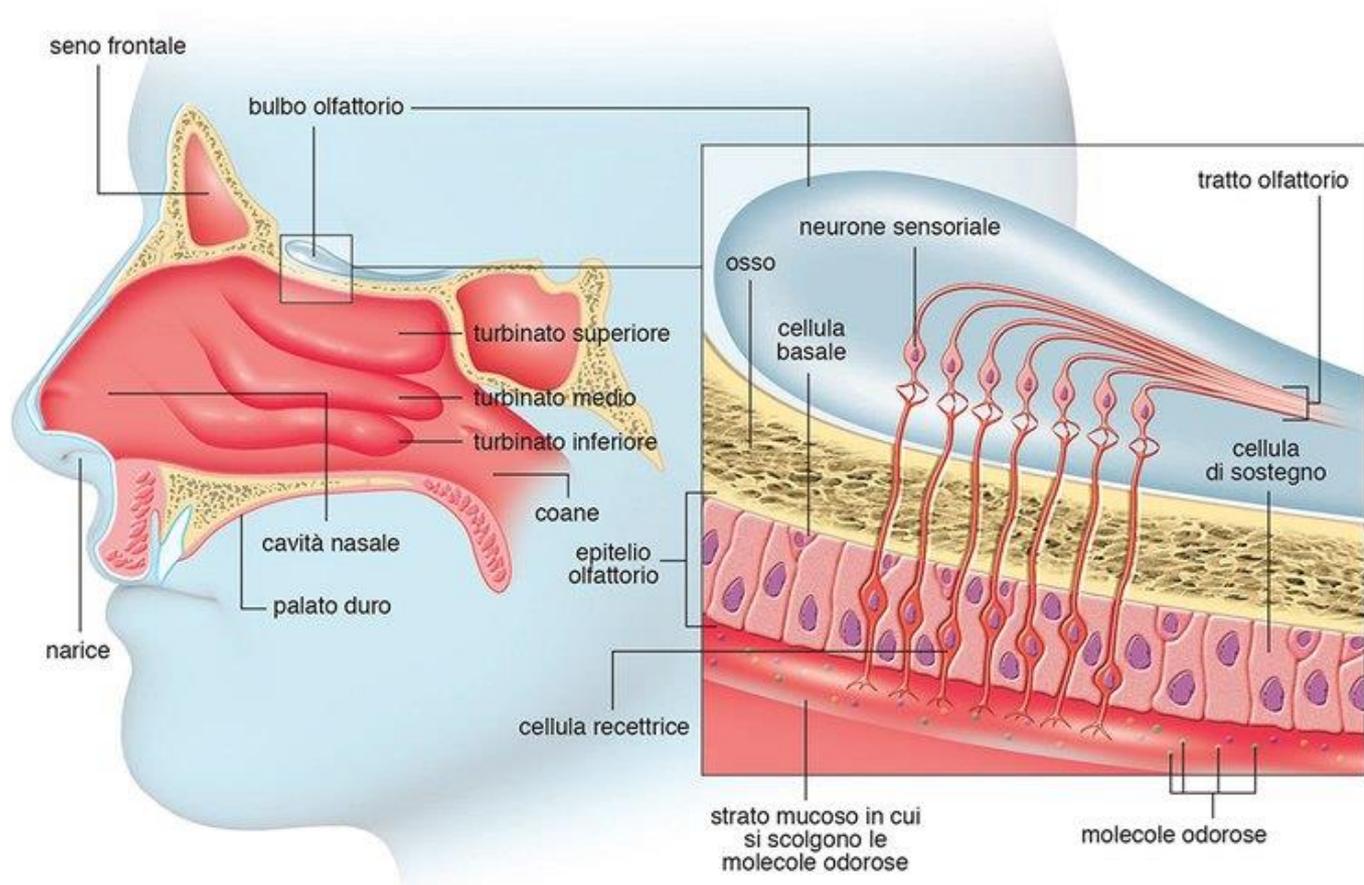
F. Natta
 IGIN



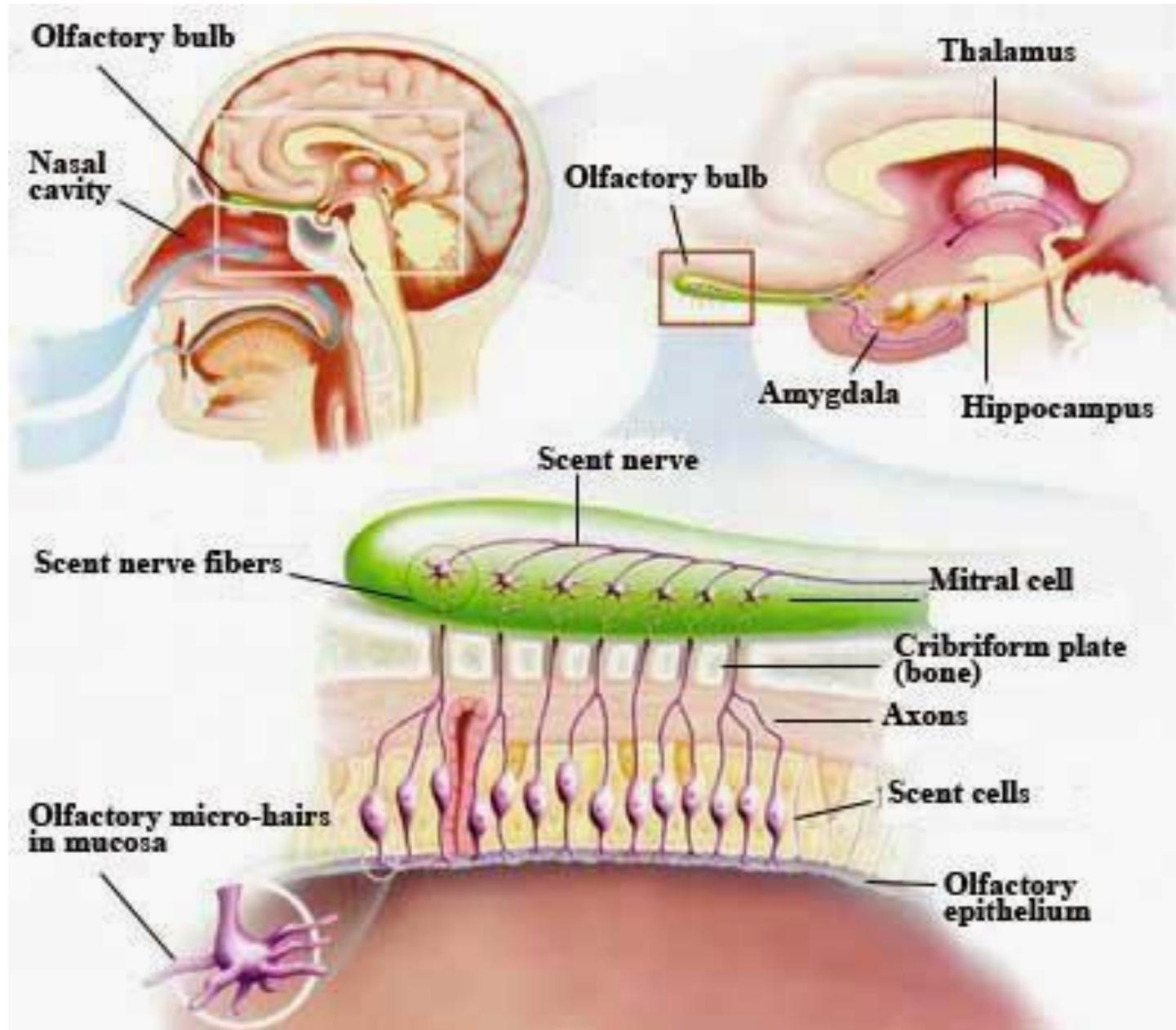
L'olfatto



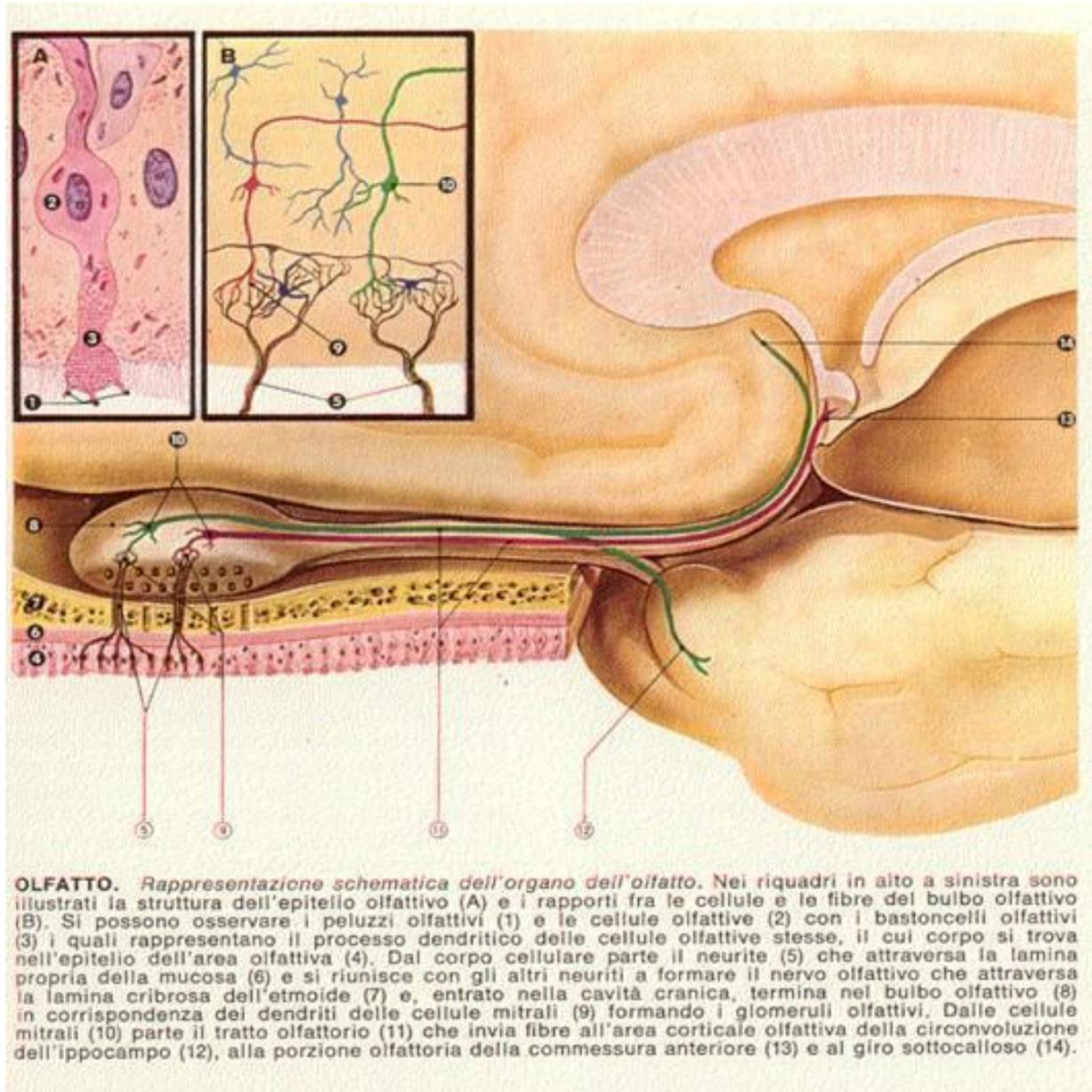
L'olfatto



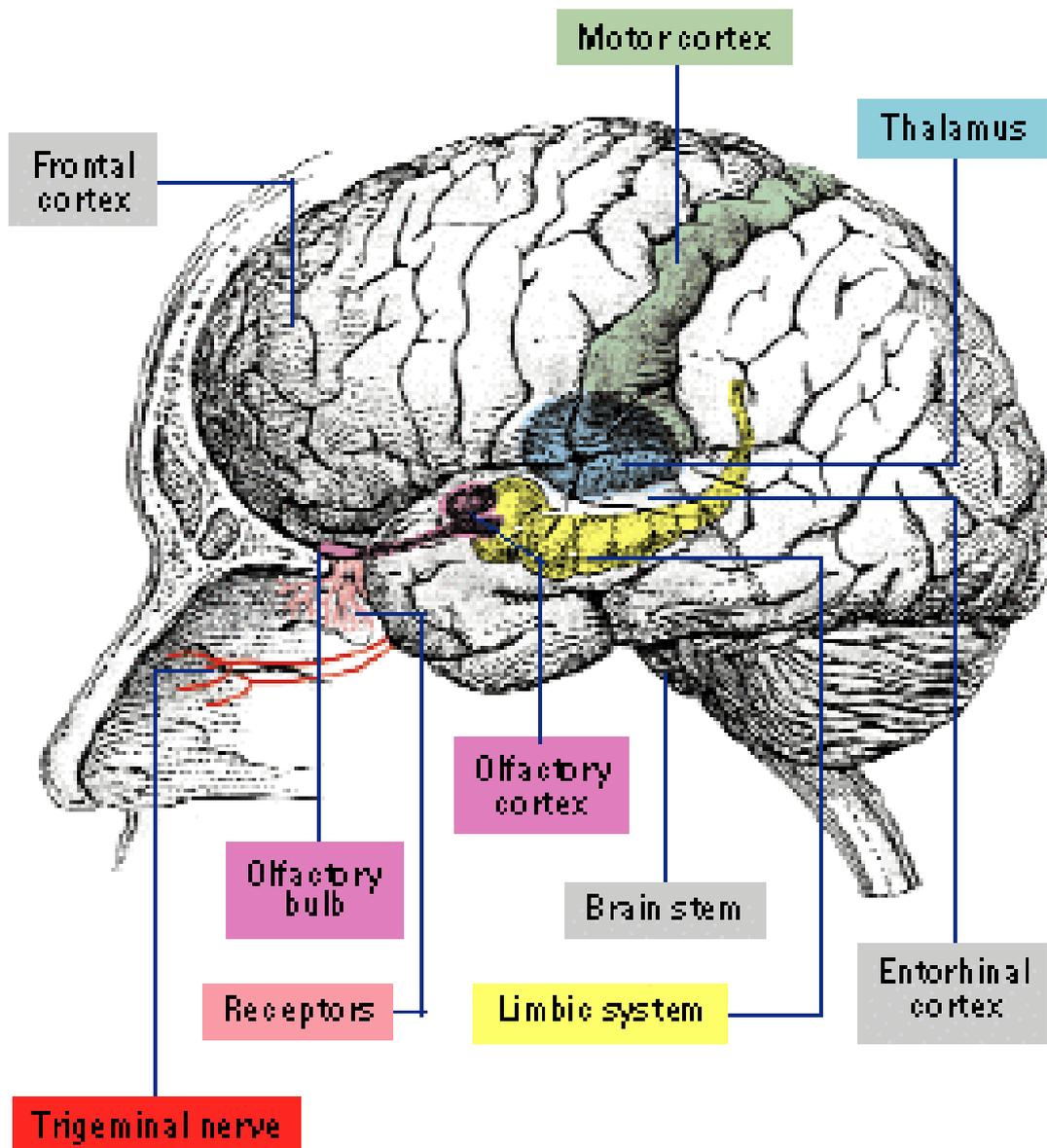
L'olfatto



L'olfatto



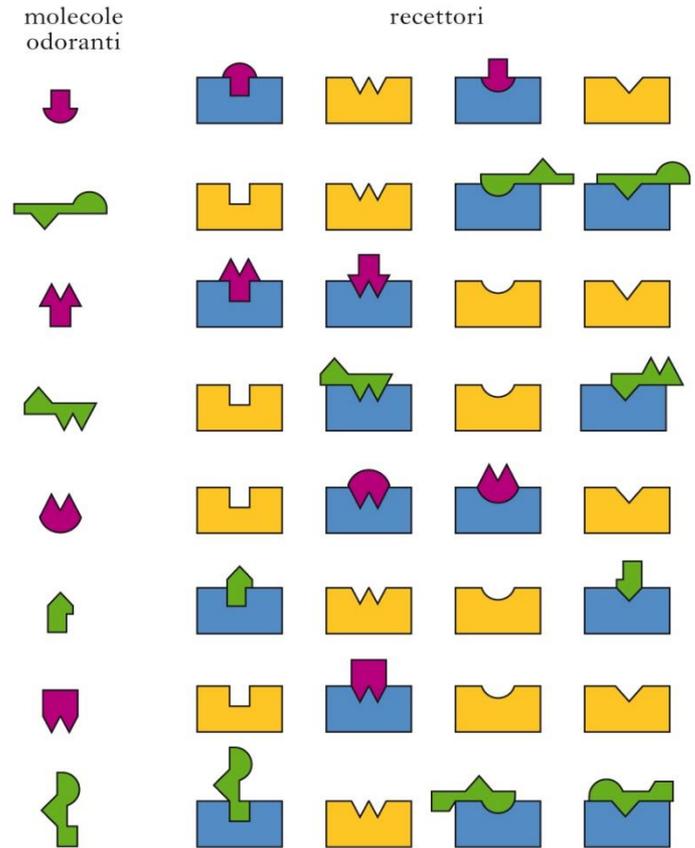
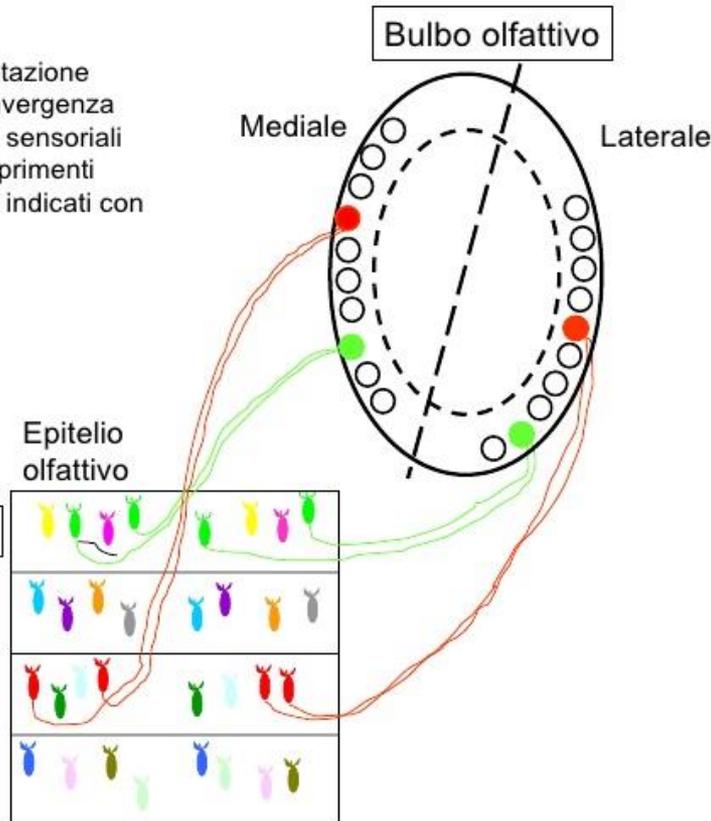
L'olfatto



L'olfatto

Figura 5. Rappresentazione schematica della convergenza assonale dei neuroni sensoriali olfattivi. I neuroni esprimenti recettori diversi sono indicati con colori diversi.

I neuroni sensoriali che esprimono lo stesso recettore, sebbene distribuiti in modo pressoché casuale nell'epitelio, convergono con estrema precisione a formare glomeruli in posizioni precise del bulbo olfattivo.

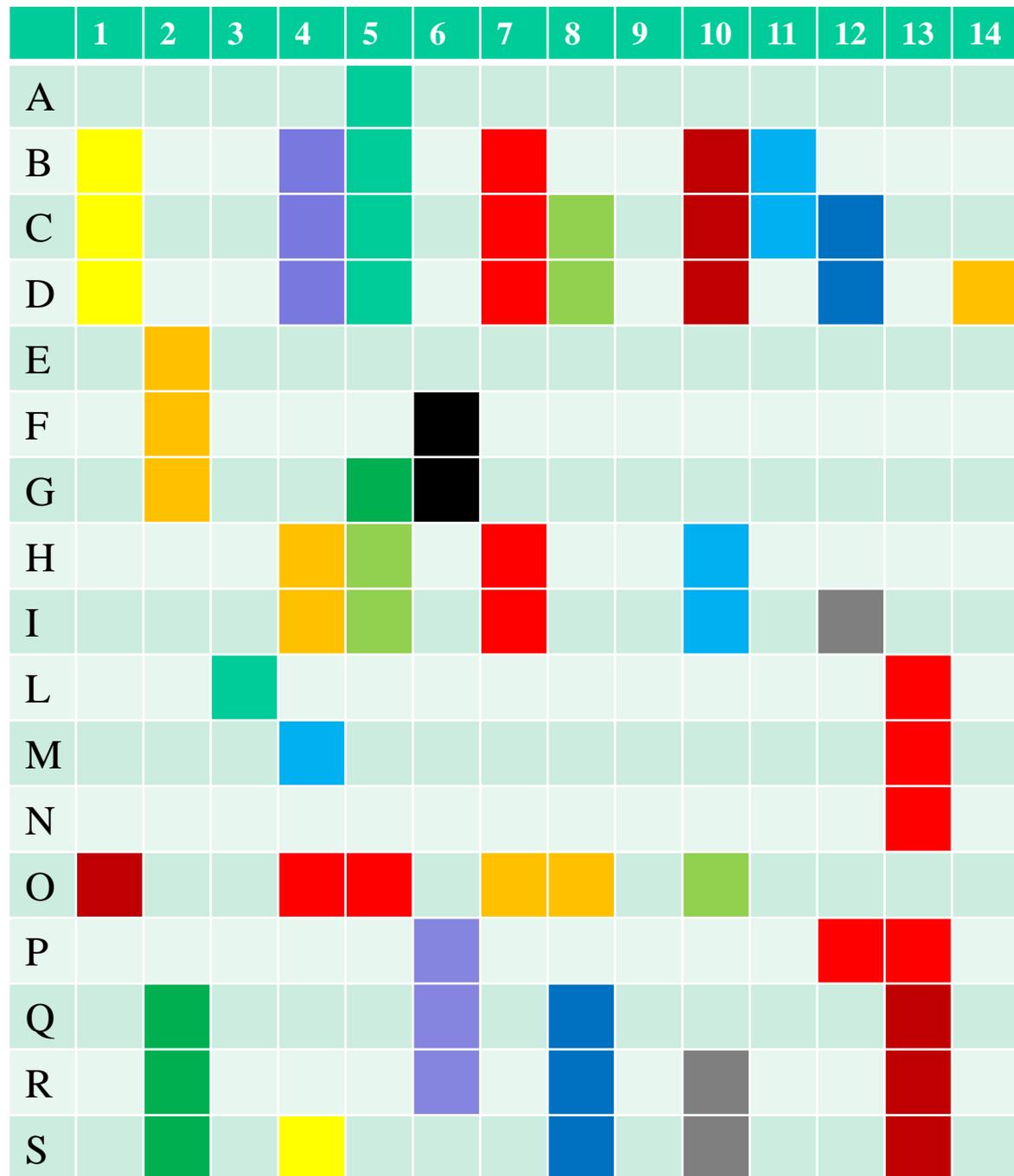


Ogni odore attiva un certo numero di recettori.

Ogni recettore è attivato da più odori.

Ogni composto odoroso attiva una combinazione unica e caratteristica di neuroni.

Tramite questo meccanismo combinatorio una ristretta gamma di recettori distingue un numero elevato di odori. Come le lettere dell'alfabeto formano le parole.



Humans can discriminate more than 1 trillion olfactory stimuli.

Bushdid C, Magnasco MO, Vosshall LB, Keller A

Science 343, 1370-1372 (2014)

Categorical dimension of human odor descriptor space revealed by non-negative matrix factorization

Castro J, Ramanathan A, Chennubhotla C

PLOS ONE Sept 2013 8(9): e 73289

A Designated Odor–Language Integration System in the Human Brain

Olofsson JK, Hurley RS, Bowman NE, Bao X, Mesulam MM, Gottfried JA

The Journal of Neuroscience, Nov 5, 2014 • 34(45):14864–73

L'olfatto

Nel corredo genico dell'essere umano esistono circa 1000 geni (circa il 3% dell'intero intero genoma) che codificano per i recettori olfattivi

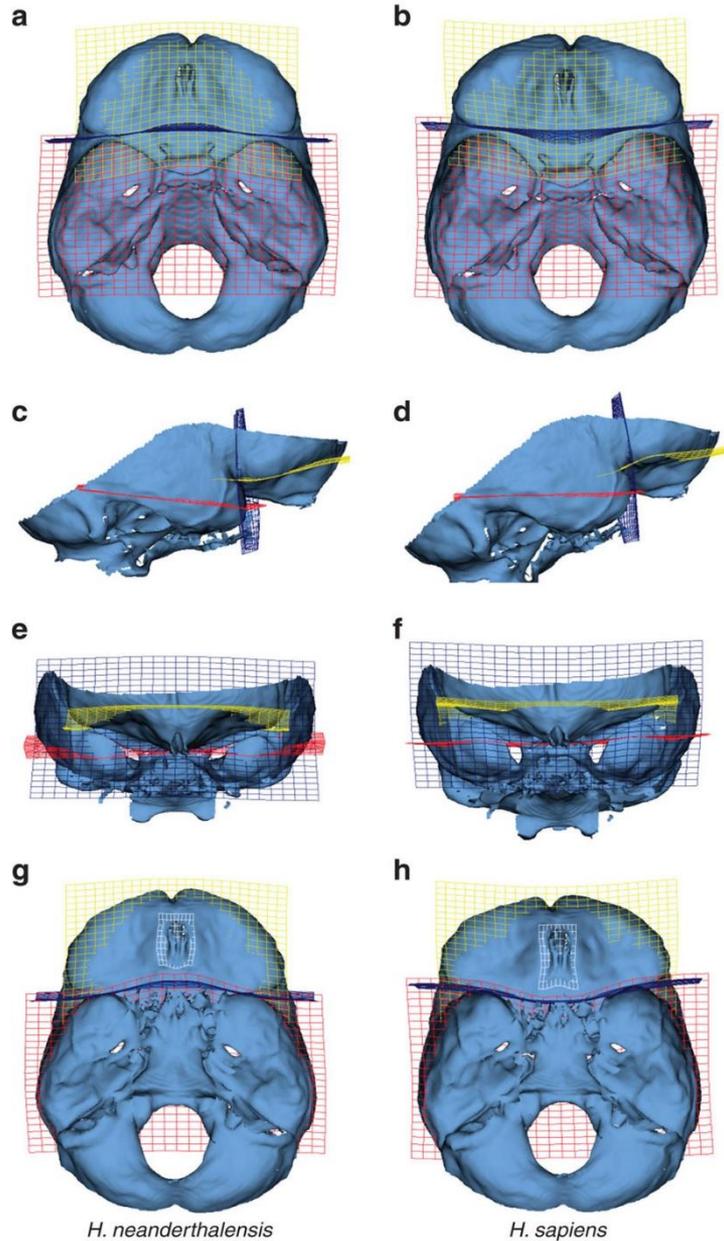
Oltre a questi, esistono circa 300 pseudogeni olfattivi, cioè geni che nel corso dell'evoluzione hanno perso la loro attività codificante.

Un altro compito fondamentale ma misconosciuto dell'olfatto, è quello di integrare il senso del gusto e anzi, addirittura, di determinare certe sensazioni che erroneamente definiamo gustative.



La biologa statunitense Linda B. Buck ha vinto nel 2004 il Premio Nobel per la medicina e la fisiologia insieme al collega Richard Axel per le ricerche sulla percezione degli odori

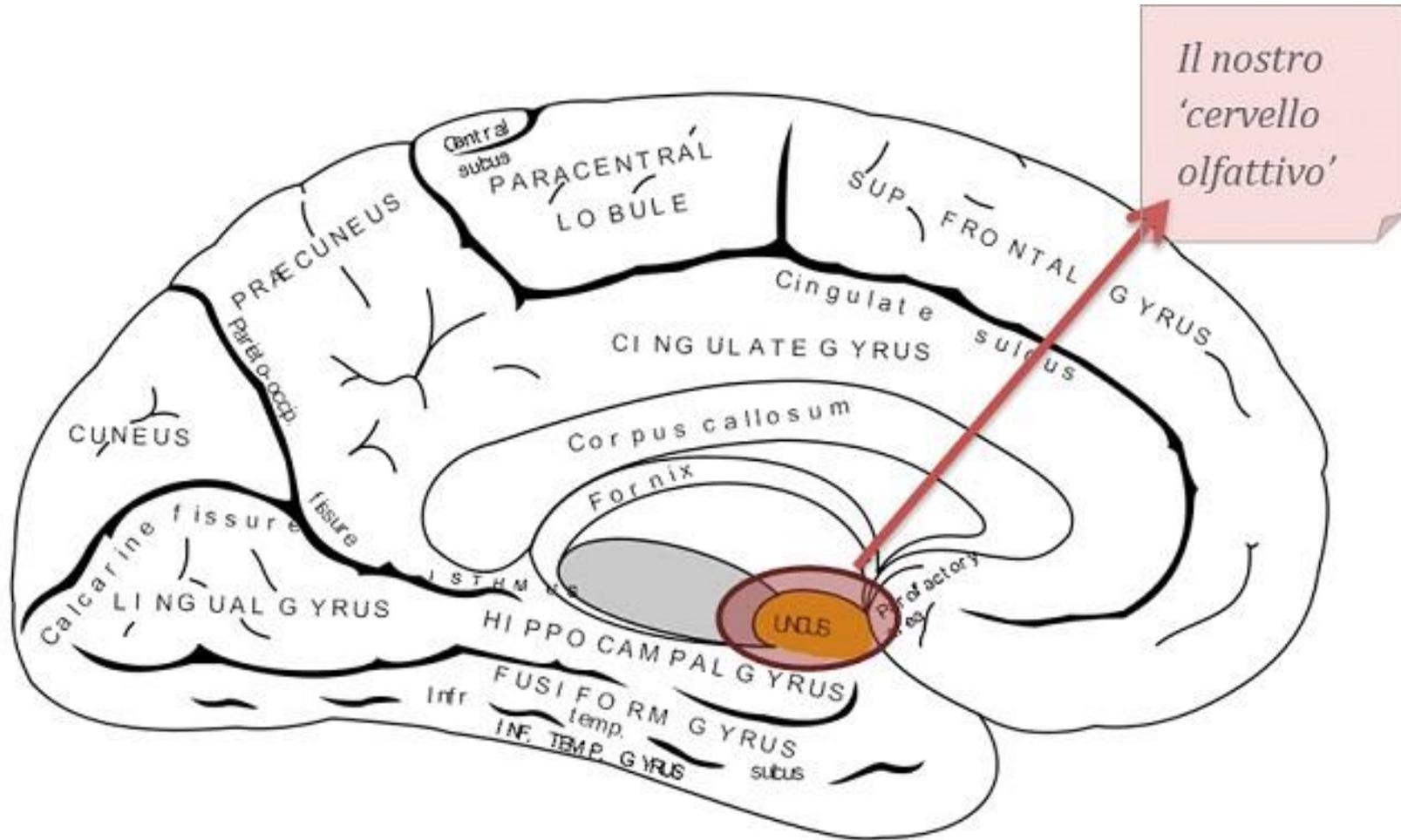
L'olfatto



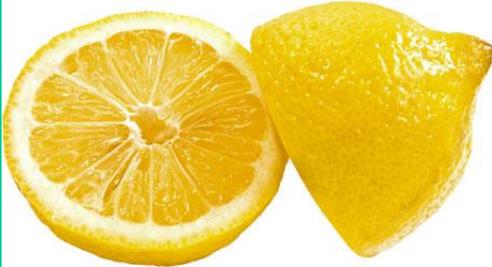
Bastir M, Rosas A, Gunz P, Peña-Melian A, Manzi G, Harvati K, Kruszynski R, Stringer C, Hublin JJ
Evolution of the base of the brain in highly encephalized human species

NATURE COMMUNICATIONS
2:588 DOI: 10.1038/ncomms1593
Published 13 Dec 2011

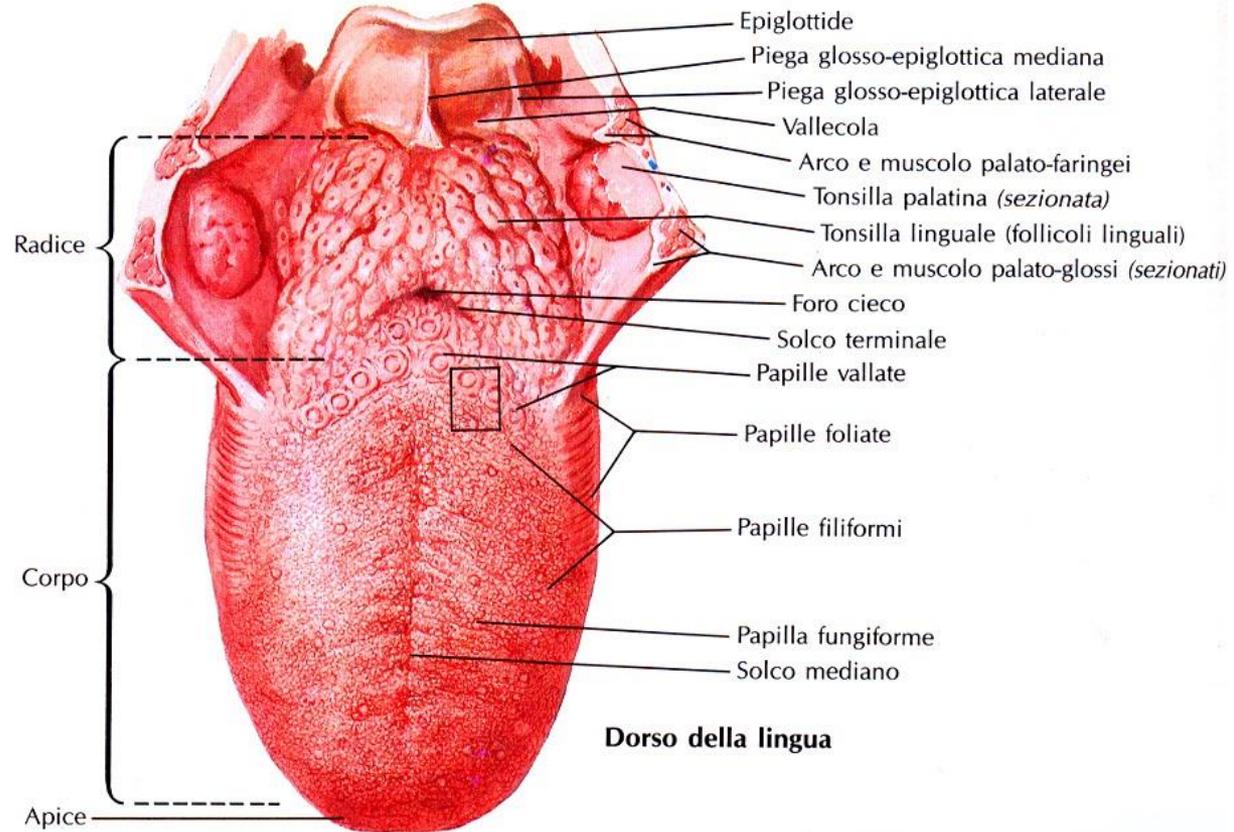
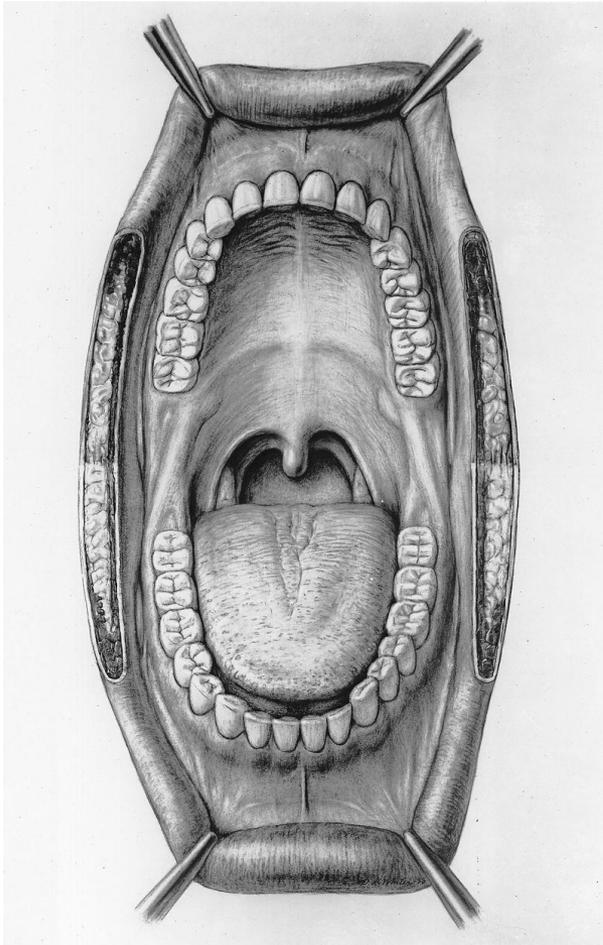
L'olfatto



Il gusto

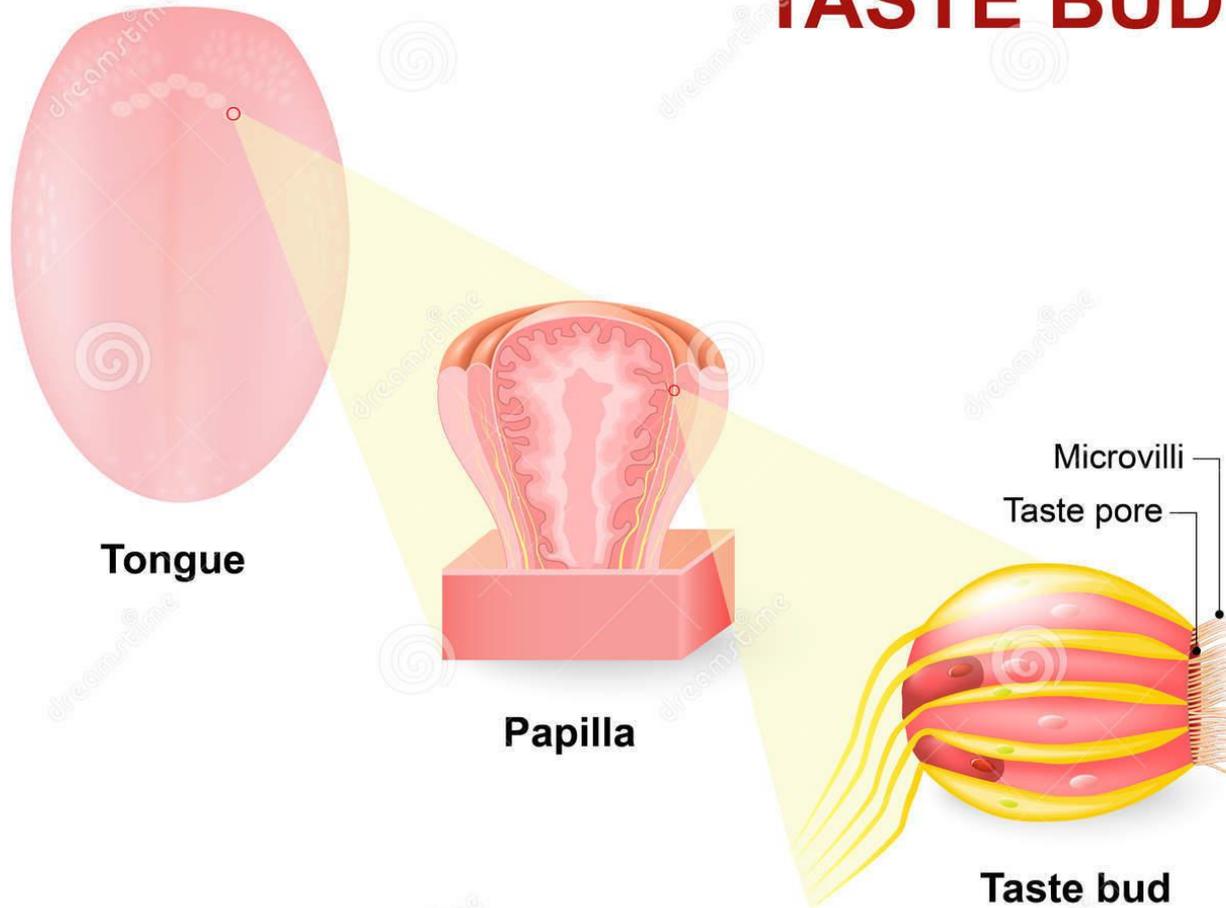


Il gusto



Il gusto

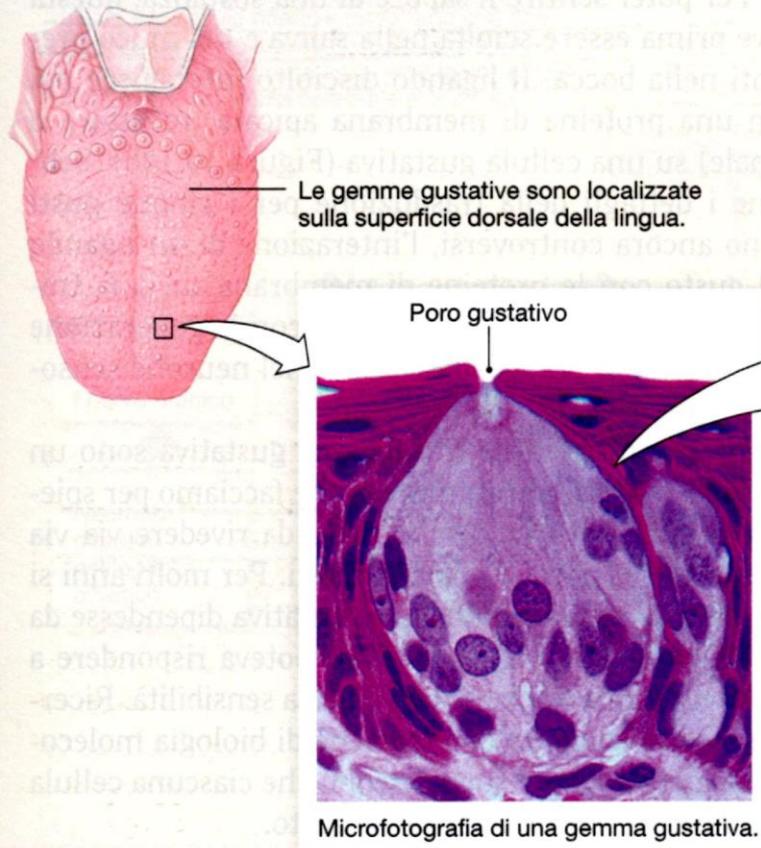
TASTE BUD



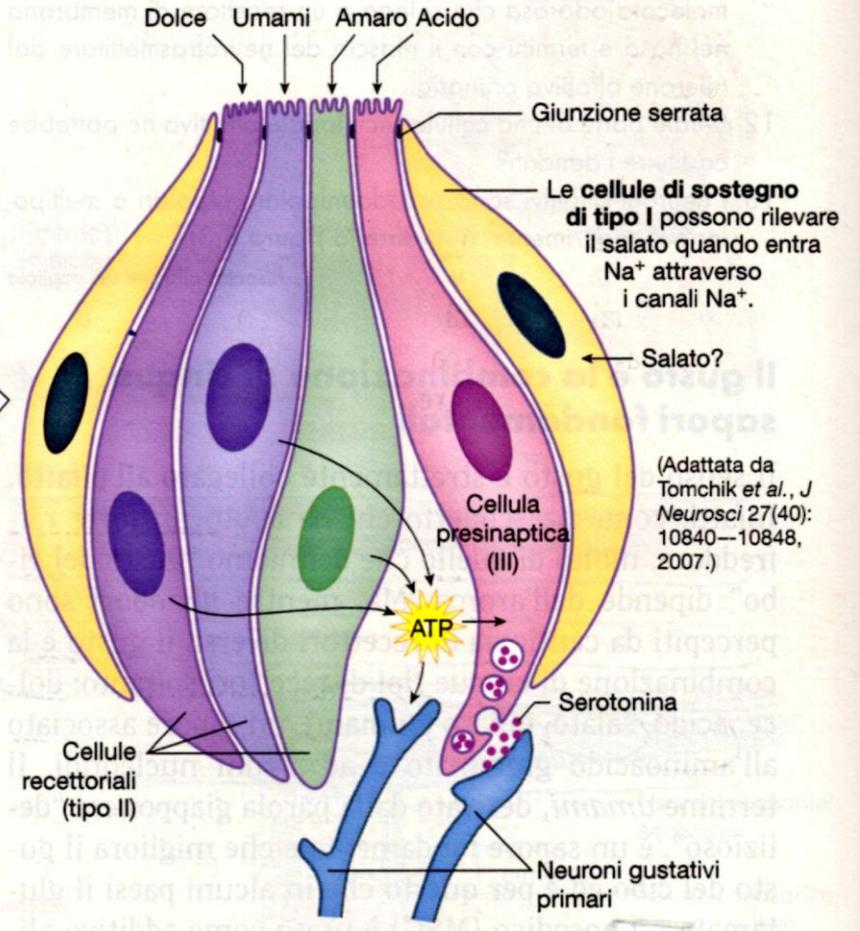
Il gusto

Gusto

(a) **Gemma gustativa.** Ogni gemma gustativa è costituita da cellule recettoriali gustative e da cellule di sostegno, collegate tra loro in prossimità della superficie apicale da giunzioni serrate.



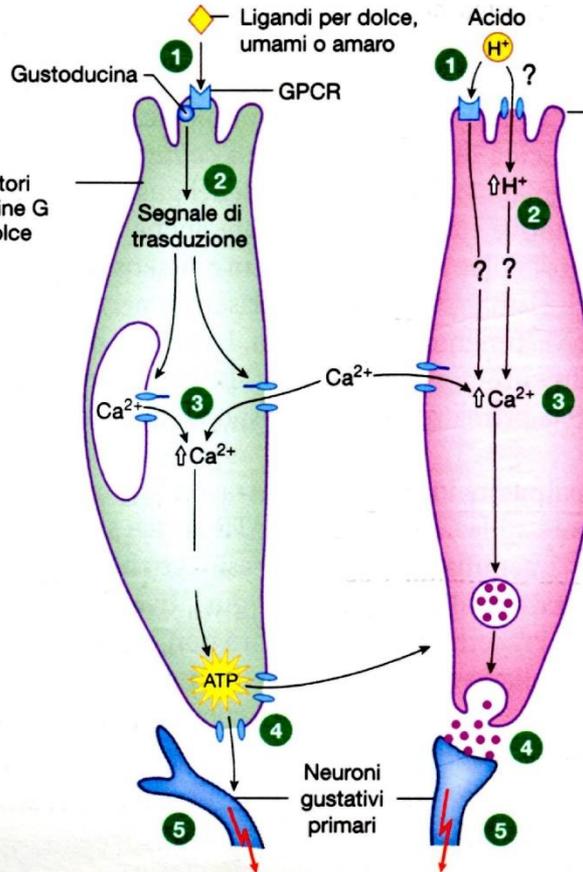
I ligandi gustativi creano segnali Ca^{2+} che determinano il rilascio di serotonina o di ATP.



Il gusto

(b) Traduzione gustativa. Ogni cellula gustativa si lega a un solo tipo di ligando.

Le **cellule recettoriali** con recettori di membrana accoppiati a proteine G si legano a ligandi per amaro, dolce e umami, e rilasciano ATP come neurotrasmettitore.



Le **cellule presinaptiche** rilevano il gusto acido (H^+) ma non è chiaro se H^+ agisca su un recettore o entri nella cellula.

1 I ligandi attivano i recettori per il gusto.

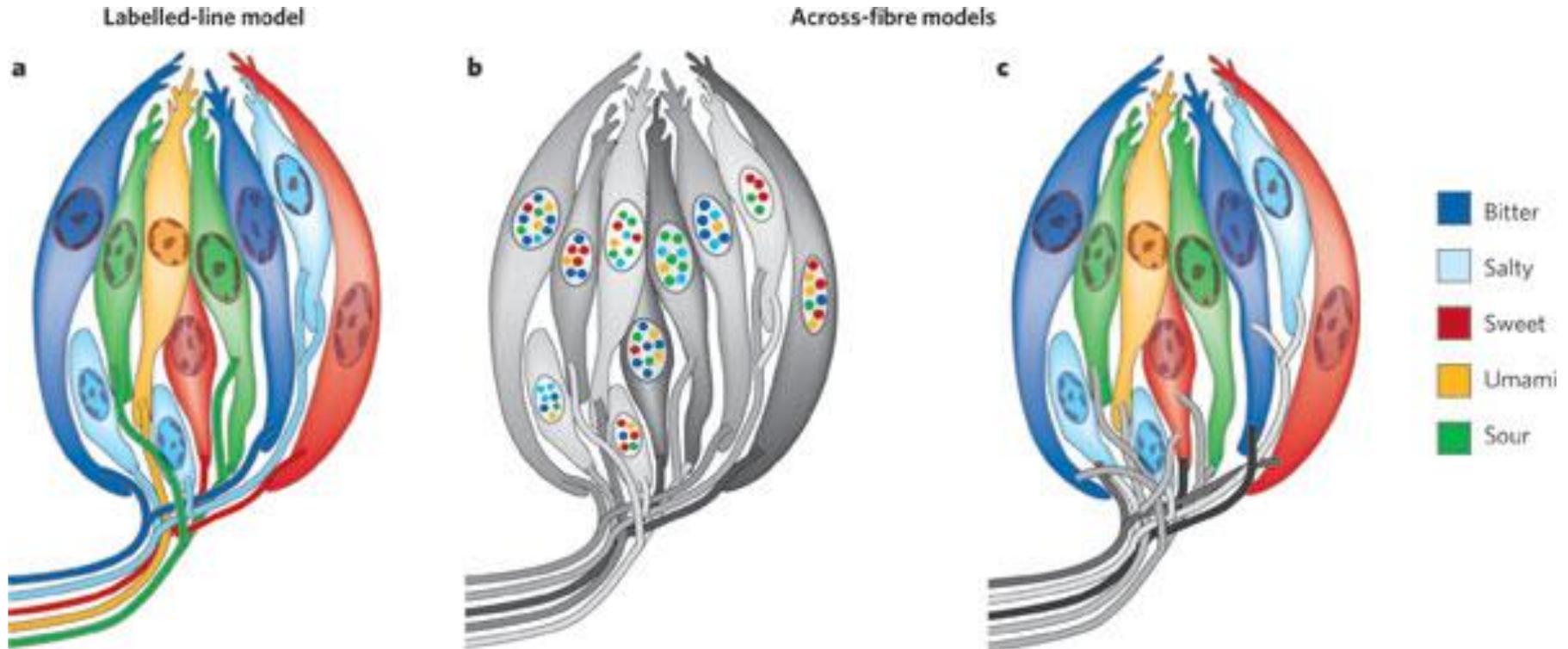
2 Si attivano vie intracellulari diverse.

3 Il segnale Ca^{2+} nel citoplasma induce l'esocitosi o la formazione di ATP.

4 Vengono rilasciati neurotrasmettitori o ATP.

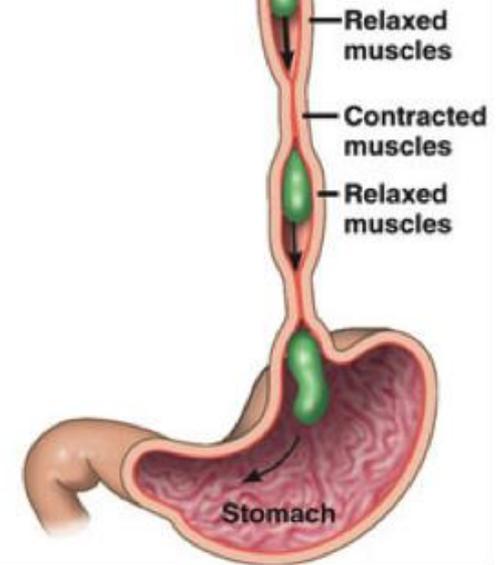
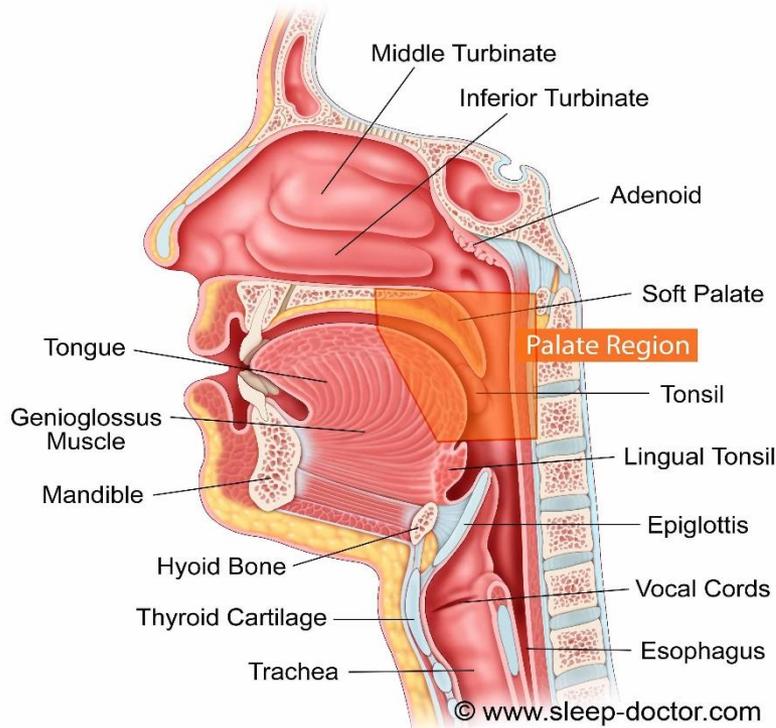
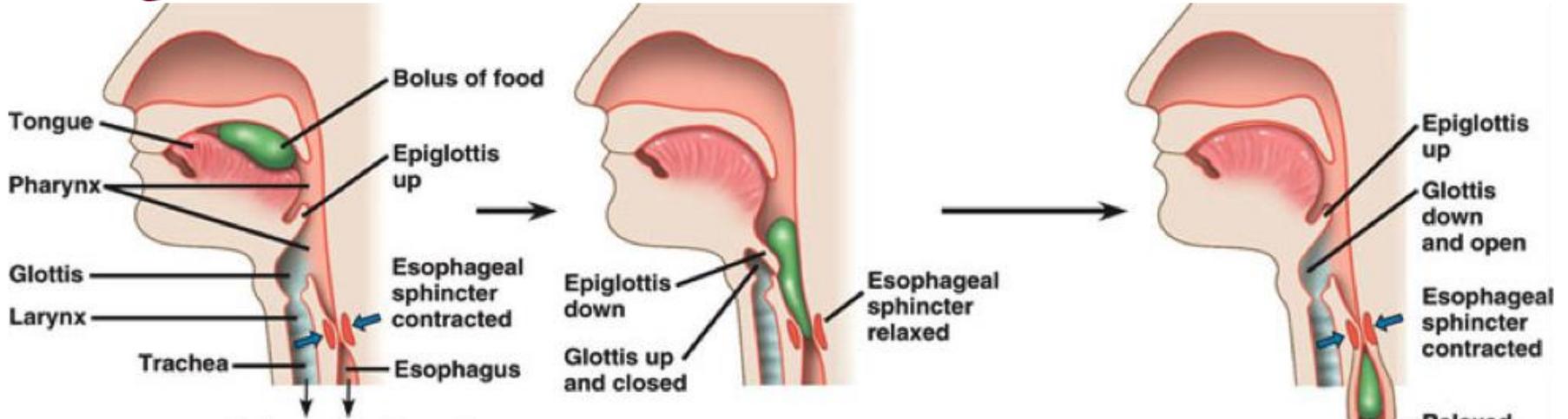
5 Nel neurone sensoriale primario si generano potenziali d'azione che si propagano verso l'encefalo.

Il gusto

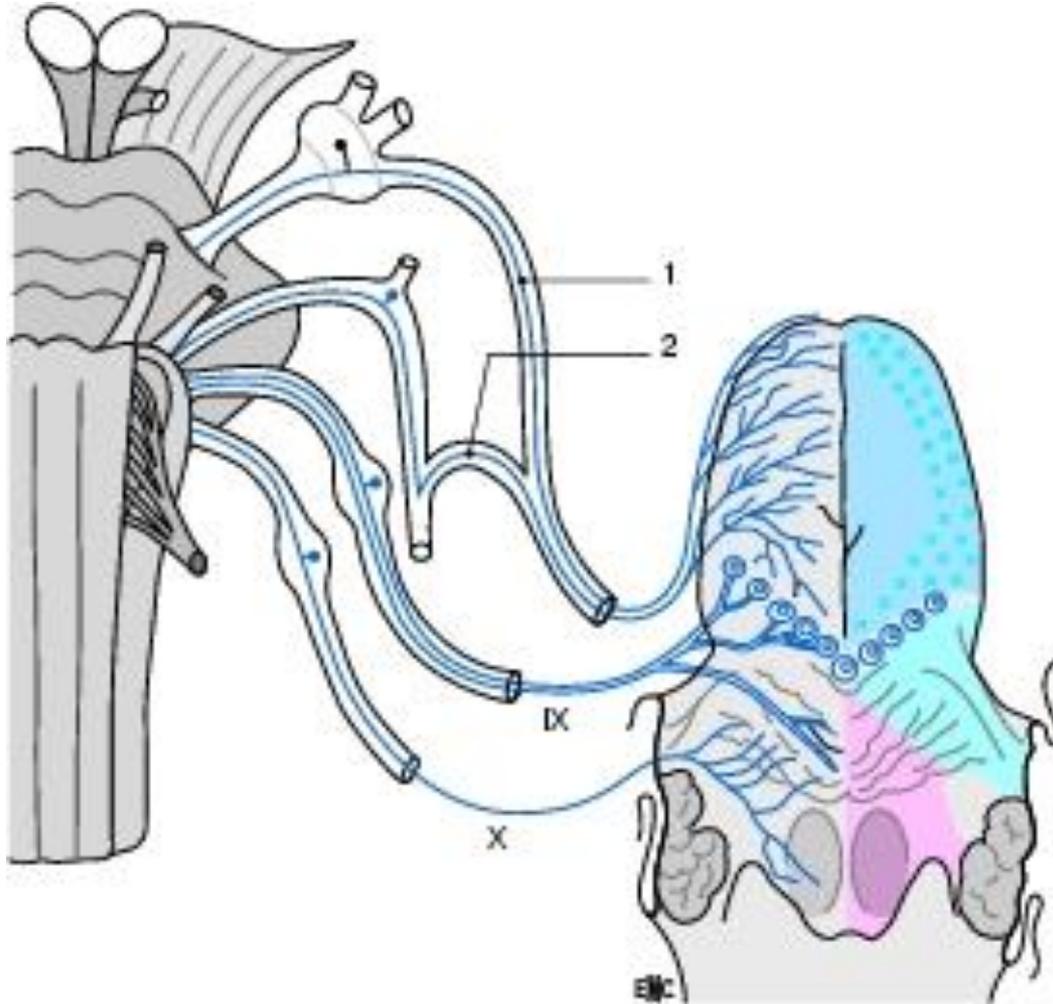


The receptor and cells for mammalian taste
Chandrashekar J, Hoon MA, Ryba NJP, Zuker CS
Nature 444, 288-294 16 Nov 2006

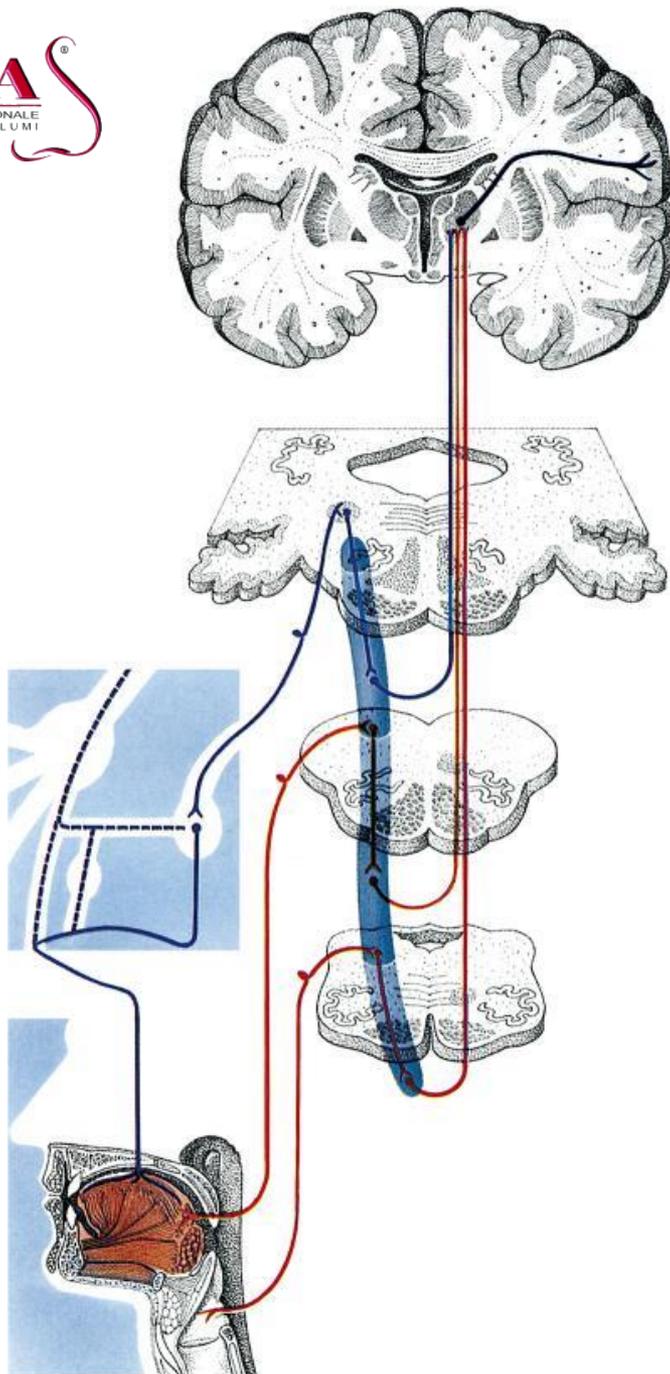
Il gusto



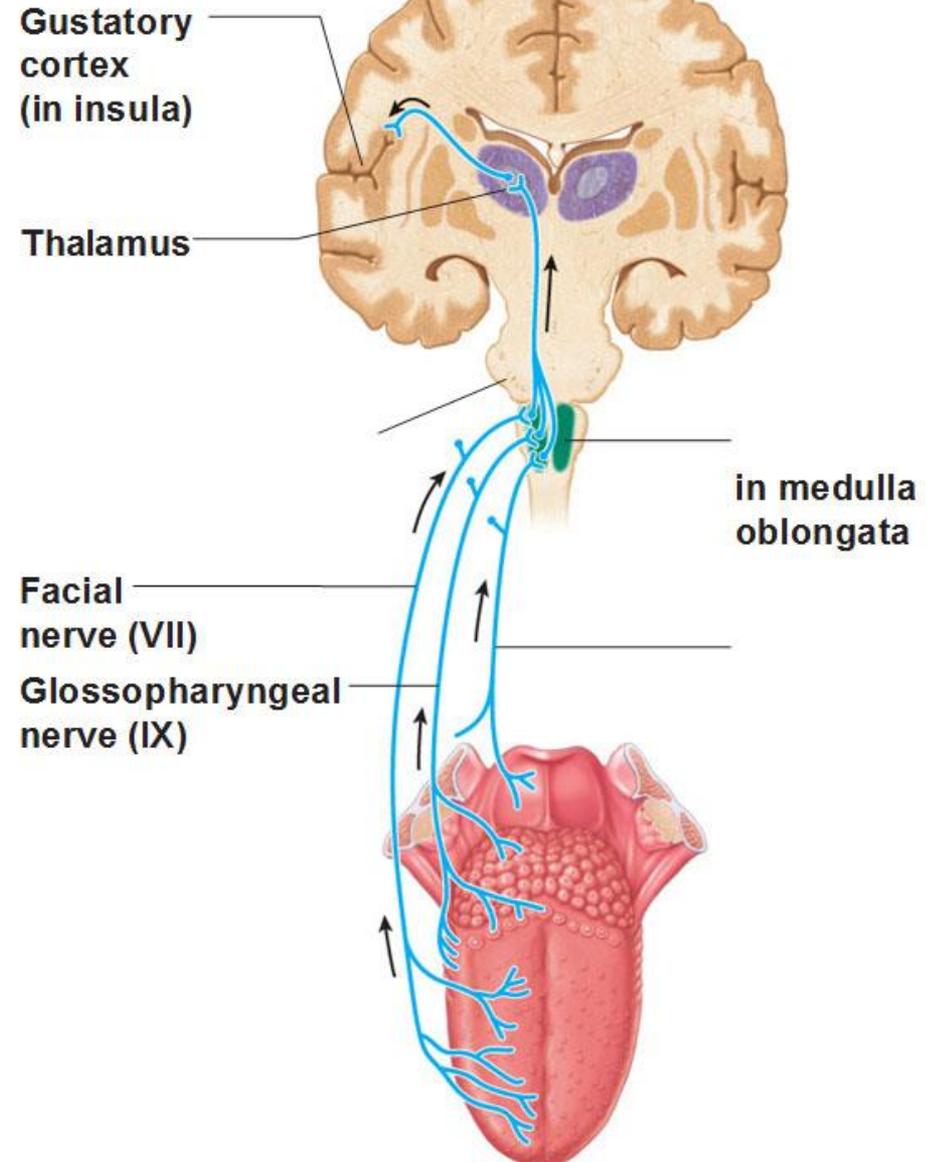
Il gusto



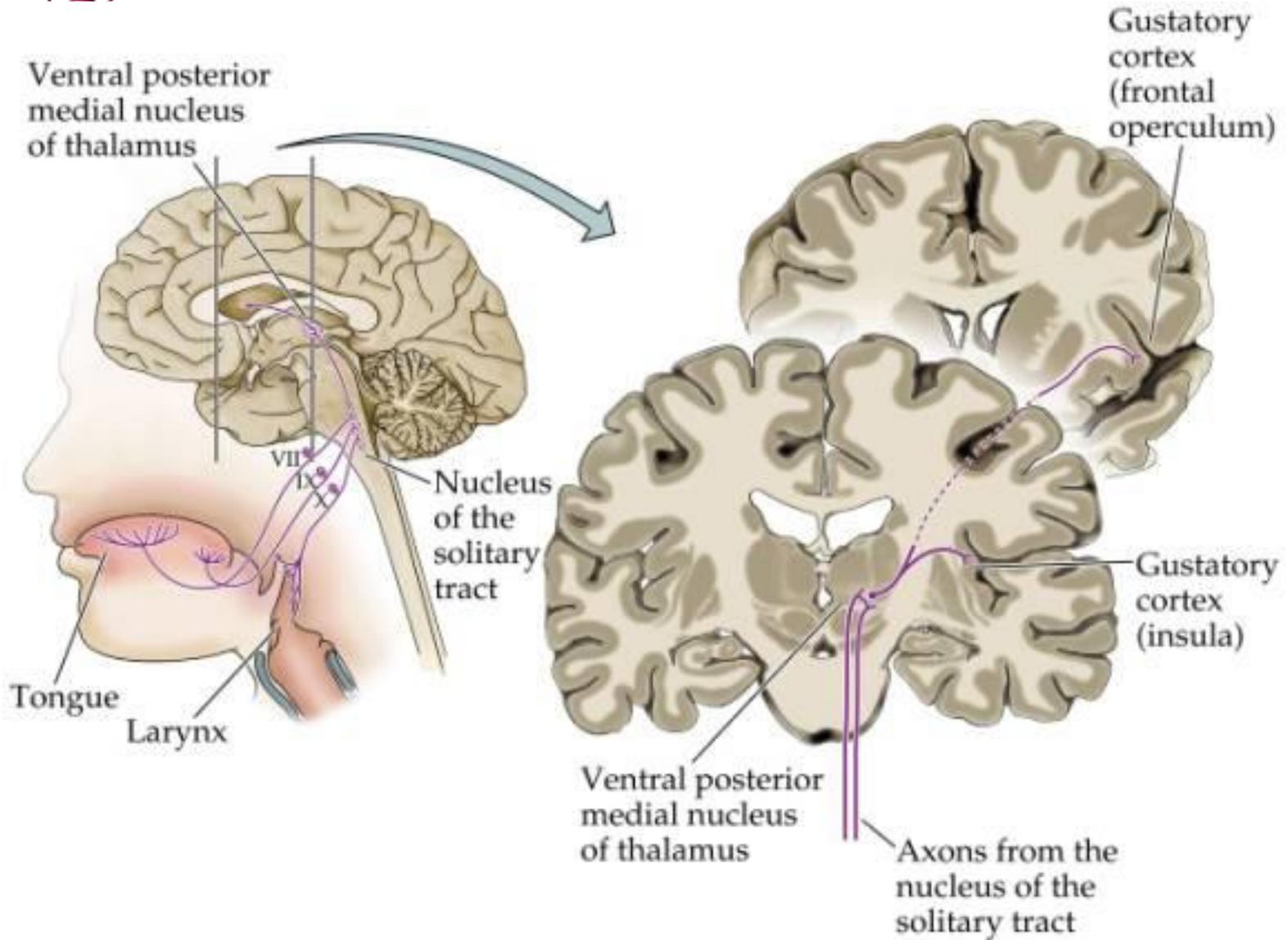
- 1 nervo linguale (VII)
- 2 corda del timpano (V)
- IX nervo glossofaringeo
- X nervo vago

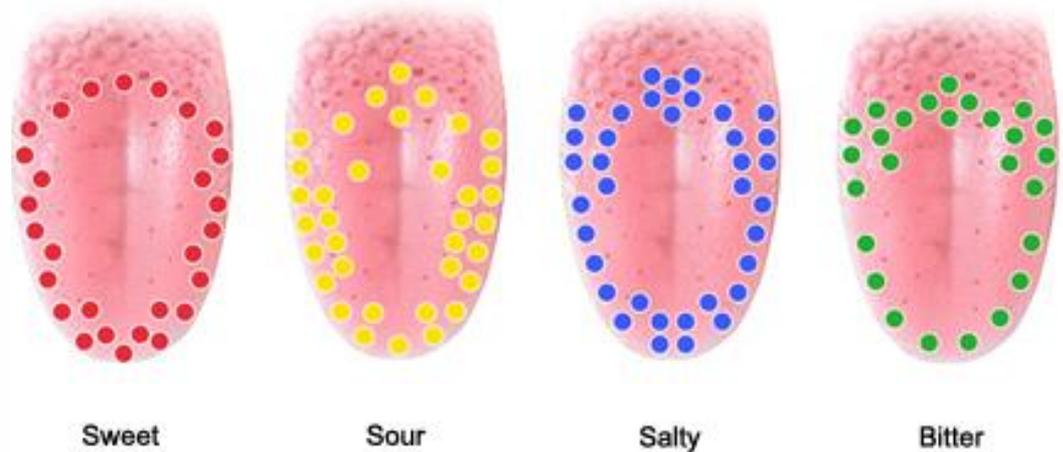
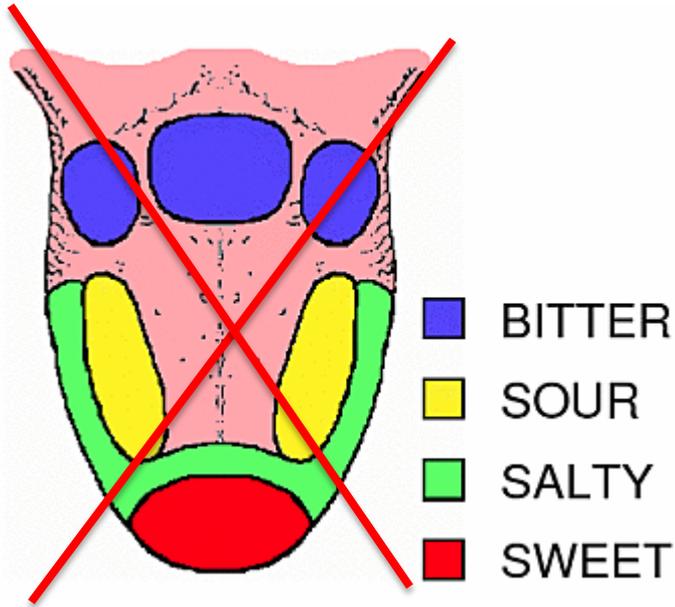


Gustatory Pathway



Il gusto





*All tastes can be perceived equally well everywhere on the tongue.
People used to think that there were specific zones for sweet, sour, salty and bitter –
but this has been proven to be wrong.*

How does our sense of taste works?

PubMed Health. A service of the National Library of Medicine, National Institutes of Health.

Informed Health Online [Internet]. Cologne, Germany: Institute for Quality and Efficiency in Health Care

On line August 2016

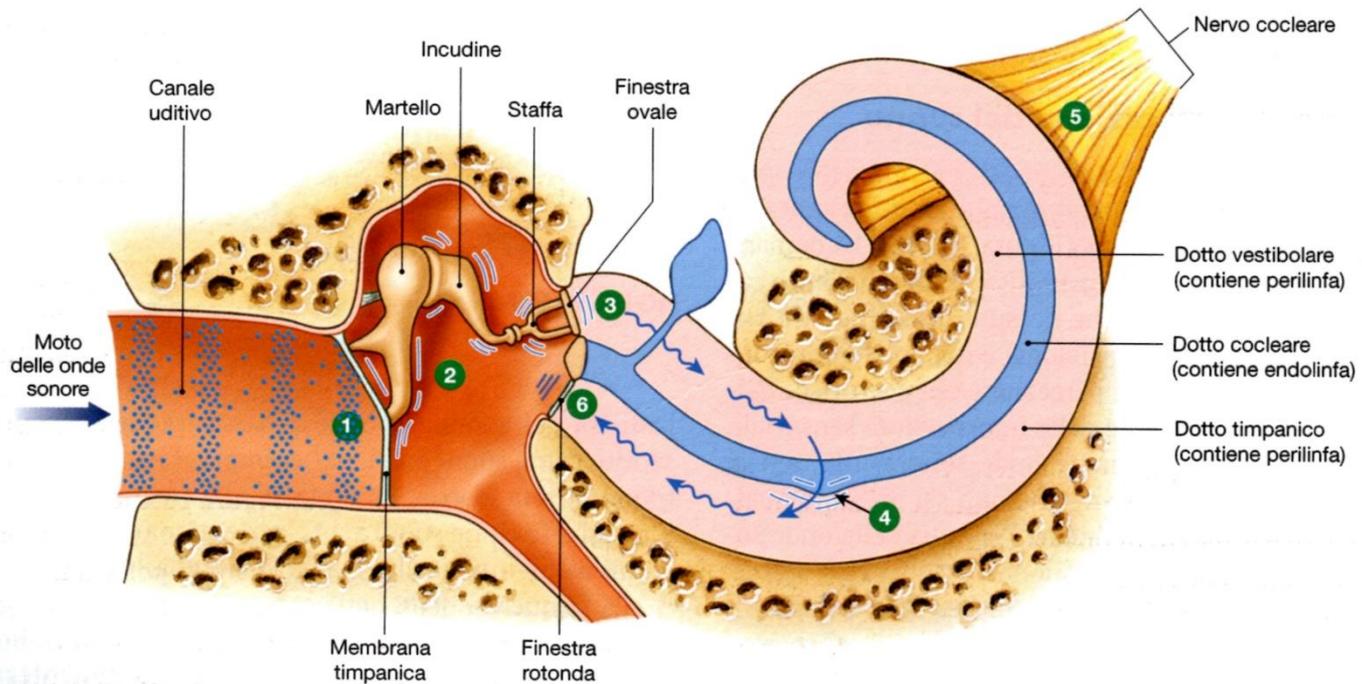
L'udito



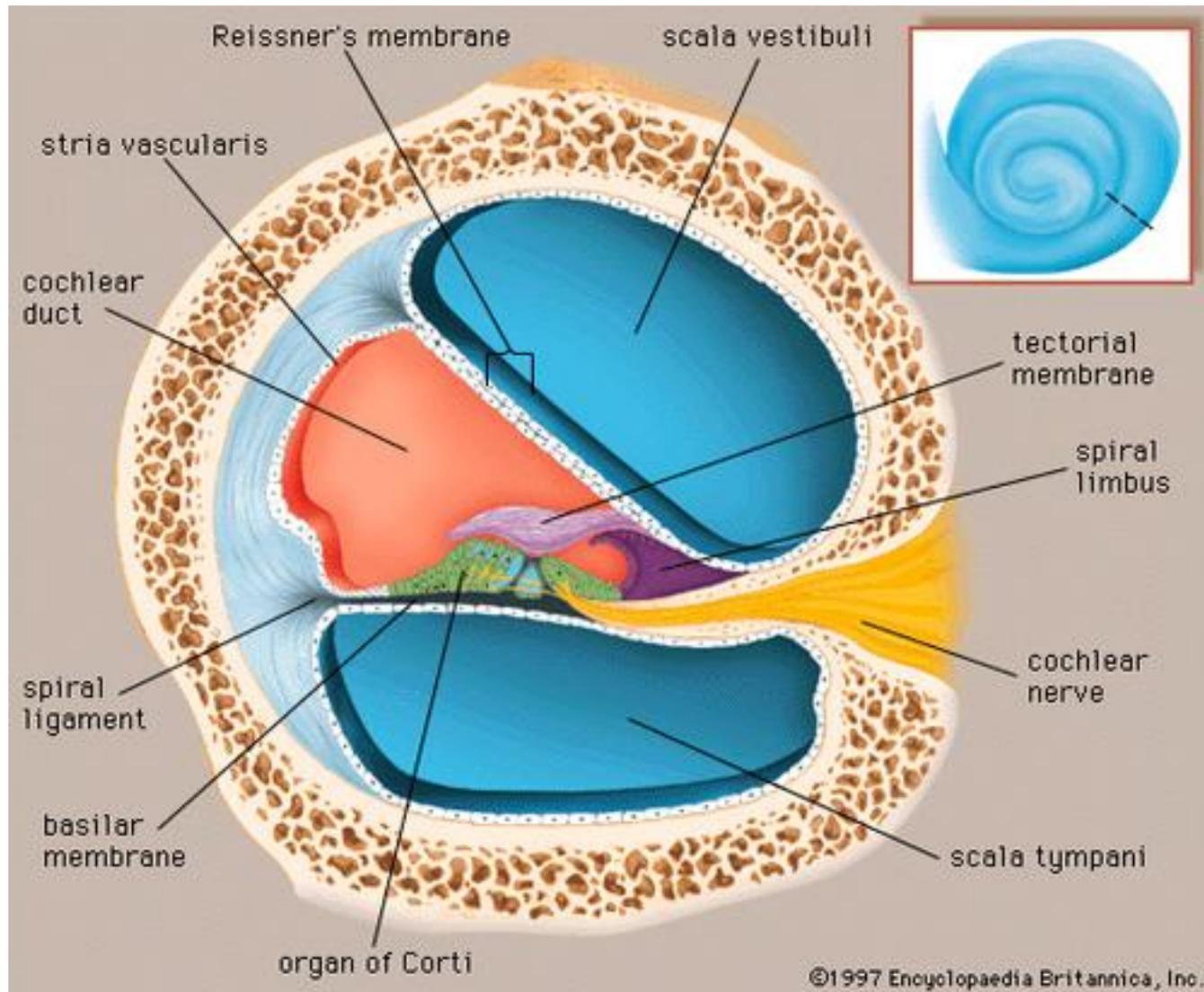
L'udito

TRASMISSIONE DEL SUONO ATTRAVERSO L'ORECCHIO

- 1** Le onde sonore colpiscono la membrana timpanica, facendola vibrare a sua volta.
- 2** L'energia delle onde sonore viene trasferita ai tre ossicini dell'orecchio medio che vibrano.
- 3** La staffa è attaccata alla membrana della finestra ovale. Le vibrazioni della finestra ovale creano onde di pressione nel fluido (perilinfa) che si trova nella coclea.
- 4** Le onde di pressione spingono sulle membrane elastiche del dotto cocleare. Le cellule cigliate si piegano aprendo canali ionici; si crea così un segnale elettrico che stimola il rilascio del neurotrasmettitore.
- 5** Il rilascio del neurotrasmettitore sui neuroni sensoriali porta alla generazione di potenziali d'azione che si propagano verso l'encefalo.
- 6** L'energia delle onde si trasferisce attraverso il dotto cocleare verso quello timpanico e viene dissipata nell'aria dell'orecchio medio per mezzo della finestra rotonda.



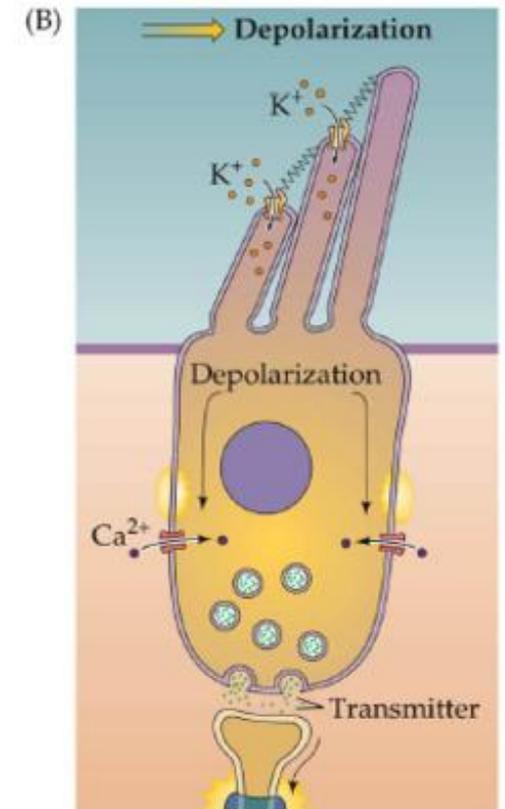
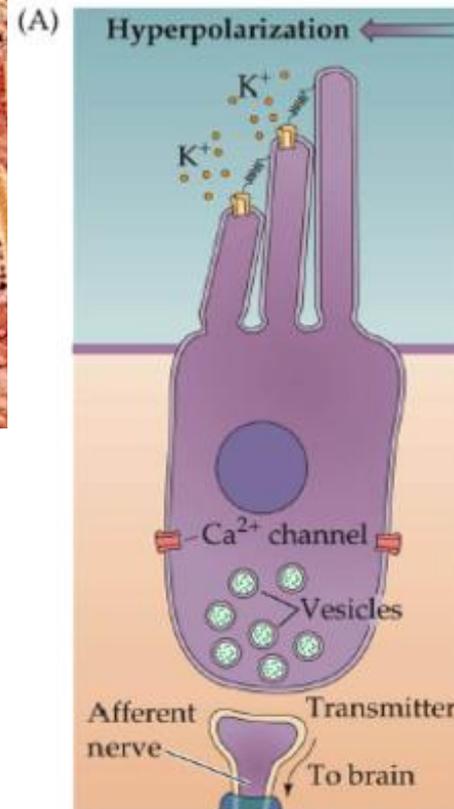
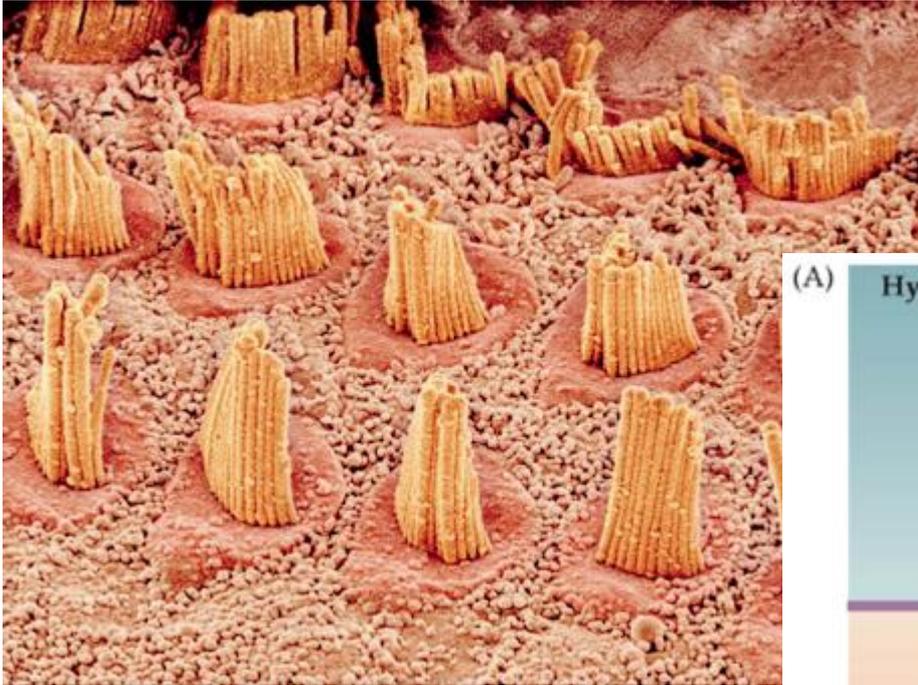
L'udito



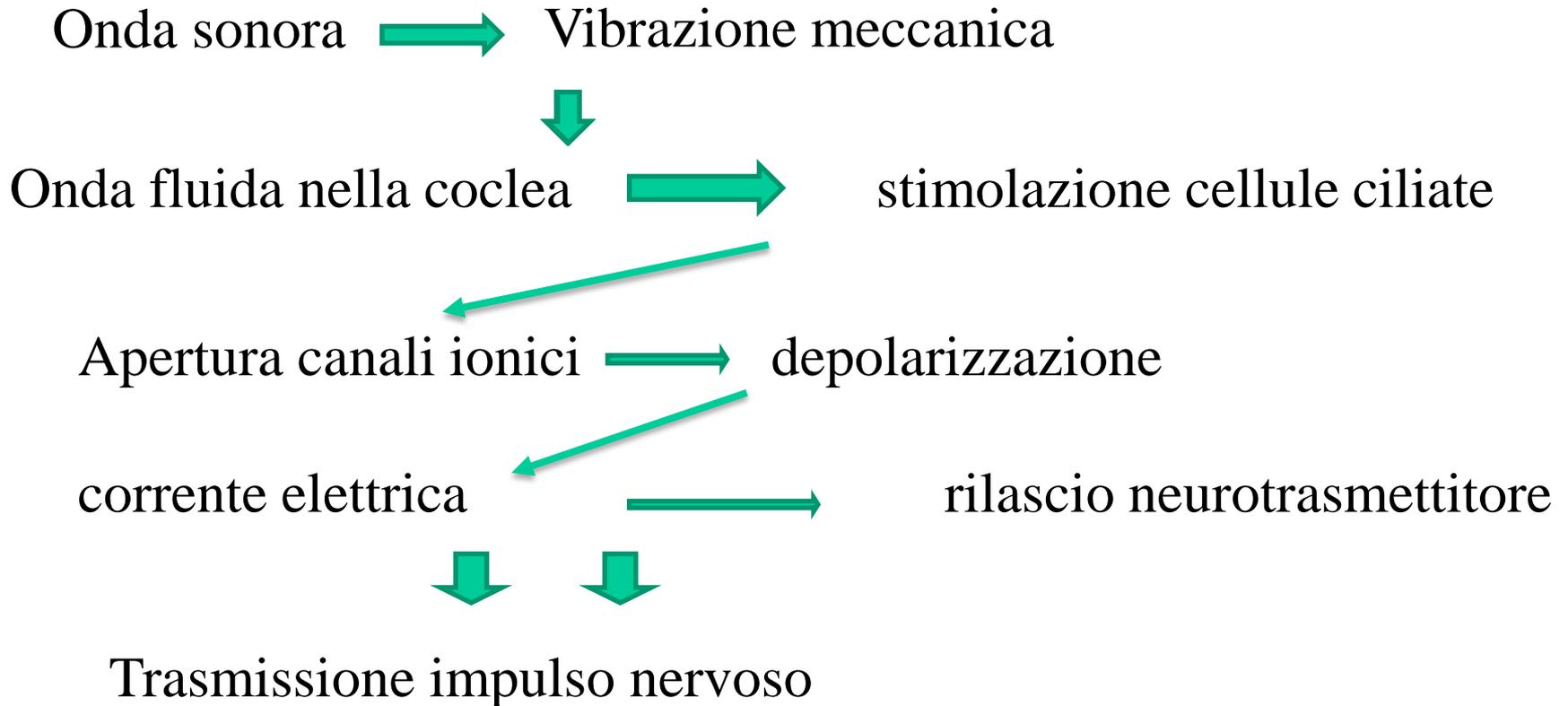
L'udito



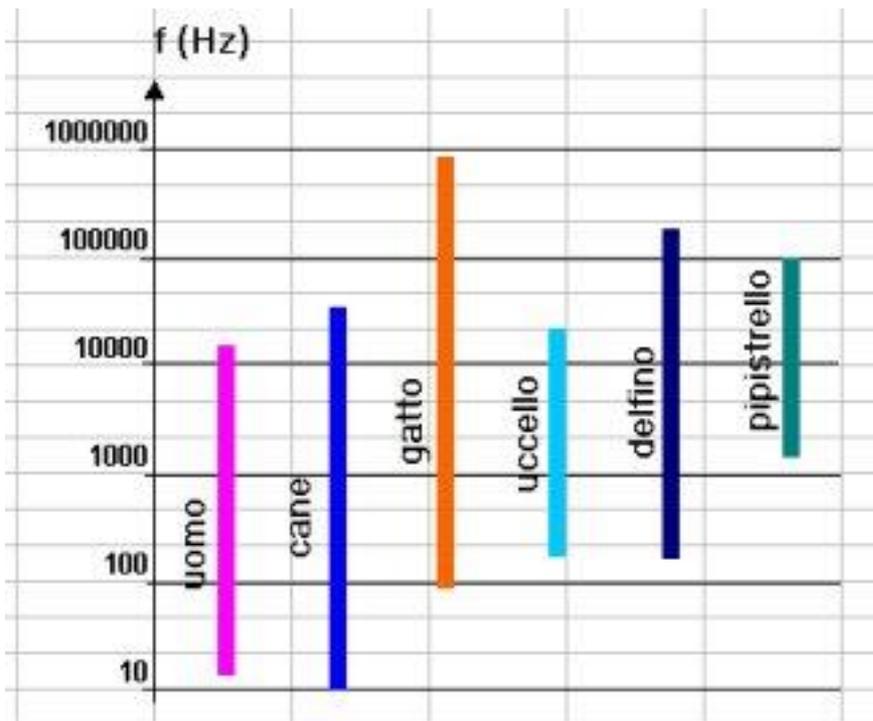
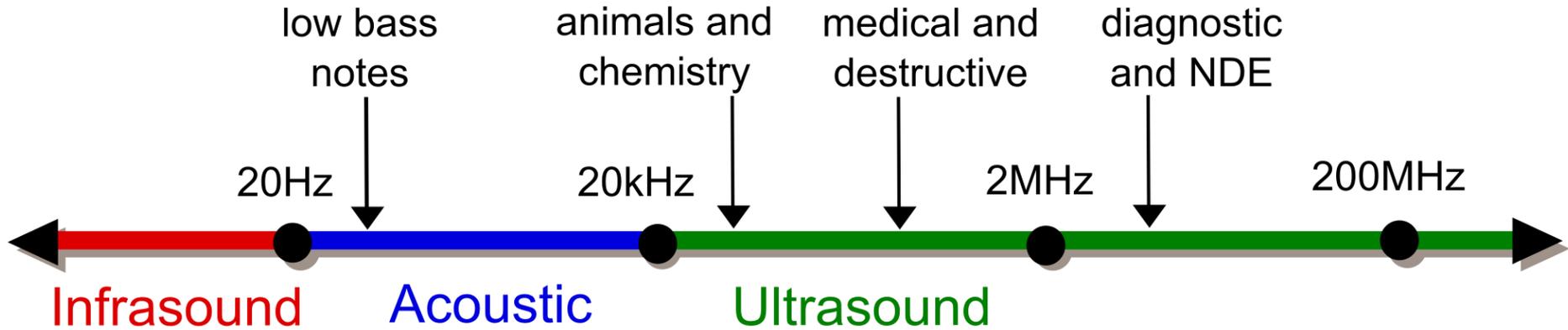
L'udito



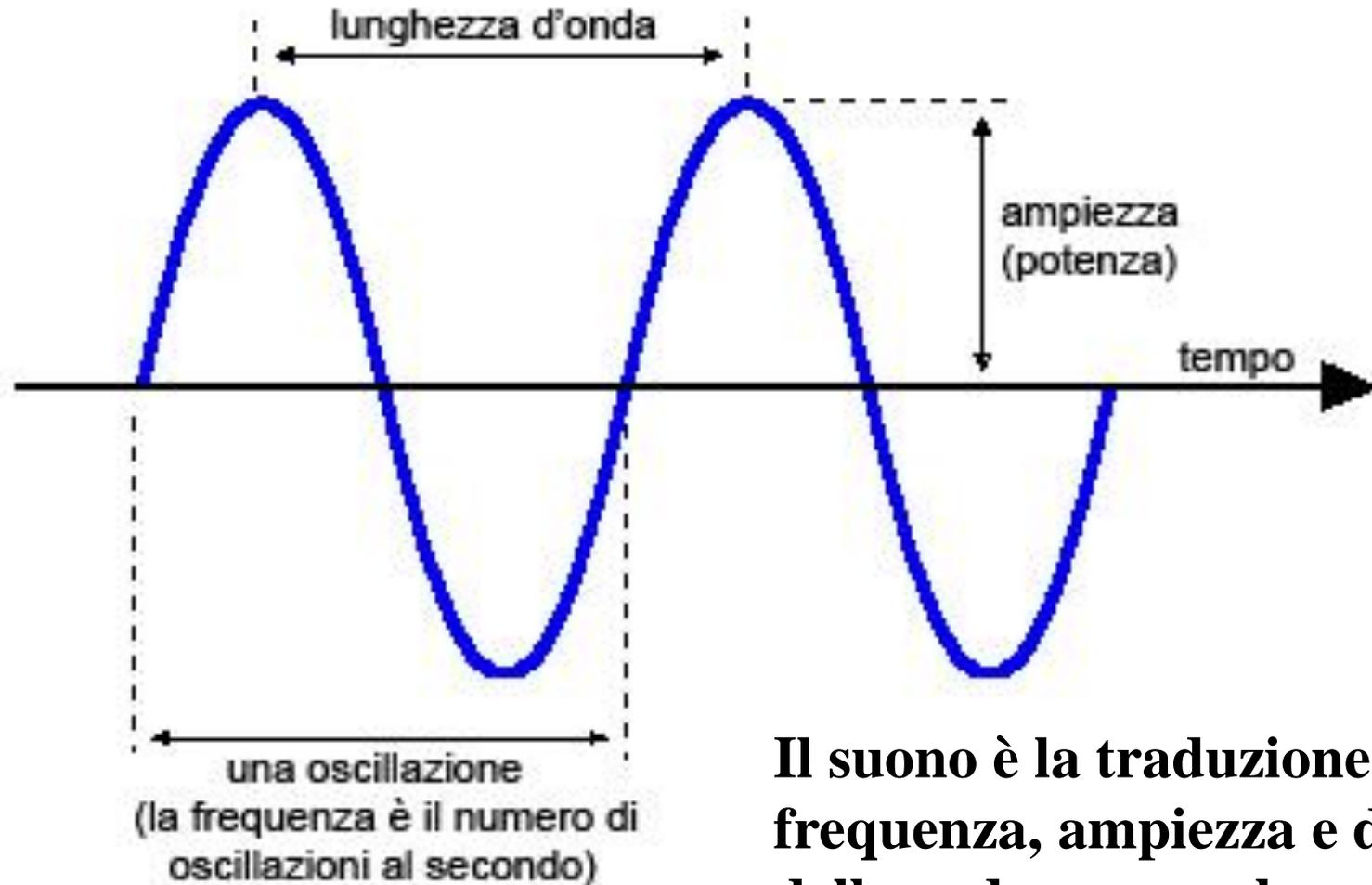
L'udito



L'udito



L'udito

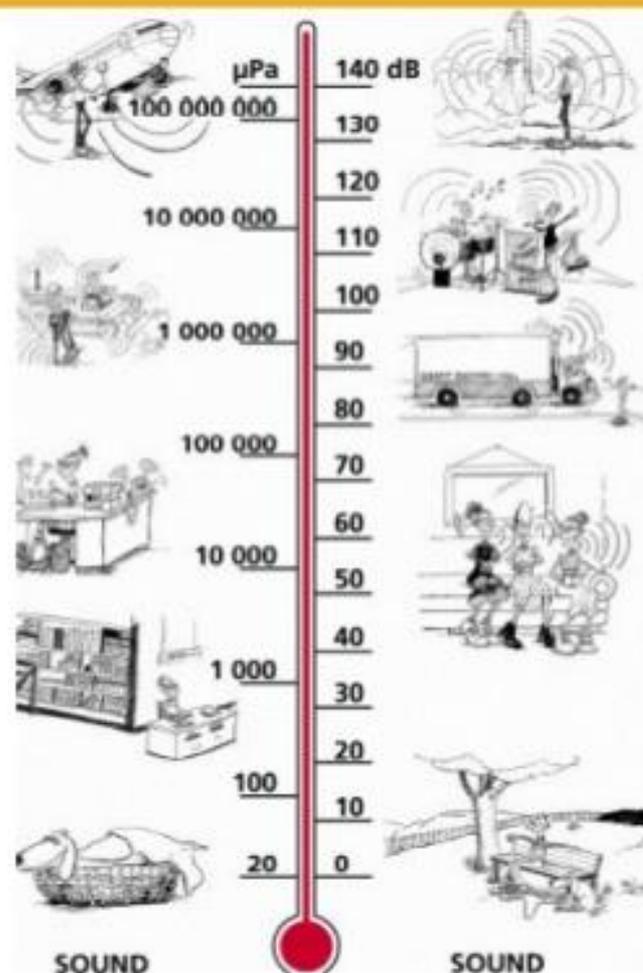


Il suono è la traduzione di frequenza, ampiezza e durata delle onde sonore che arrivano al nostro orecchio

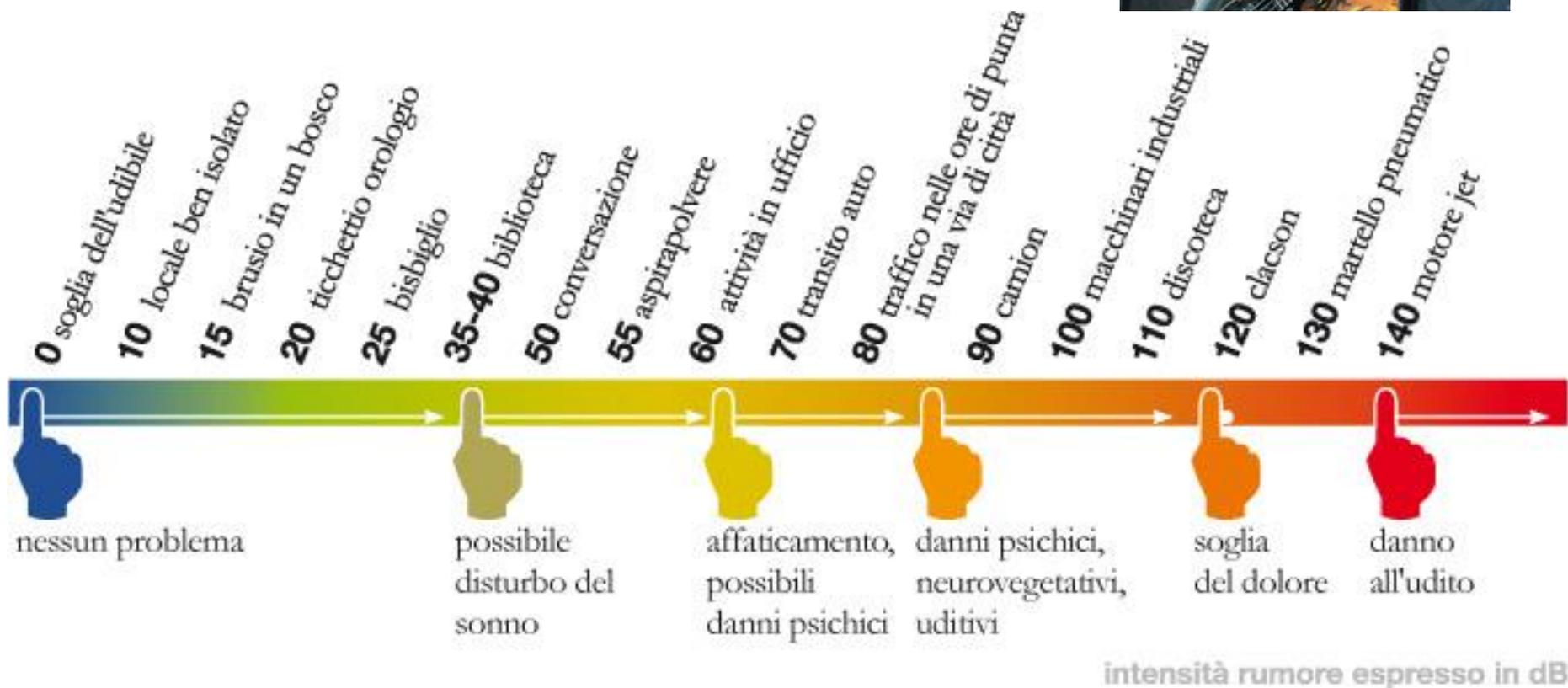
Il decibel

Orecchio umano è sensibile ad una vasta gamma di valori pressione sonora (μPa)

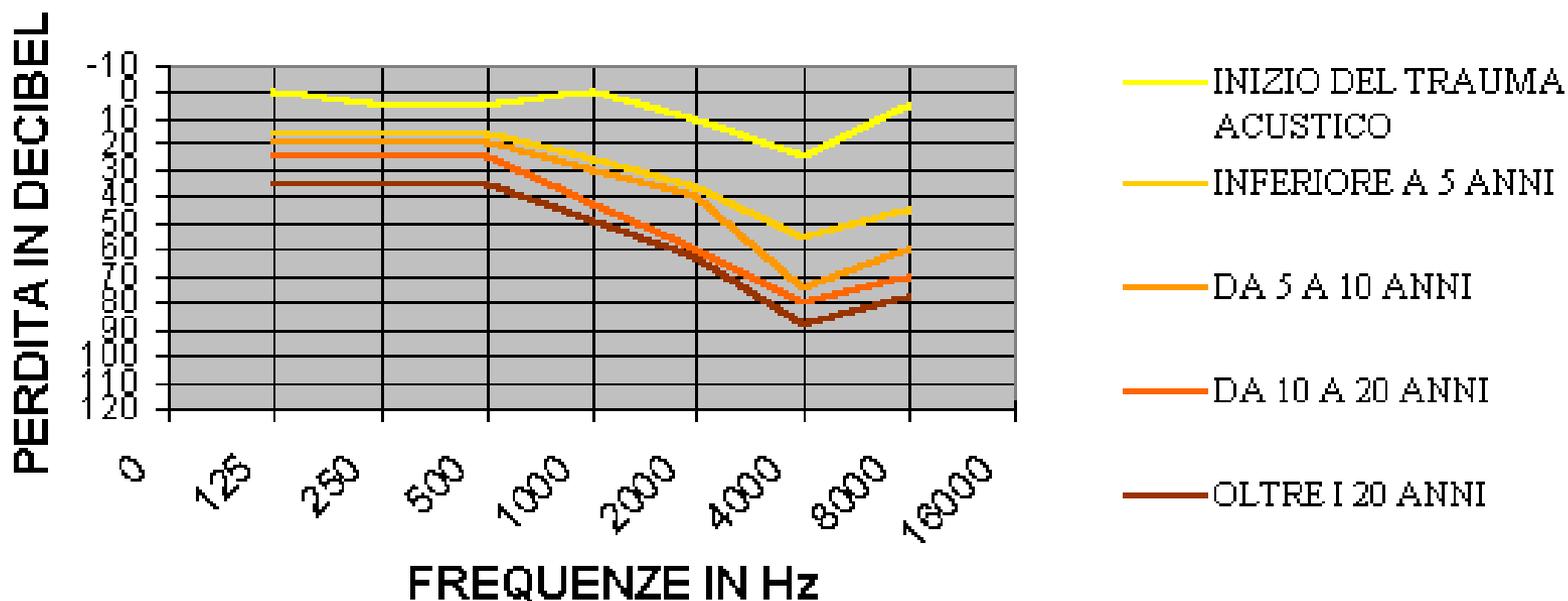
Vista la grandezza numerica
 La scala lineare (pressione sonora μPa) è stata convertita nella scala logaritmica (livello di pressione sonora, dB)



L'udito

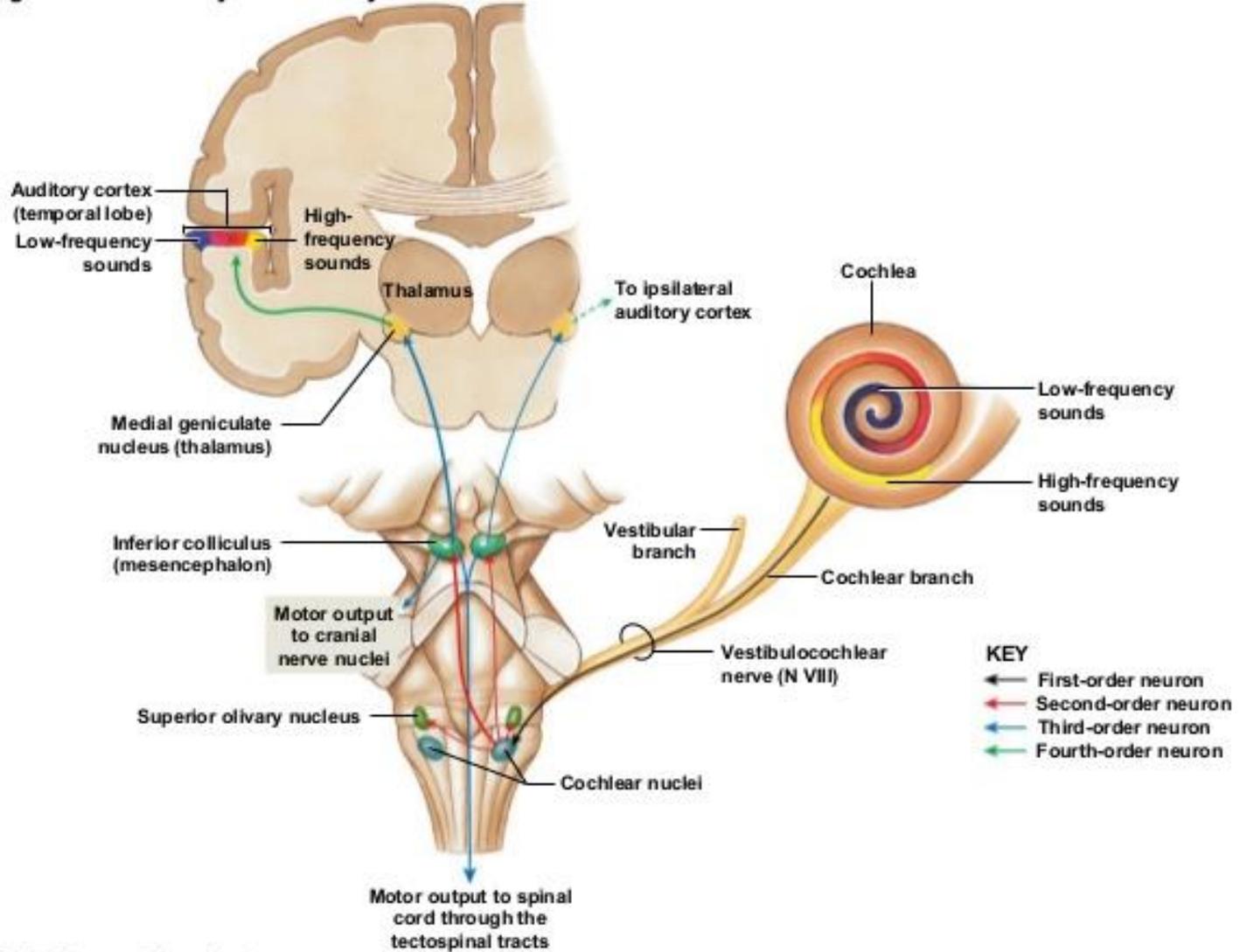


PERDITA DI UDITO IN AMBIENTE RUMOROSO



L'udito

Figure 18.18 Pathways for Auditory Sensations

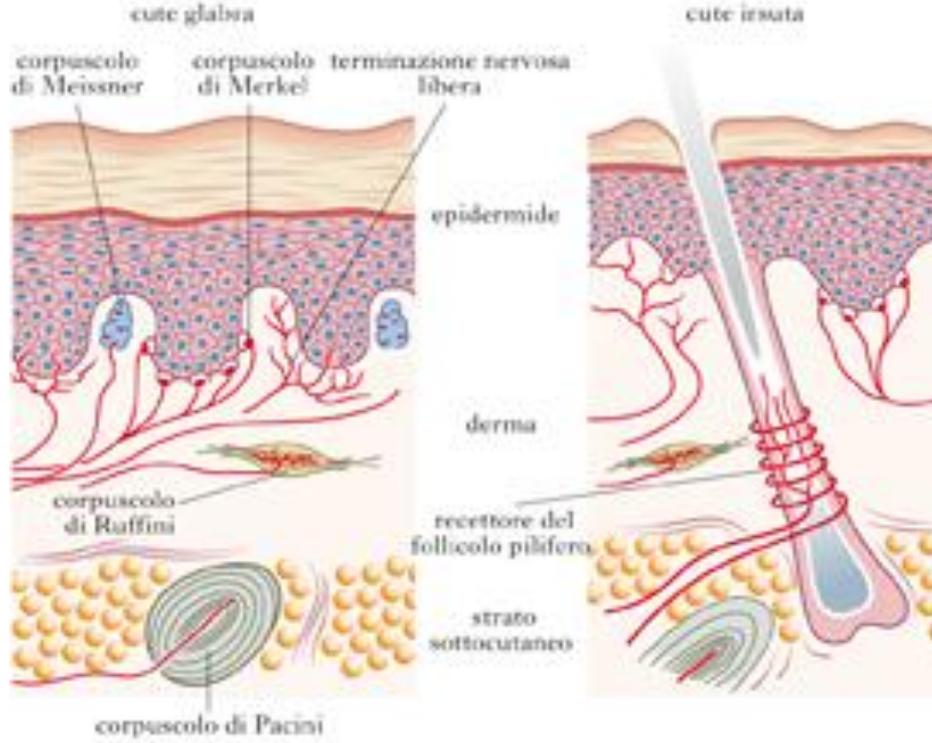


Sensi somatici

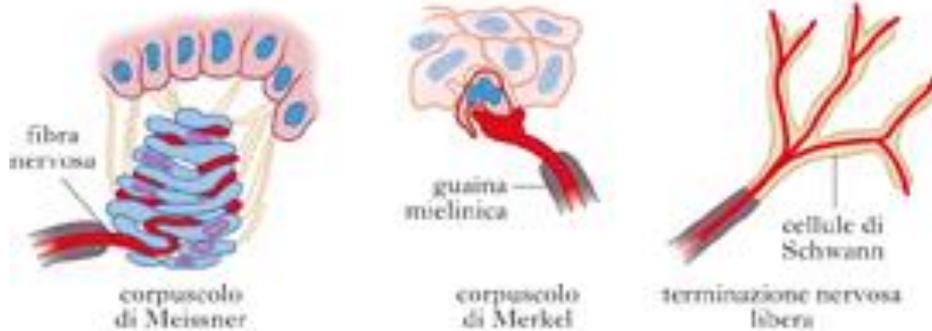
- Tatto-pressione
- Propriocezione
- Temperatura
- Nocicezione



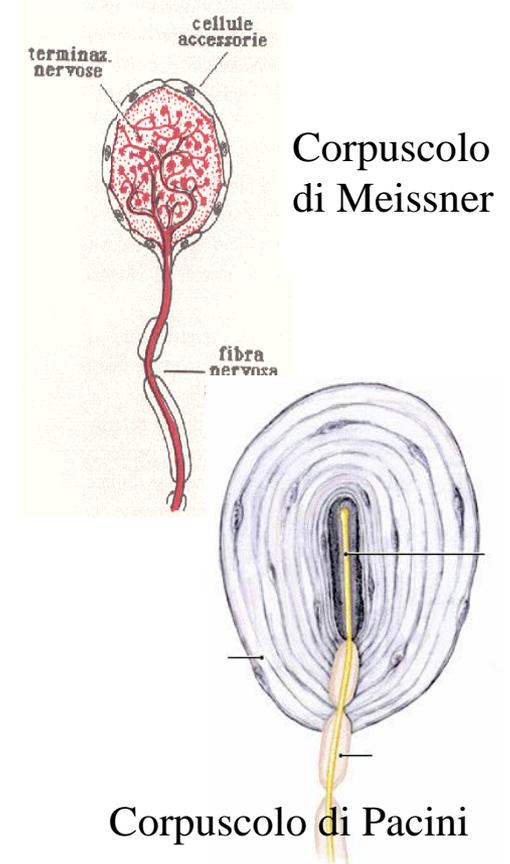
Tatto - pressione



A



B



Tatto - pressione



- Terminazioni nervose libere
 - Corpuscoli di Meissner
 - Corpuscoli di Pacini
 - Corpuscoli di Ruffini
 - Recettori di Merkel
- Stimoli tattili e dolorifici
 - Tremore, accarezzamento
 - Vibrazione
 - Stiramento della cute
 - Pressione costante sulla cute

Temperatura

I Recettori del freddo sono sensibili a T inferiore a quella cutanea, quelli del caldo a T 37-45 °C. T superiori danno uno stimolo doloroso. Sono diffusi in tutto il corpo e sono importanti per la termoregolazione. Utilizzano canali cationici chiamati TRP (Transient Potential Channel)

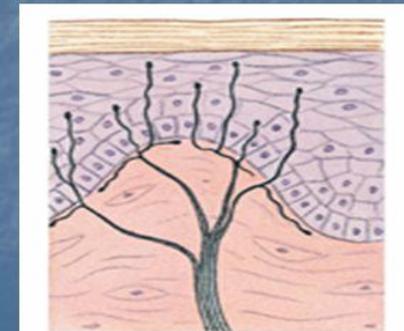
SENSIBILITA' generale

TERMOCETTORI: FASICI.

Terminazioni nervose libere, più numerose quelle per il freddo.

Derma, Muscoli, Fegato, Ipotalamo.

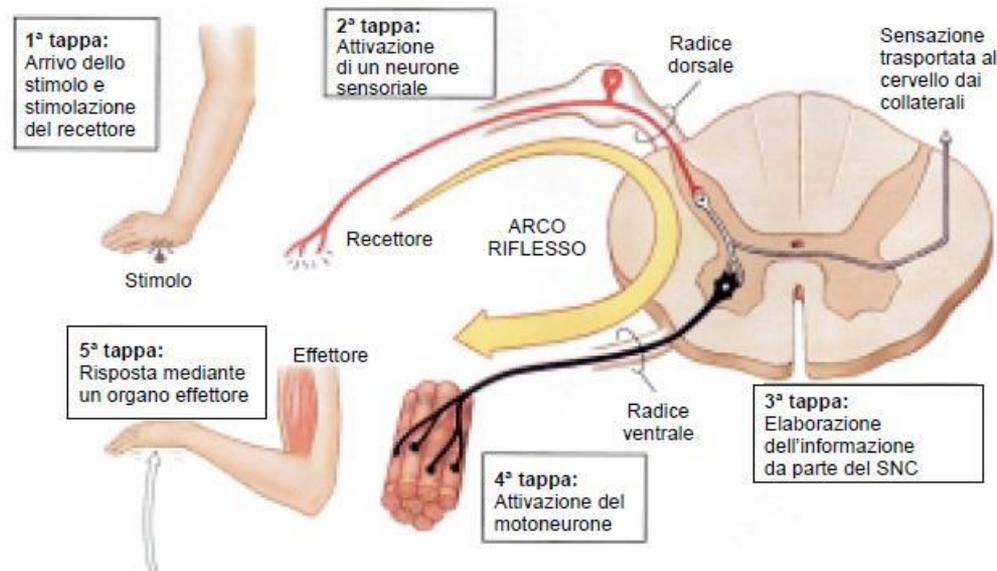
Formazione reticolare, talamo e corteccia sensitiva I



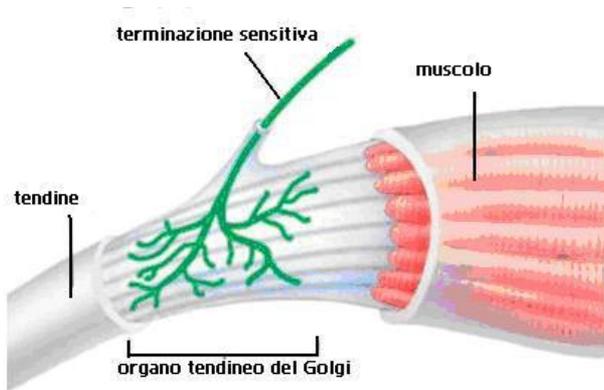
(a) Terminazioni nervose libere

Nocicettori

- Terminazioni nervose libere non mielinizzate diffuse in tutto il corpo.
- Sono attivati da stimoli meccanici, chimici e termici
- La loro attivazione può dare dolore e/o prurito come sensazione percepita, e dà origine a risposte di tipo adattativo e di difesa indotte dai mediatori dell'inflammatione e da particolari recettori di membrana, come quelli per la capsaicina.



Propriocettori

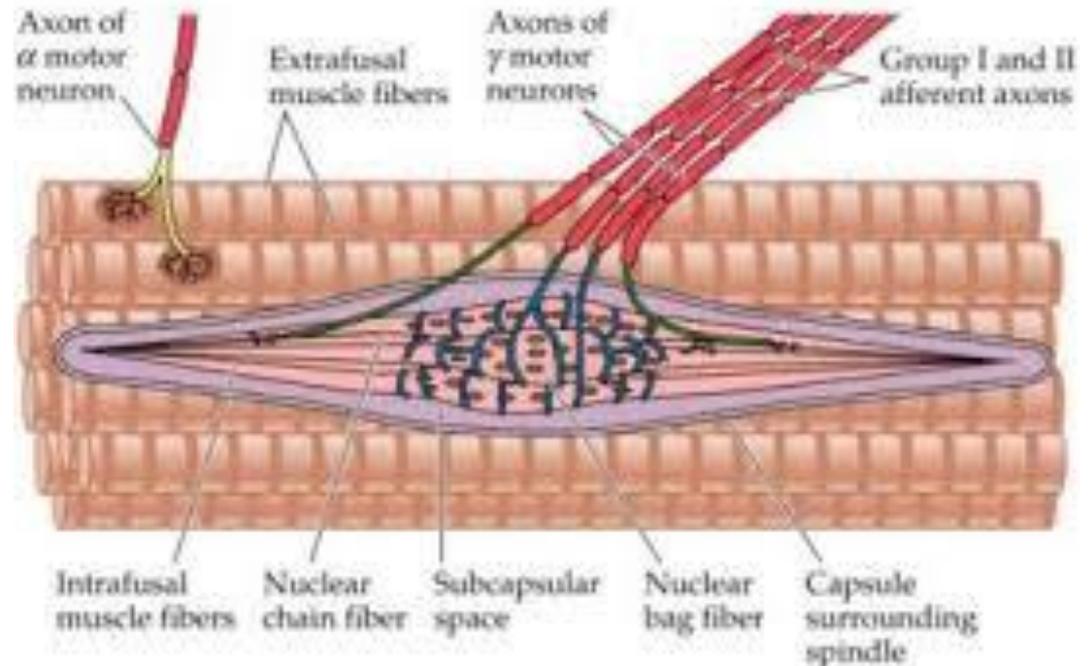


Gli Organi del Golgi collaorano con i Corpuscoli di Ruffini nel definire il movimento delle articolazioni, quindi contribuiscono alla determinazione della posizione.

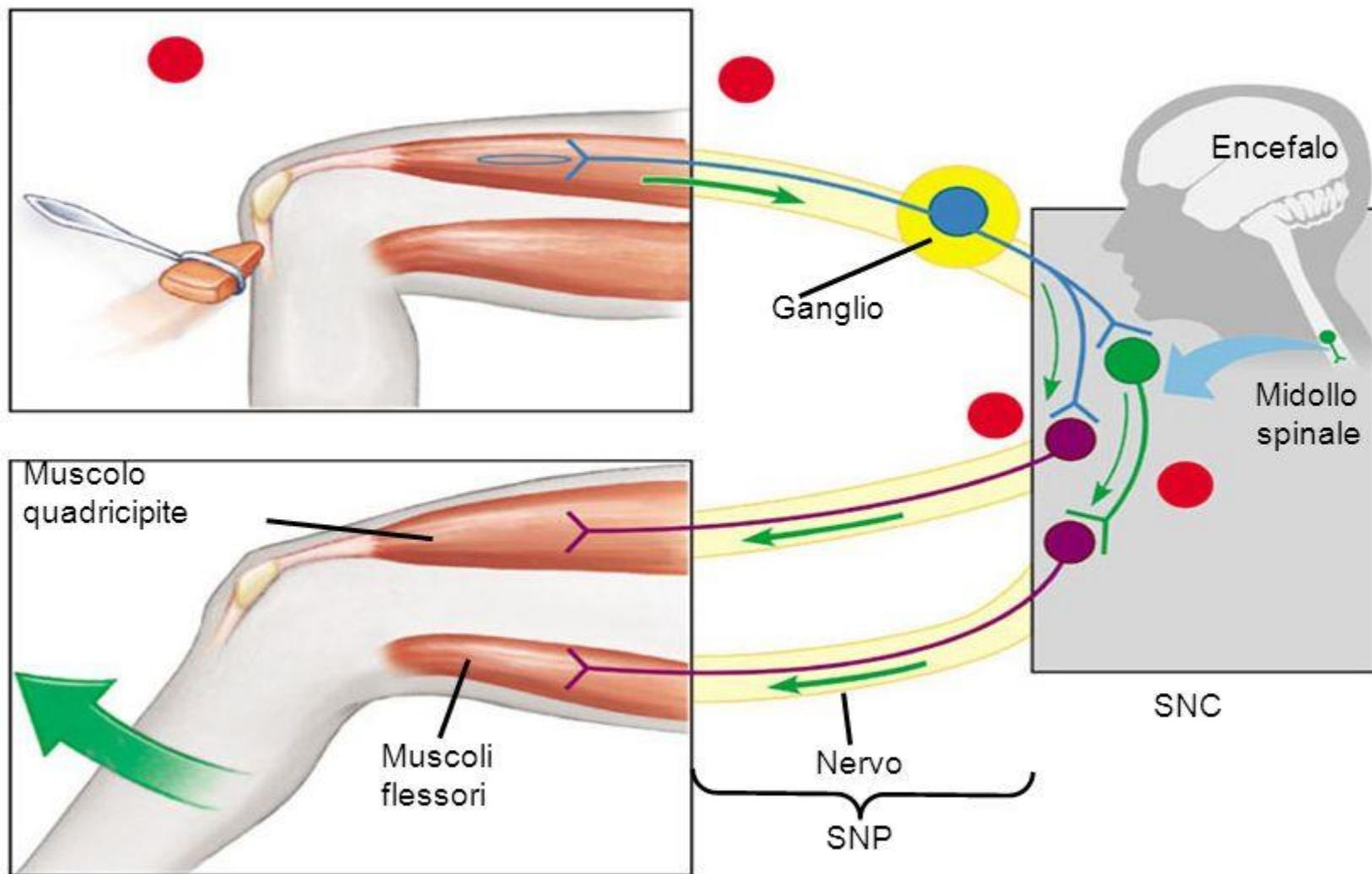
Localizzati nei muscoli scheletrici, nelle capsule articolari e nei legamenti.

Rilevano la nostra posizione nello spazio, i movimenti e gli sforzi muscolari

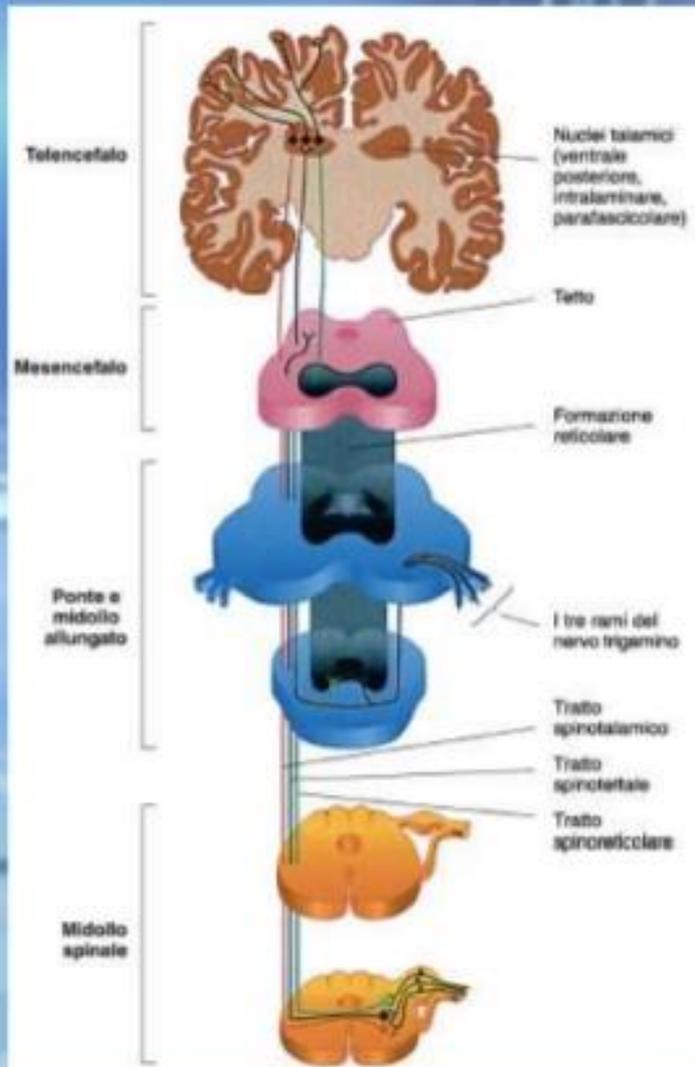
Ci aiutano a mantenere il tono muscolare e l'equilibrio



ARCO RIFLESSO



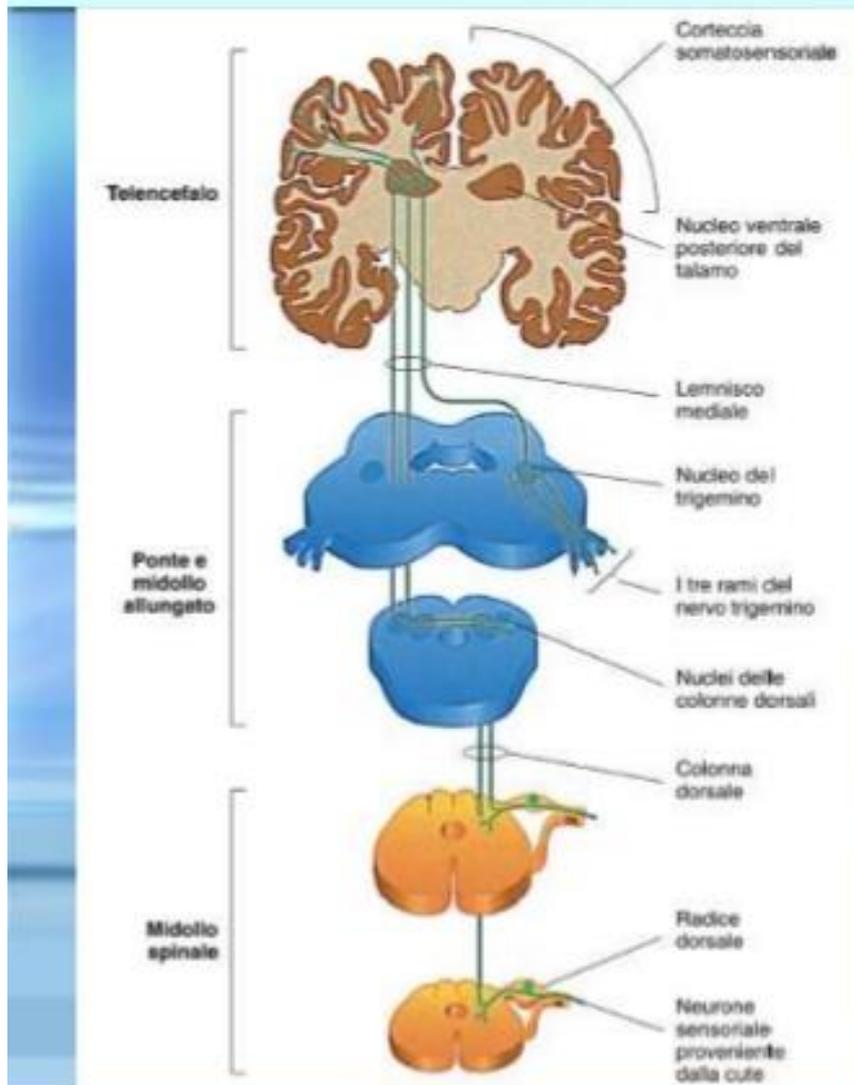
Le due vie somatosensoriali



Il sistema anterolaterale

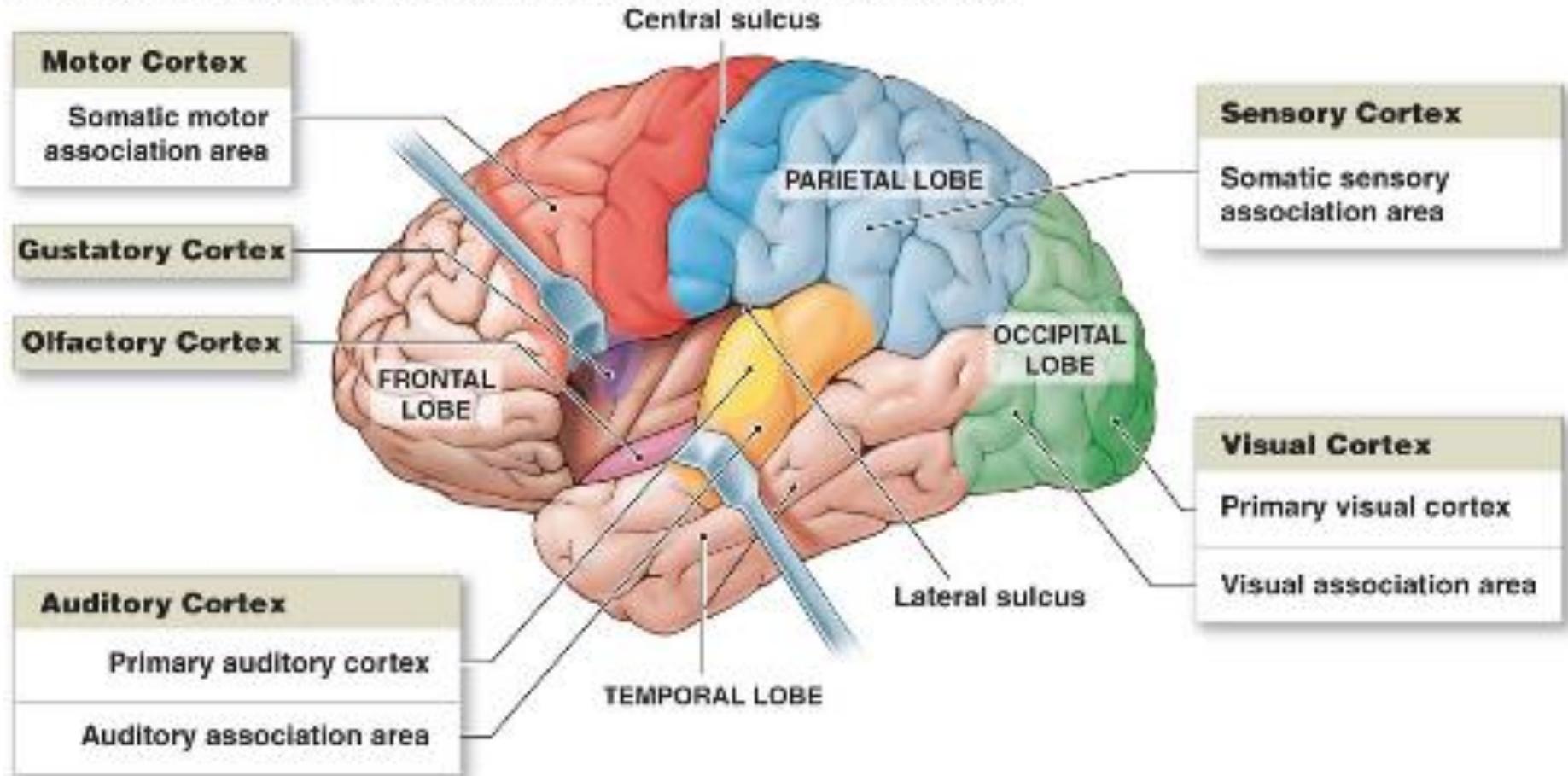
Trasporta alla corteccia le informazioni concernenti dolore e temperatura

Le due vie somatosensoriali



Il sistema colonna dorsale-lemnisco mediale
Trasporta alla corteccia le informazioni che riguardano il tatto e la propriocezione

The motor and sensory cortexes and the association areas for each



Corteccia somatosensoriale

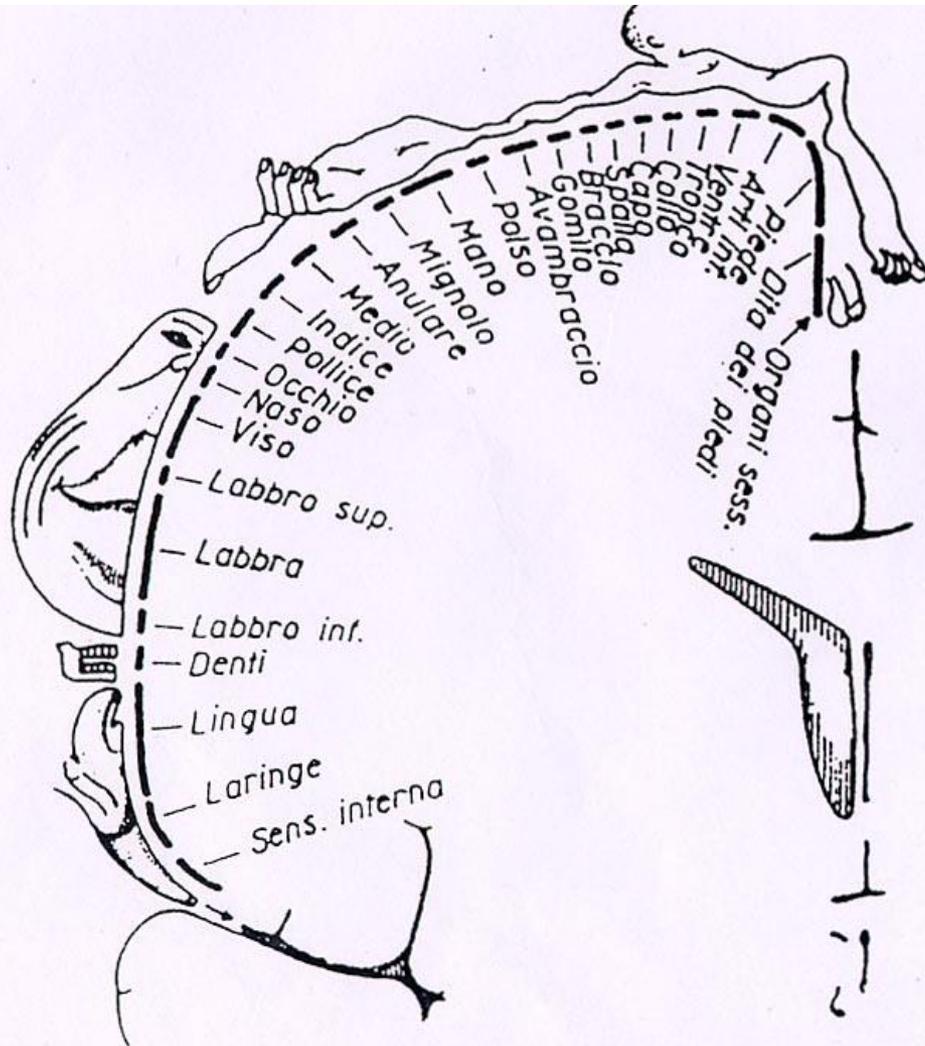
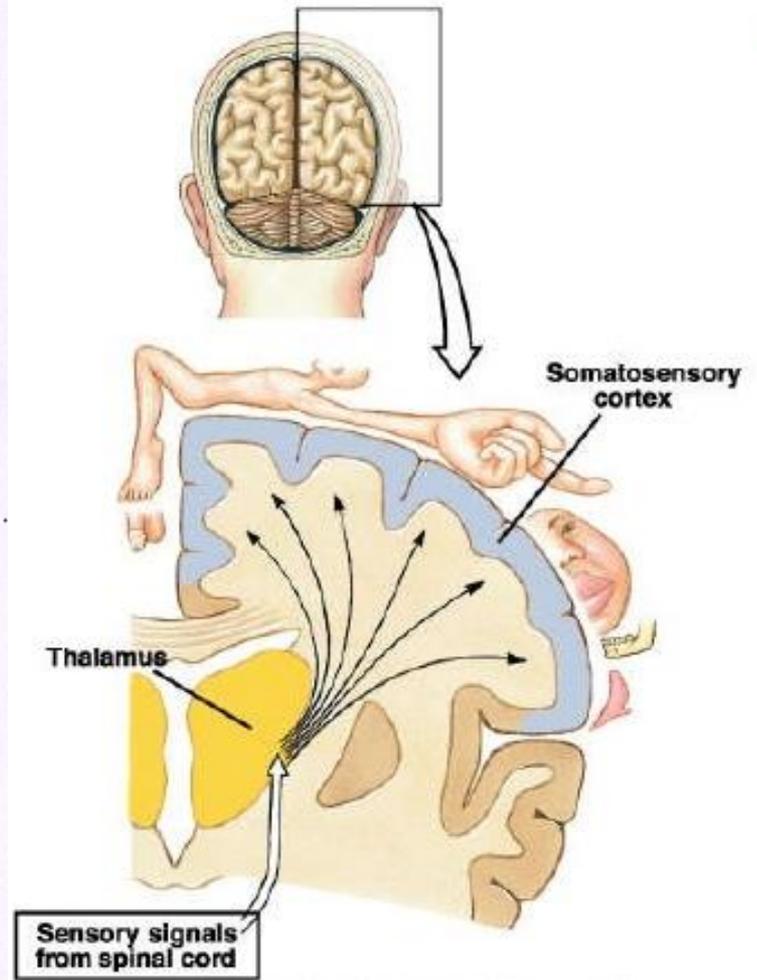


fig. 2



Cross section of the right cerebral hemisphere and sensory areas of the cerebral cortex