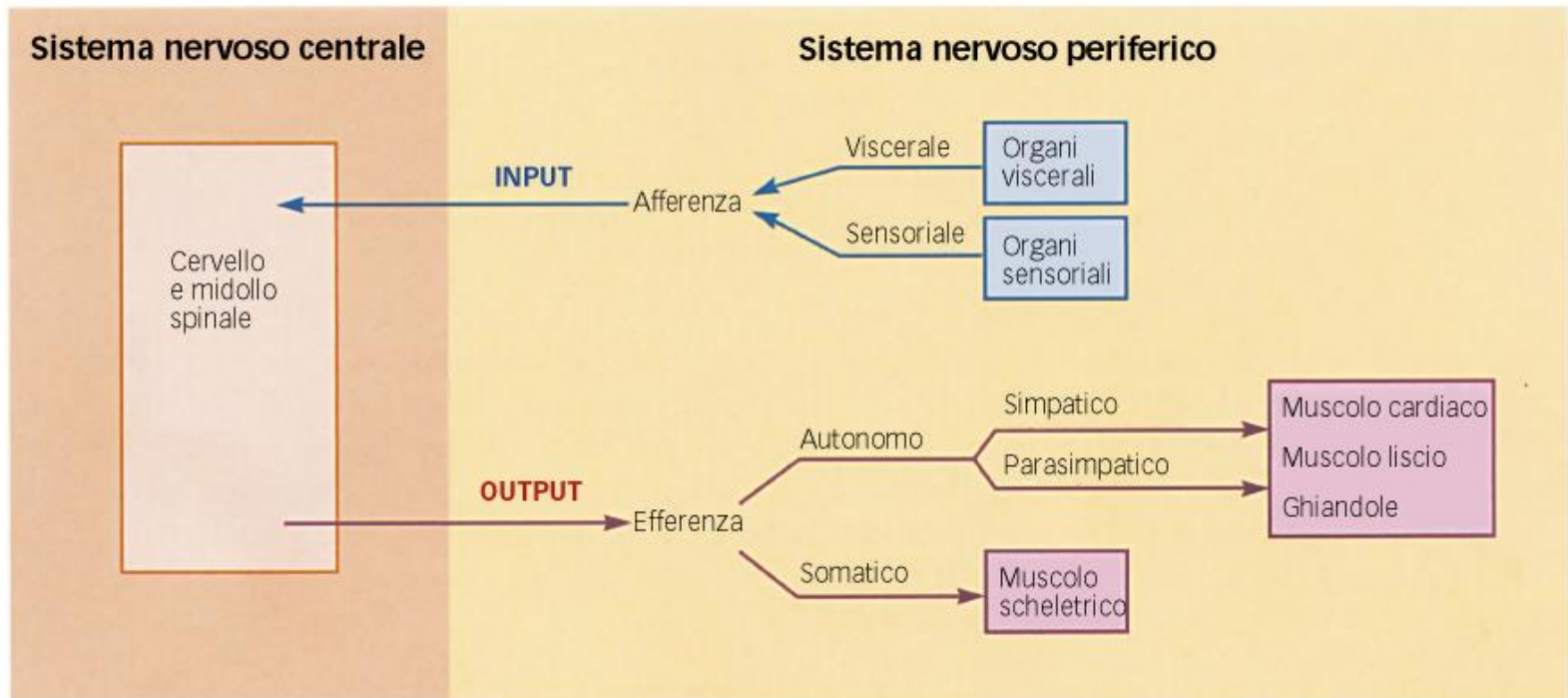




Prof.ssa Iole Tomassini Barbarossa
Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica
Lezioni di Fisiologia

E' vietata la copia e la riproduzione dei contenuti e immagini in qualsiasi forma.
E' inoltre vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzate espressamente dall'autore.



Il sistema nervoso è una struttura organizzata funzionalmente per:

ricevere (*sistema nervoso periferico*)

conservare e elaborare (*sistema nervoso centrale*) \longrightarrow **informazioni**

trasmettere (*sistema nervoso periferico*)

Teoria delle vie etichettate

Principi generali della trasduzione sensoriale

253

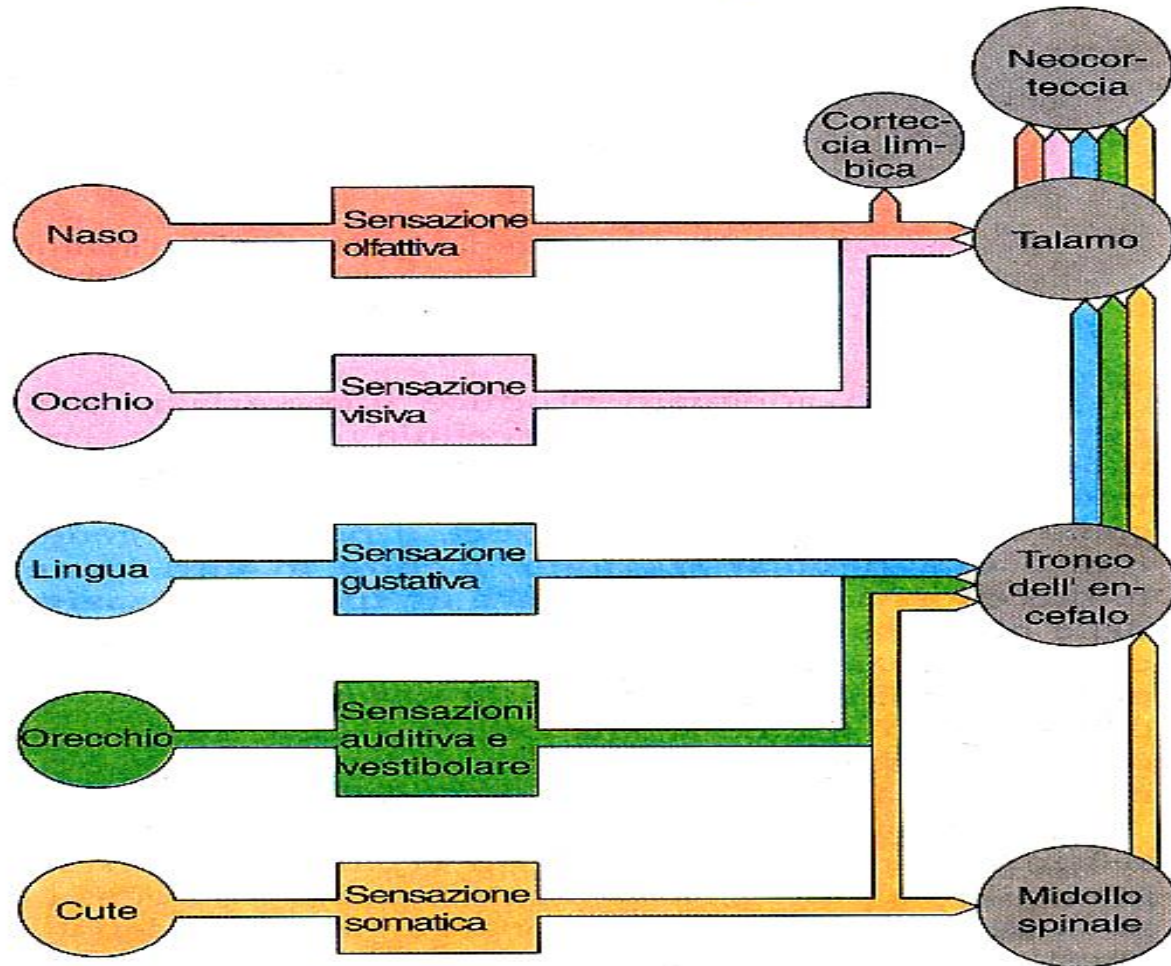
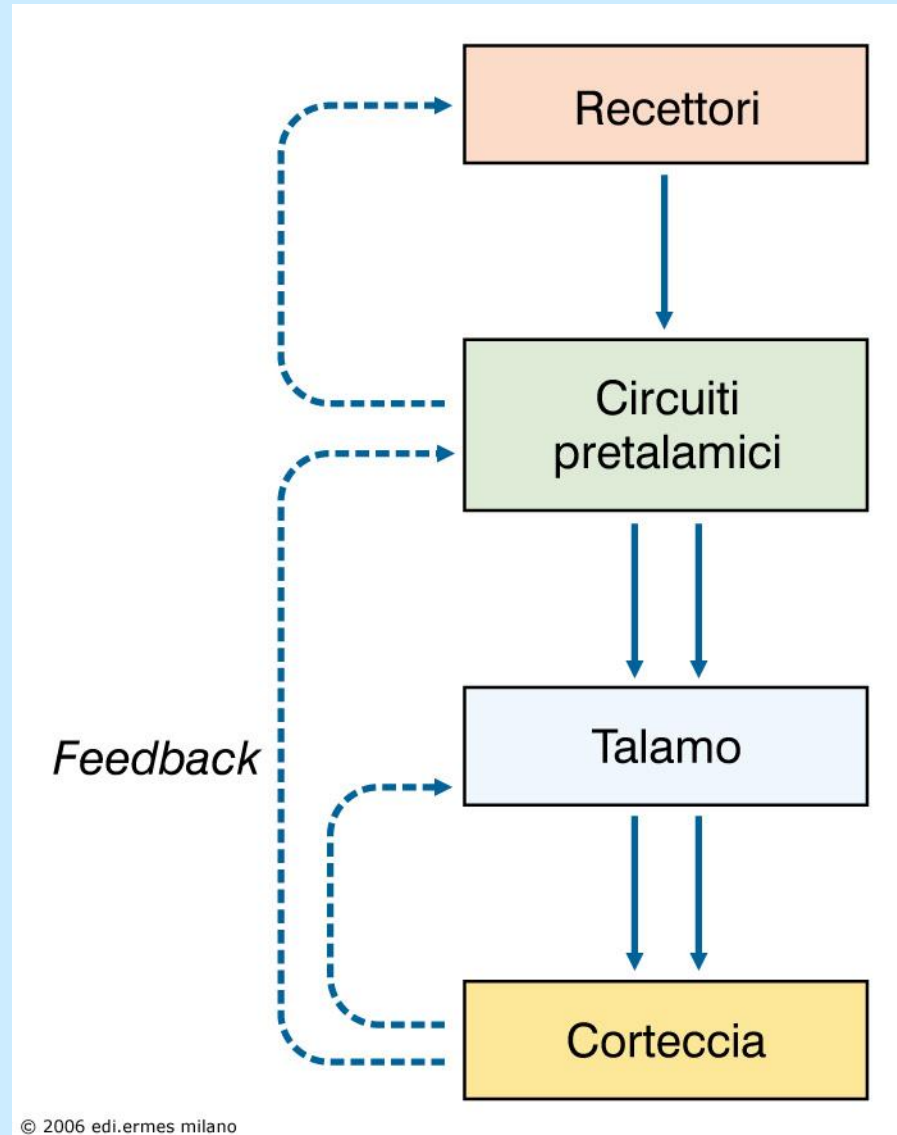


Figura 8-1

Le informazioni sensoriali raggiungono l'encefalo lungo vie specializzate ognuna delle quali è dedicata ad una particolare qualità sensoriale.

Vie sensitive



I recettori di senso

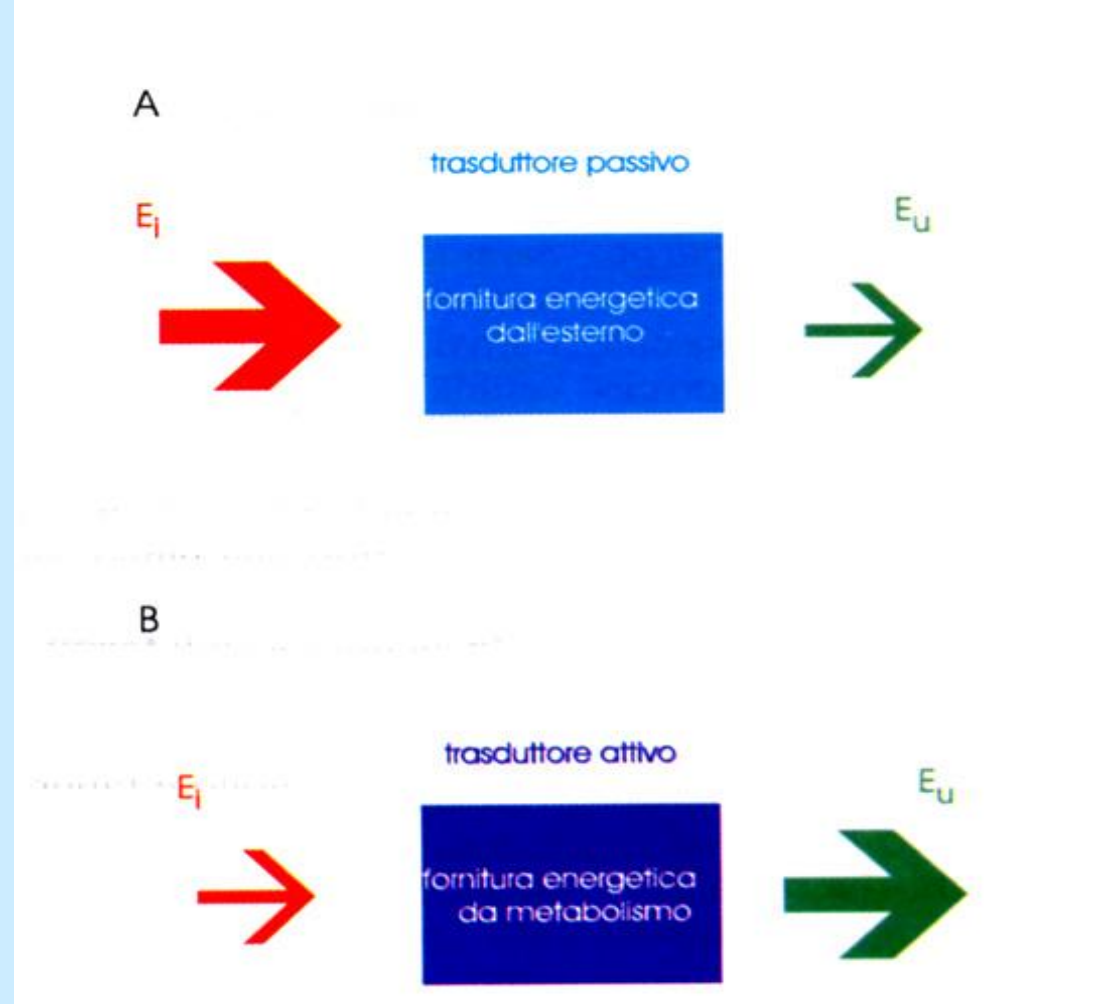
- I recettori sensoriali rappresentano i soli canali di comunicazione tra il mondo esterno e il sistema nervoso.
- Gli stimoli sensoriali interagiscono con l'organizzazione e le proprietà del sistema nervoso, ereditate geneticamente, e in tal modo forniscono all'animale tutto il patrimonio delle sue conoscenze.

“Nulla vi è nella mente che non passi attraverso i sensi”.

- I recettori di senso sono strutture eccitabili specializzate, capaci di rilevare forme specifiche di energia presenti nell'ambiente circostante, cioè gli stimoli, e trasformarne il contenuto informativo in segnali elettrici che rappresentano l'input sensoriale per il sistema nervoso centrale.

I recettori sensoriali, dal punto di vista funzionale sono tutti definibili come **trasduttori**.

In fisica viene definito un trasduttore l'elemento capace di trasformare una forma di energia in un'altra.

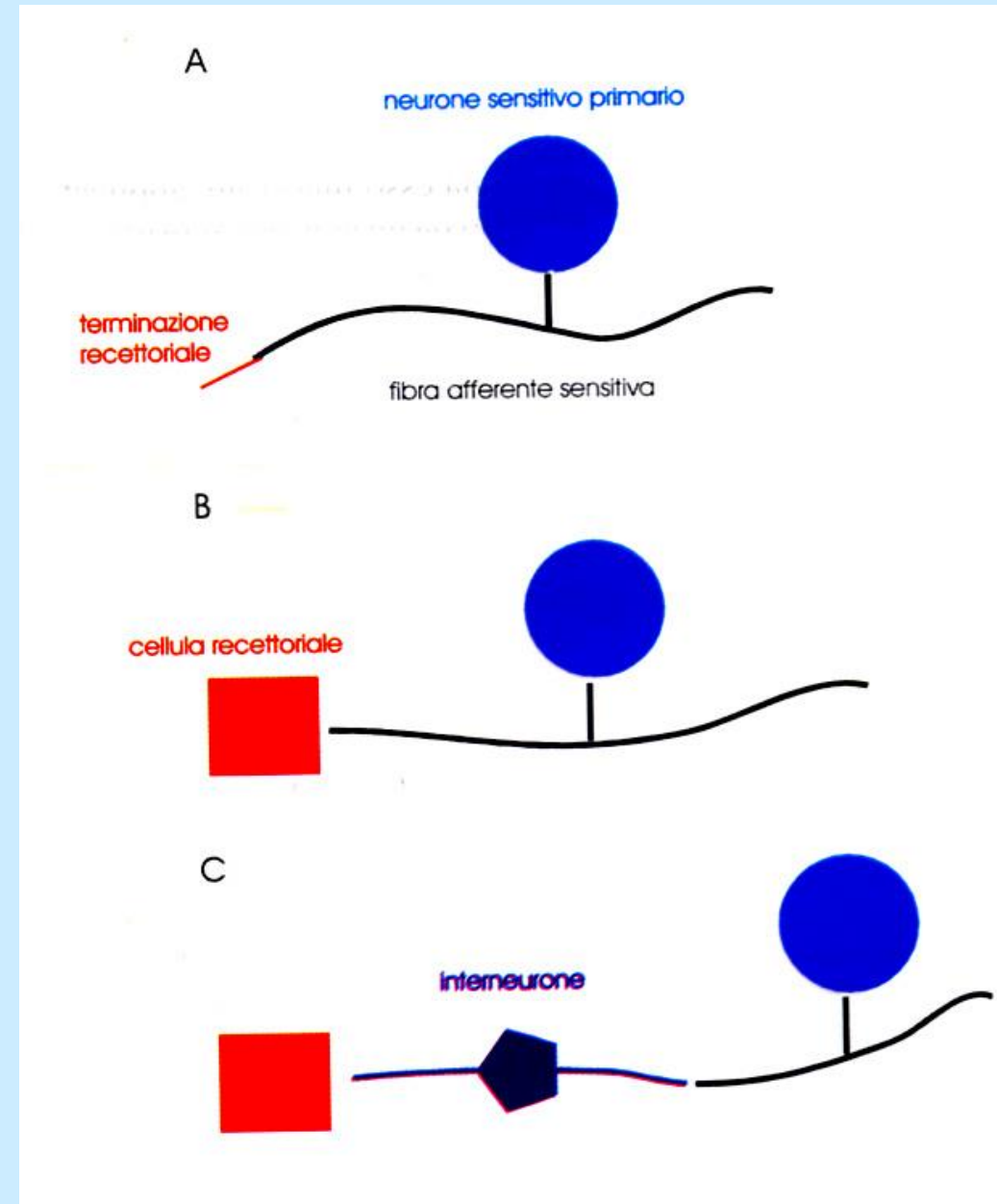


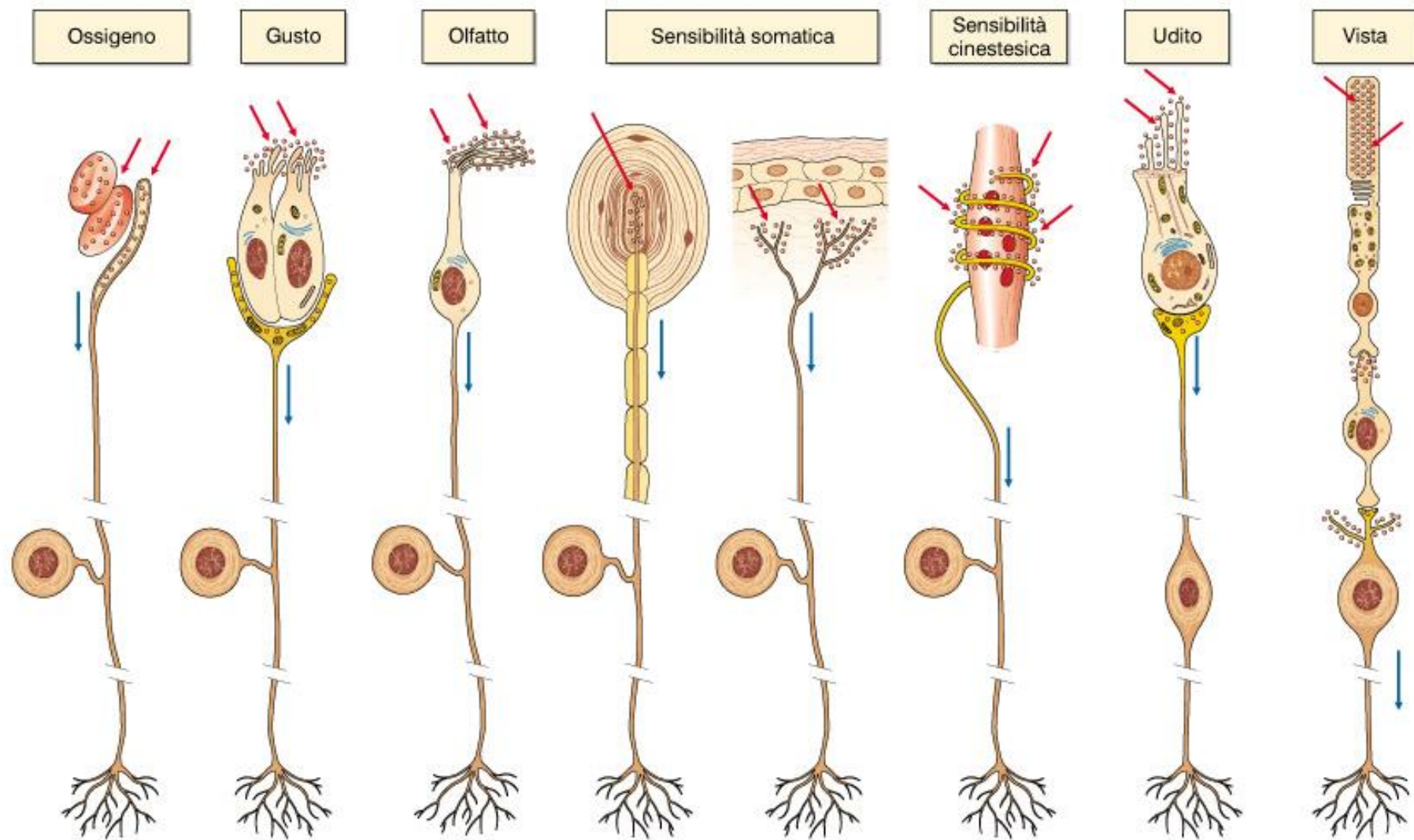
I recettori sensoriali funzionano da trasduttori attivi grazie al fatto che dispongono di un'energia propria, derivante dal metabolismo cellulare, che consente loro di mantenere un proprio potenziale di riposo sul quale si iscrive l'azione dello stimolo.

Classificazione

I recettori sensoriali si possono classificare:

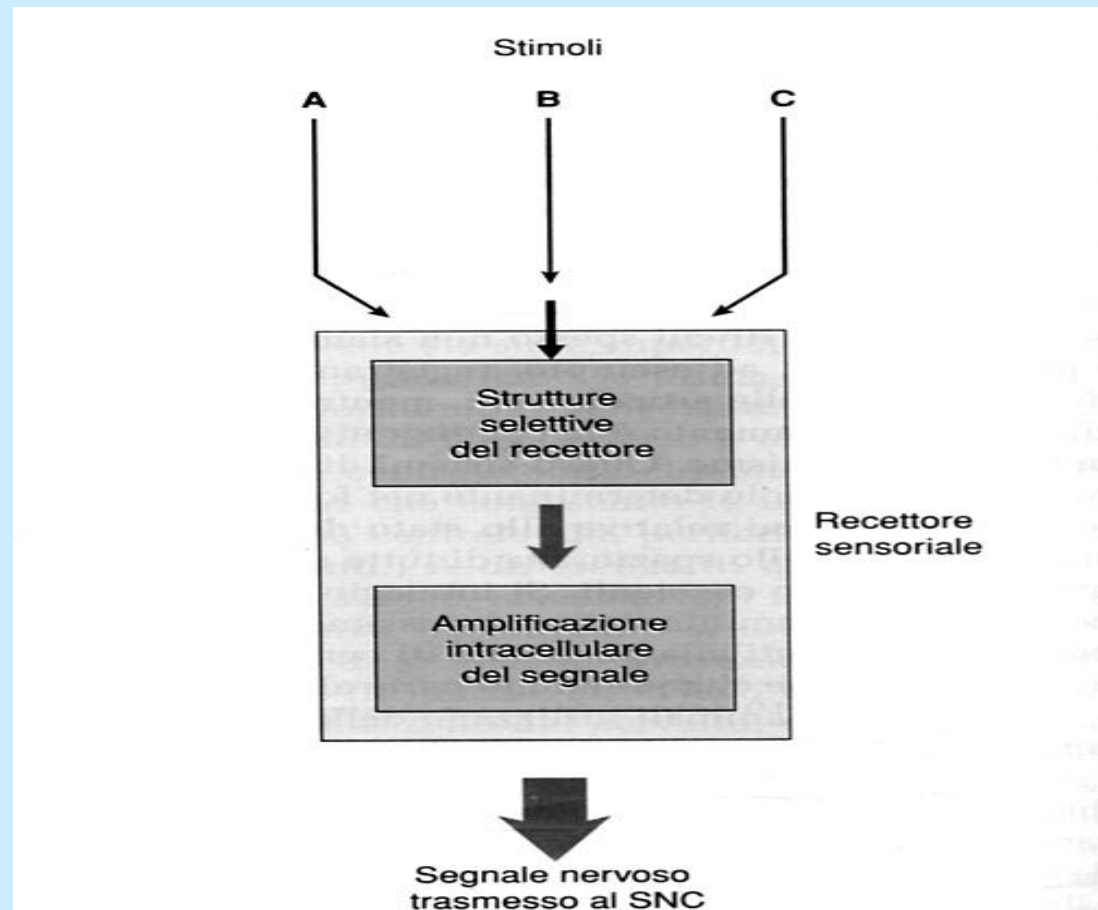
- In base **al tipo di energia** che specificamente li attiva
- In base **alla loro localizzazione** nel corpo dell'individuo
- In base **al tipo di sensazione** che nasce dalla loro stimolazione
- In base **alle loro caratteristiche morfologiche**





Percezione sensoriale

I recettori sensoriali sono **selettivi** per un determinato tipo di stimolo. Cioè sono capaci di essere attivati con quantità minime di energia solo dallo stimolo a cui sono specificamente sensibili.



Tutti i recettori sensoriali realizzano le stesse operazioni fondamentali:

ricezione

amplificazione

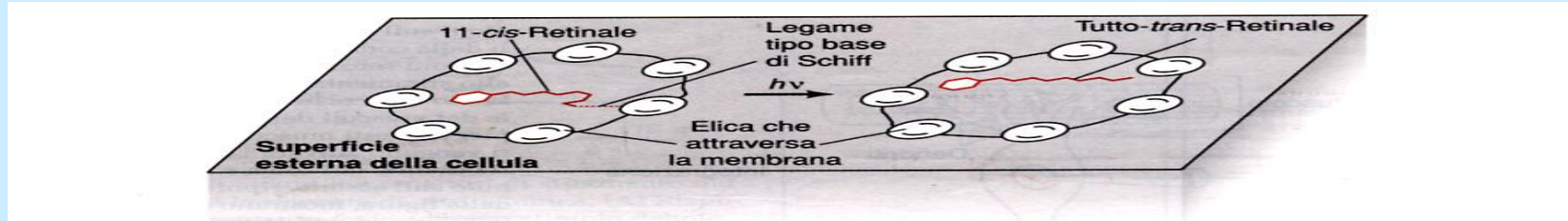
trasduzione

trasmissione o codificazione

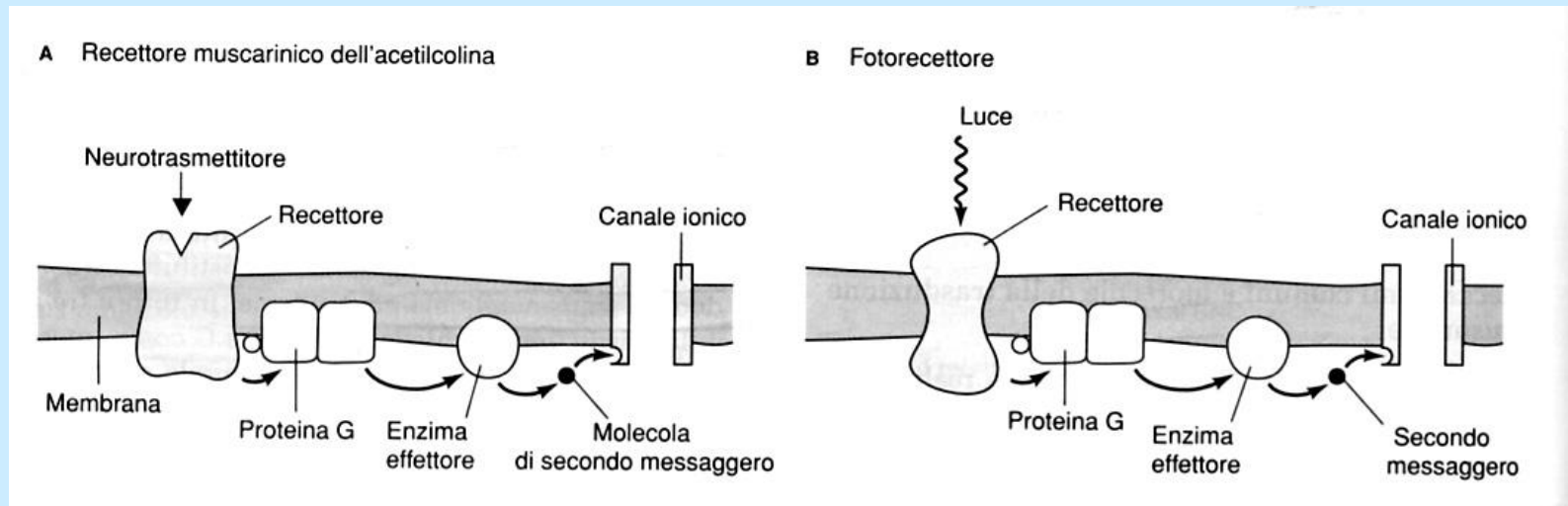
La ricezione sensoriale

- L'evento iniziale della trasduzione sensoriale è la **ricezione**, e si definisce soglia di ricezione la quantità minima di energia contenuta nello stimolo capace di attivare il 50% delle volte un recettore sensoriale.
- Molti recettori sono capaci di captare stimoli la cui quantità di energia è molto prossima al limite teorico: fotocettori sono attivabili da singoli quanti, le cellule cigliate sono attivate da spostamenti di dimensione uguali al diametro di un atomo di H
- La ricezione selettiva per un determinato tipo di stimolo implica l'esistenza, nelle membrane o in strutture ad esse associate di molecole capaci di captare la forma specifica di energia.

Dati recenti indicano che nelle membrane dei recettori di tre dei sensi tipici dei vertebrati - la vista, l'olfatto e la recezione del dolce e dell'amaro – sono presenti delle proteine con un'analogia strutturale.



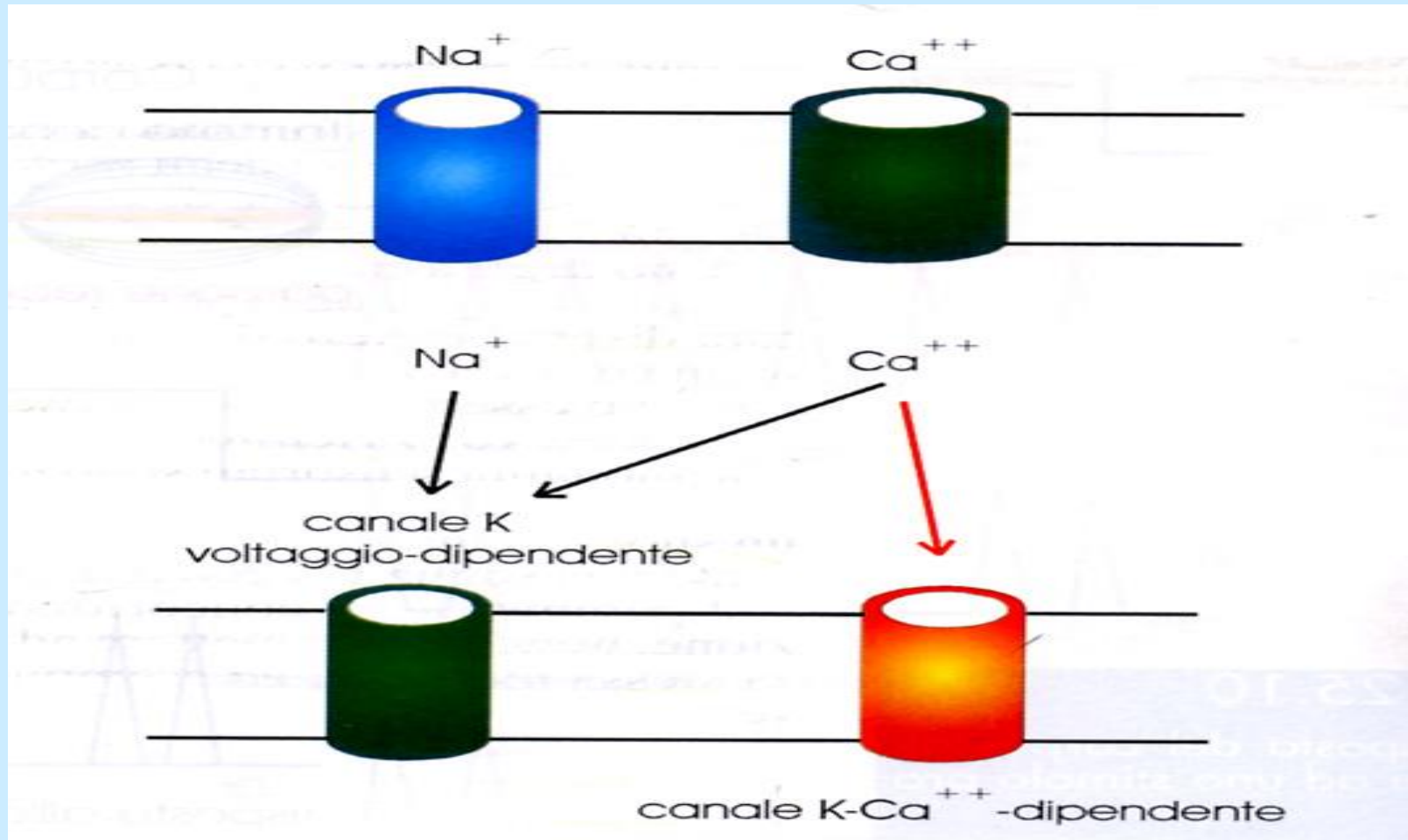
in tutti e tre i casi la trasduzione richiede le proteine G come intermedi.



Trasduzione

- Il primo degli eventi bioelettrici attivati nel recettore dalla stimolazione è rappresentato dal potenziale del recettore.
- Tale potenziale di recettore è prodotto dal movimento trans-membranale di ioni conseguente alle variazioni di permeabilità dovute all'apertura o chiusura, **stimolo dipendente di canali ionici** che fino a non molti anni fa, si ritenevano non selettivi, cioè che lasciavano passare sia Na^+ che K^+ .

E' stato dimostrato recentemente che, in alcuni casi, si aprono canali al Na^+ e Ca^{++} che determinano depolarizzazione. La fuoriuscita del K^+ avverrebbe in un secondo momento per apertura di canali voltaggio dipendenti.

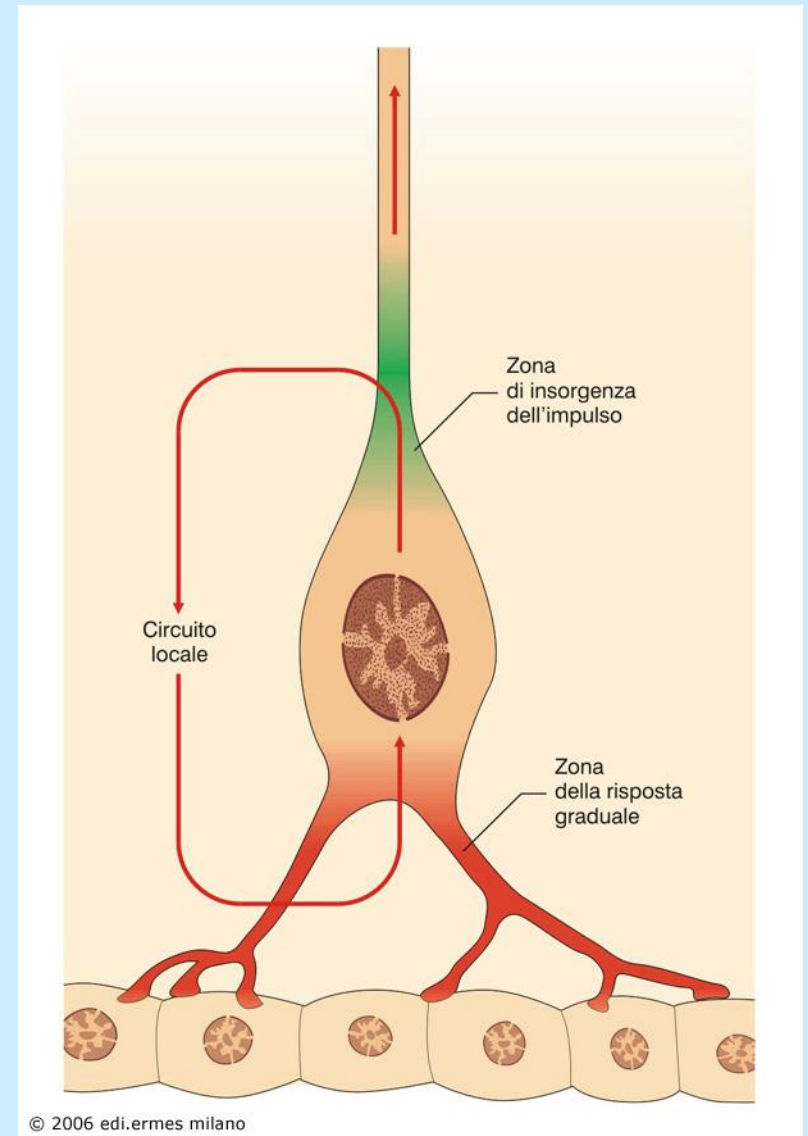


Potenziale del recettore

- L'attivazione massimale di un recettore in risposta ad uno stimolo di saturazione determina un valore massimo del potenziale del recettore che risulta circa intermedio tra i potenziali di equilibrio delle specie ioniche interessate quando per l'apertura di tutti i canali, si instaura un equilibrio dinamico tra i flussi delle specie ioniche.
- Il potenziale del recettore è quindi un fenomeno graduato in funzione dell'intensità dello stimolo e che dura per tutta la durata dello stimolo.

Potenziale del recettore

- Il potenziale del recettore si propaga elettrotonicamente con decremento lungo la membrana e può eventualmente innescare una risposta tutto-o-nulla

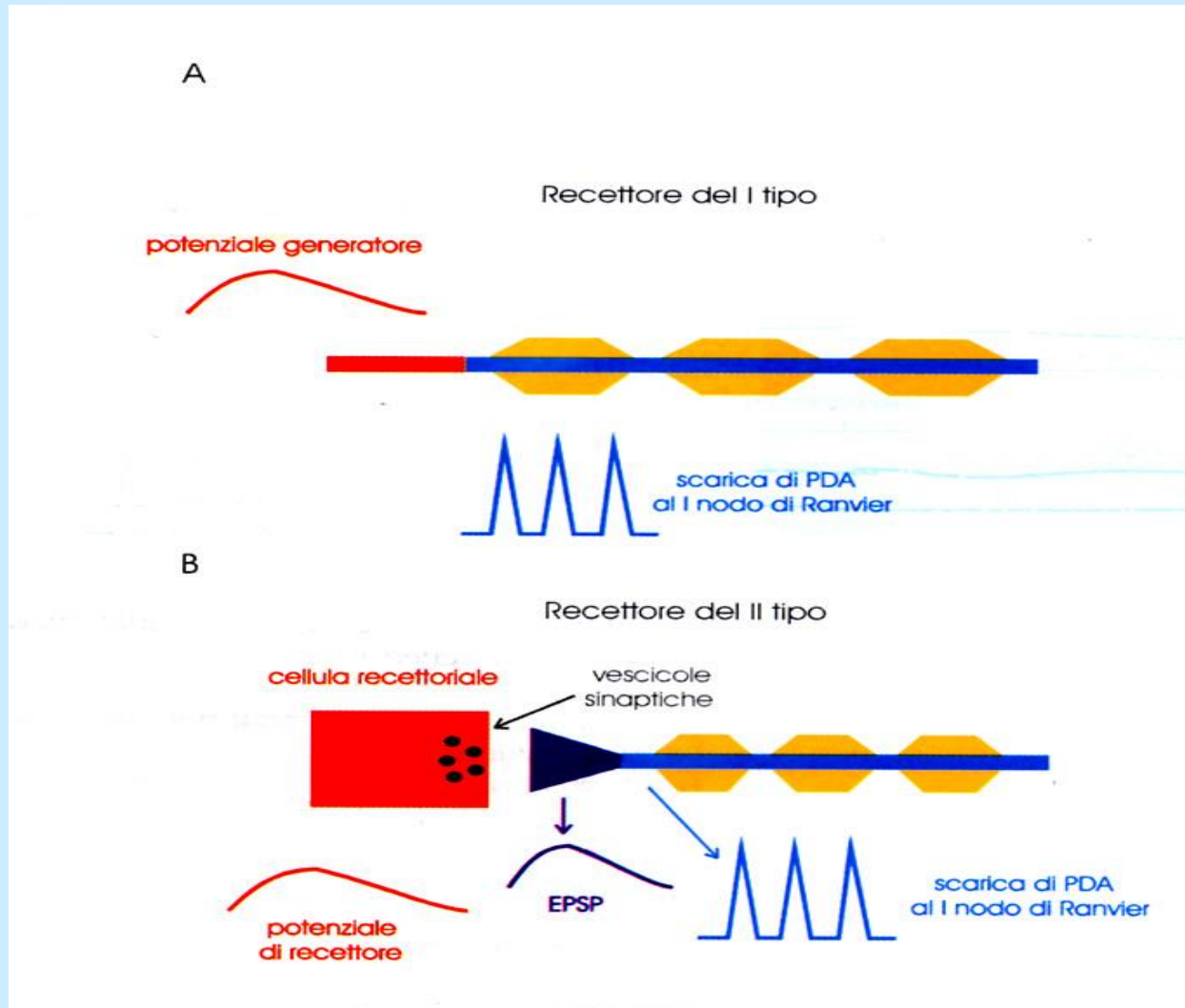


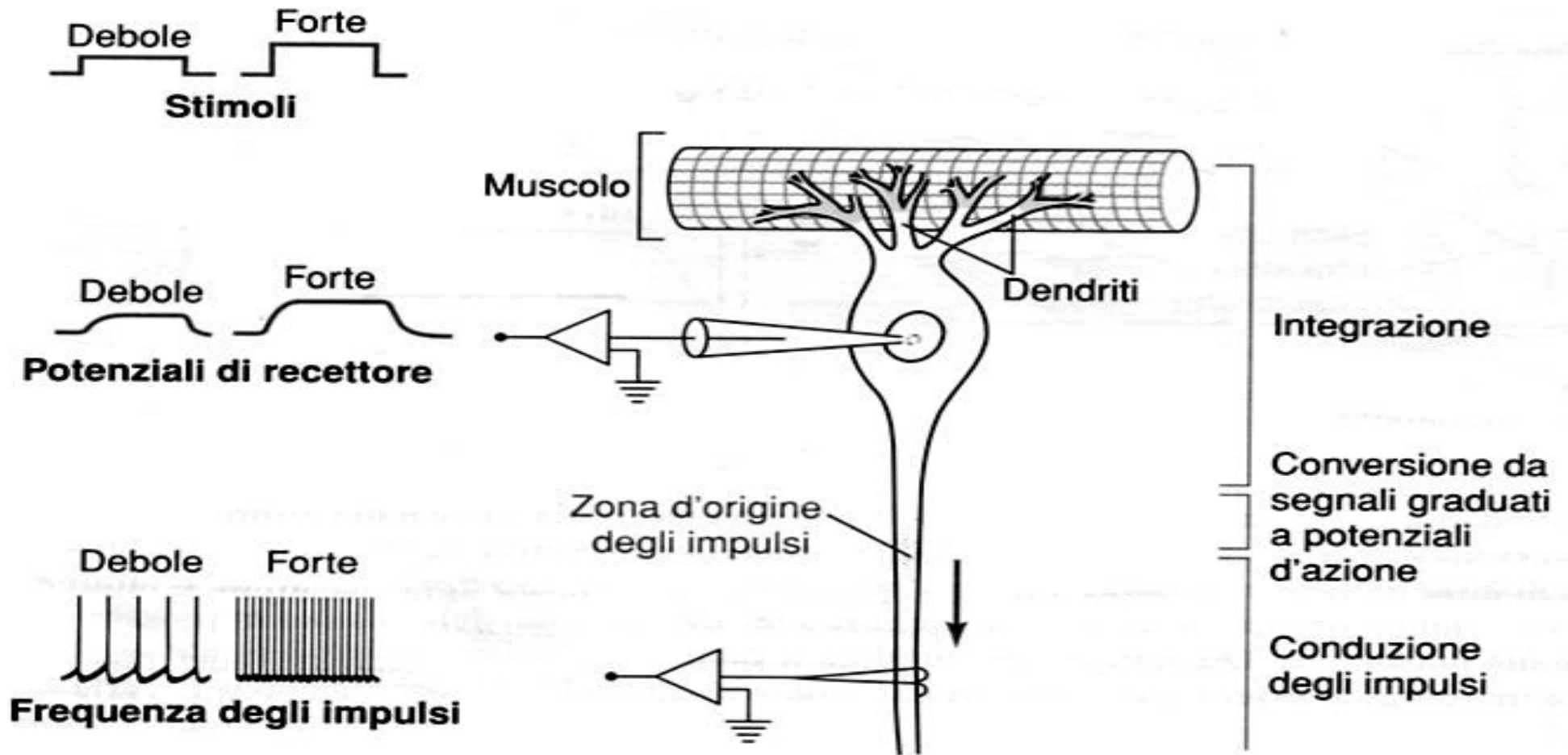
Codificazione

La corrente del recettore non è rigenerativa, pertanto può diffondere solo elettrotonicamente.

Affinchè, l'informazione sensoriale si possa diffondere su lunghe distanze, il potenziale del recettore deve essere codificato in potenziali d'azione.

Ciò si realizza in uno dei seguenti modi:



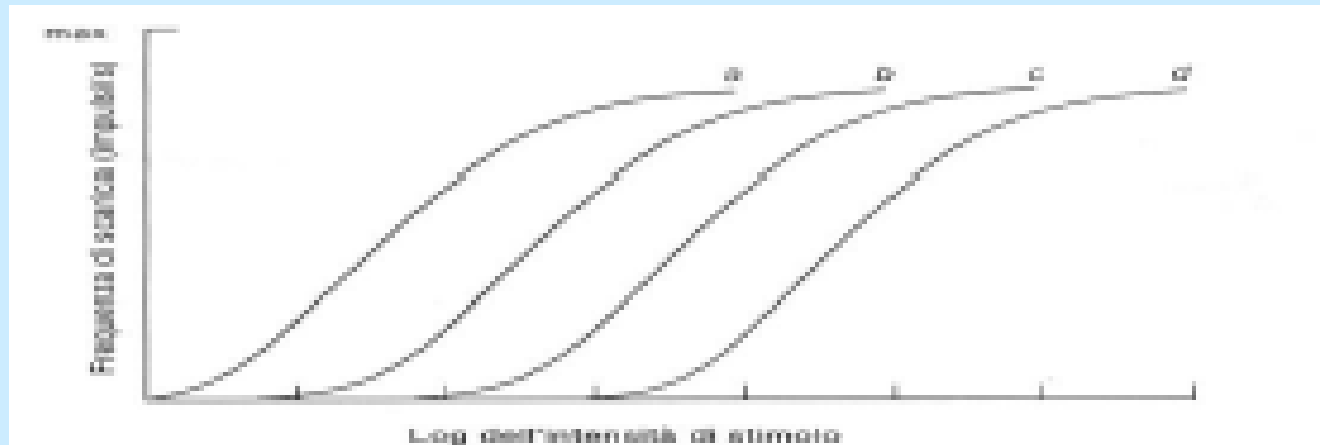


Relazione stimolo frequenza di impulsi



- L'ampiezza del potenziale del recettore dipende in modo lineare dal log dell'intensità dello stimolo, in un ambito di intensità ampio, ma finito. Essendo il potenziale del recettore limitato dal potenziale di inversione e dalle caratteristiche biofisiche della membrana del recettore.
- Entro un determinato intervallo di valori, la frequenza dei potenziali d'azione è in relazione lineare con l'ampiezza del recettore. Il periodo di refrattarietà limita la frequenza massima.
- Dalle relazioni in A e B risulta che, nella maggior parte dei sistemi sensoriali, la risposta della fibra è proporzionale al logaritmo dell'intensità dello stimolo.

Frazionamento dell'ambito sensoriale



L'ambito dinamico di un sistema multineuronale è in genere molto più ampio di quello di una singola fibra.

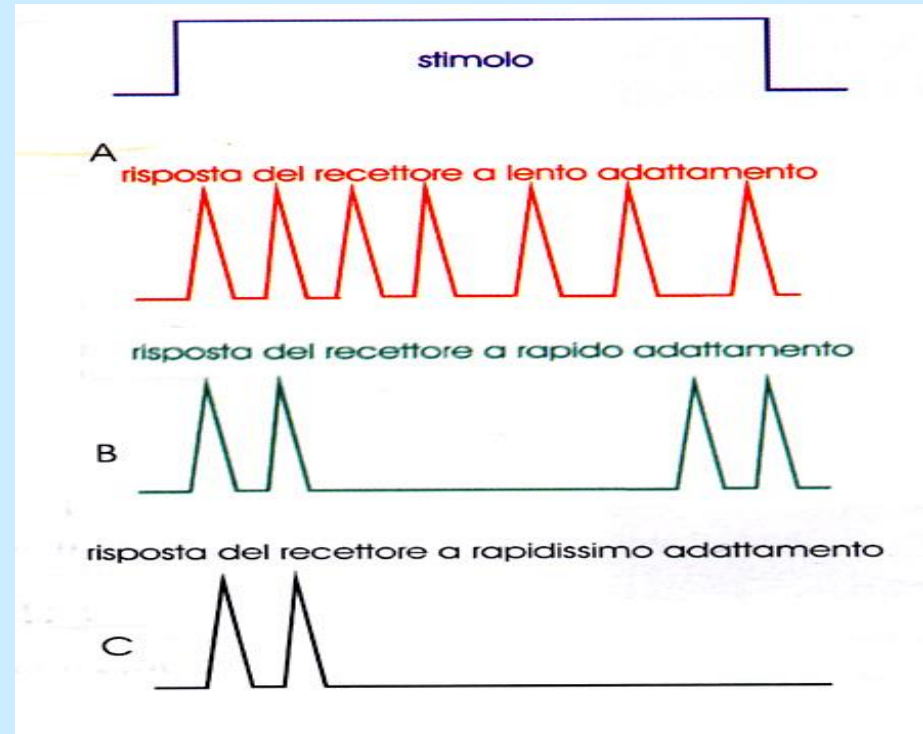
Nell'esempio ogni curva rappresenta la frequenza di scarica di una singola fibra. Ognuna delle 4 fibre presenta un ambito dinamico di circa 3-4 unità log di intensità dello stimolo, mentre l'intero ambito dei 4 neuroni copre 7 unità log di intensità

Adattamento

Normalmente la risposta di un recettore a uno stimolo prolungato è caratterizzata da una durata nettamente inferiore rispetto a quella dello stimolo. Questo fenomeno viene detto adattamento.

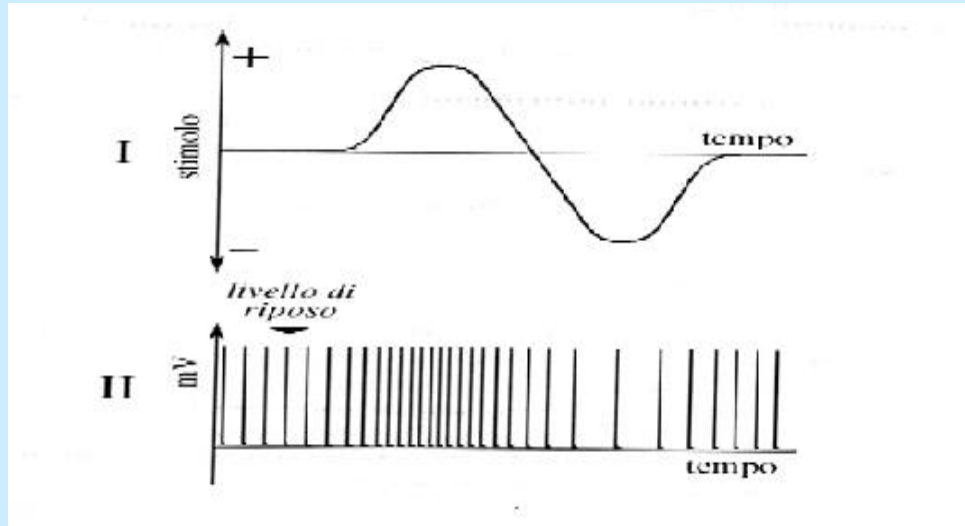
Recettori fasico- tonici

Recettori tonici



L'adattamento è dovuto o a particolari caratteristiche di strutture accessorie del recettore, oppure ad attivazione diretta di canali per il K^+ , in particolare quelli Ca^{++} dipendenti, con conseguente ripolarizzazione della membrana.

Attività spontanea



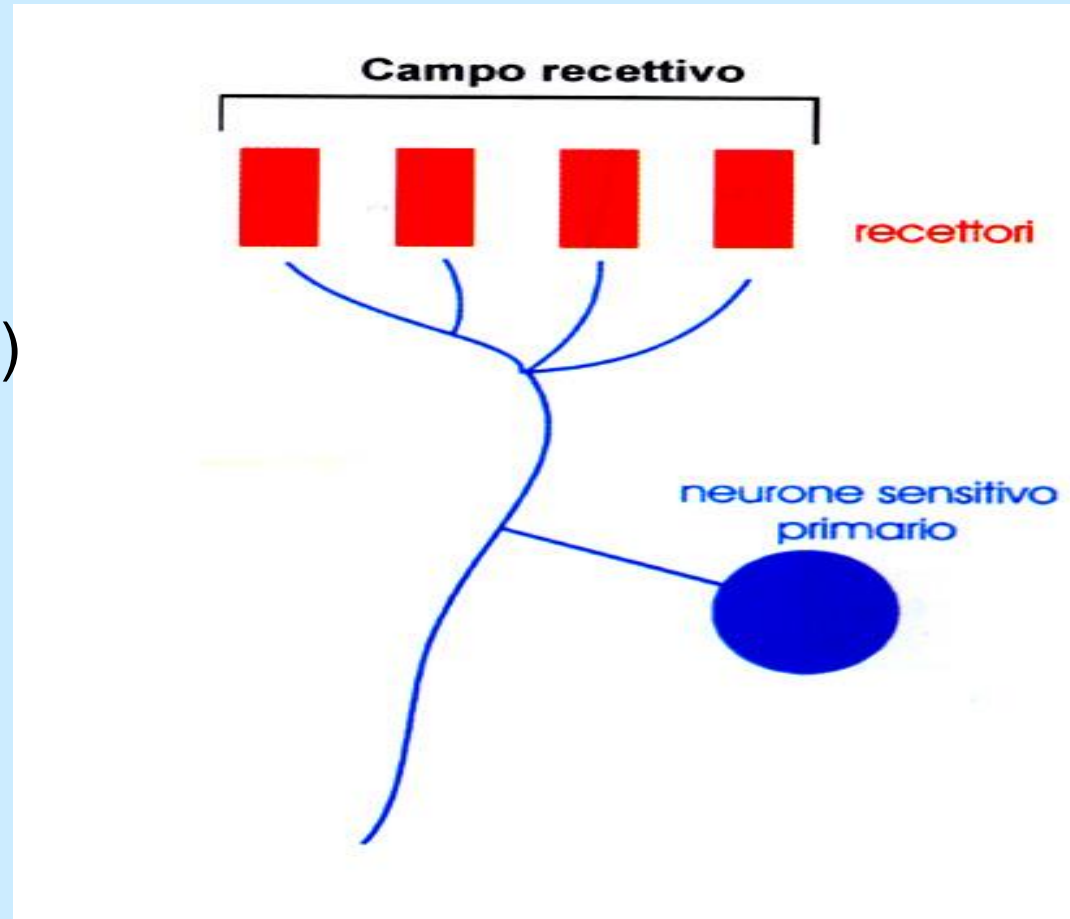
La maggior parte dei neuroni secondari di tutte le vie sensoriali hanno anche a riposo una scarica di potenziali d'azione di base. Ciò determina il vantaggio di poter avere informazioni anche sul segno dello stimolo:

Stimolo positivo = aumento di frequenza

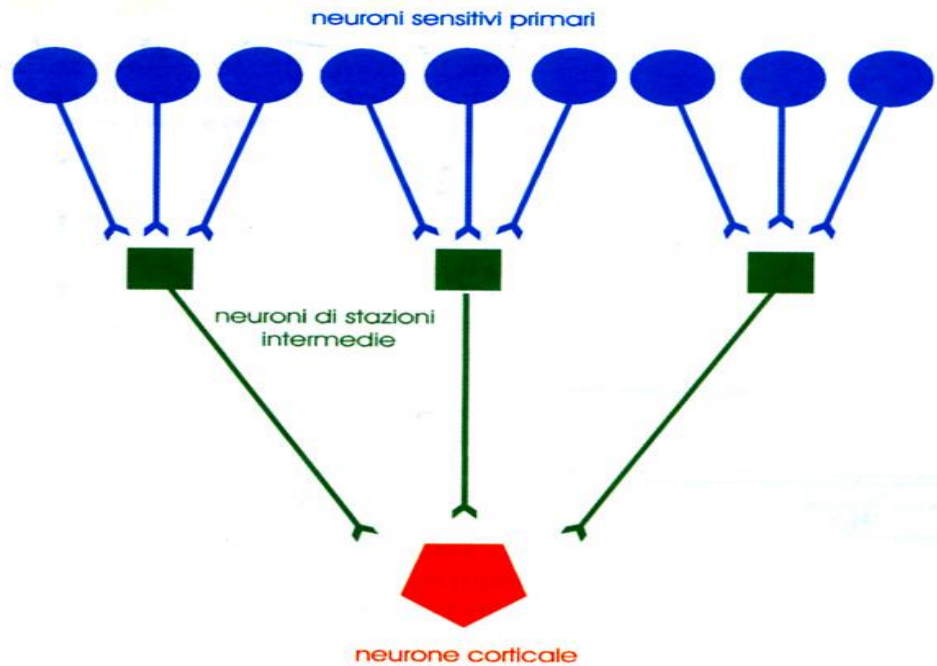
Stimolo negativo = riduzione di frequenza

Campo recettivo

Per campo recettivo di un neurone si intende la porzione di periferia (recettori sensoriali) che quando stimolata da uno stimolo puntiforme porta in attività quel neurone.



Il potere discriminativo spaziale dipende dalla densità dei recettori e da quanto più ristretti sono i loro campi recettivi. D'altro canto è regola generale per tutte le sensibilità che i campi recettivi siano più o meno sovrapposti con la loro parte periferica.

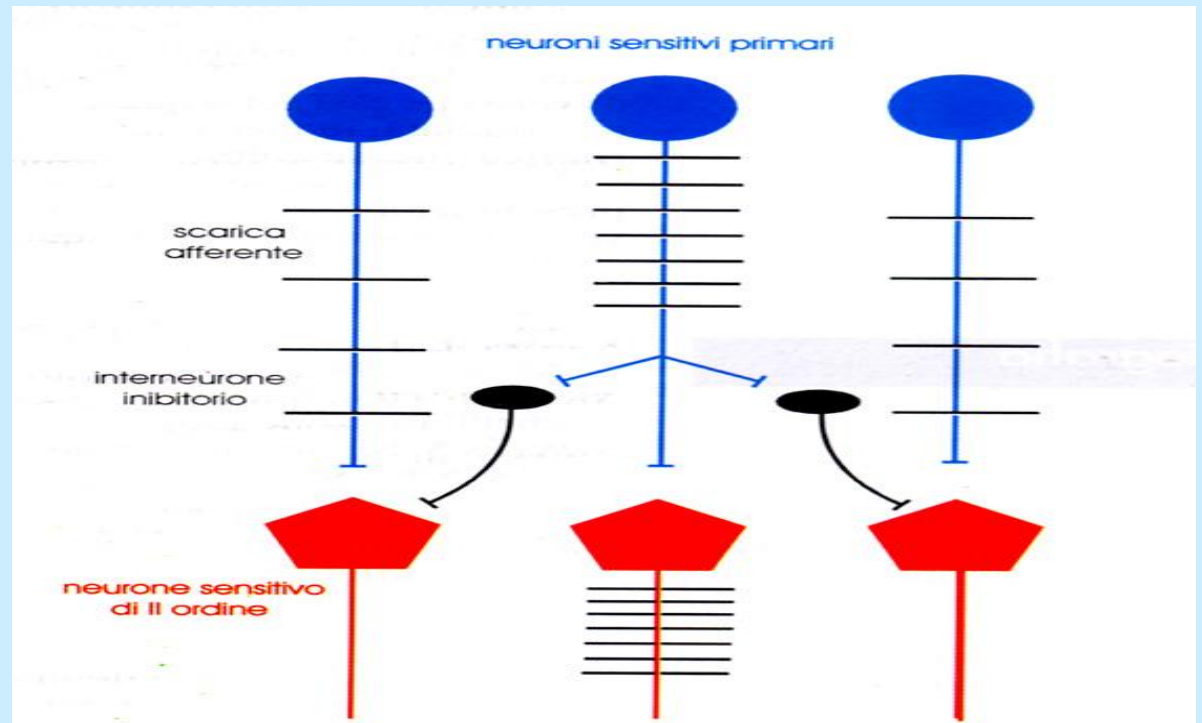


- Il concetto di campo recettivo non riguarda solo i neuroni primari di una via sensitiva, ma riguarda tutte le stazioni nervose cui il messaggio sensitivo è destinato.
- Man mano che si sale nella scala gerarchica delle stazioni intercalate in una via sensitiva, le dimensioni spaziali del campo recettivo aumentano per **il fenomeno della convergenza**.

Inibizione laterale

Il neurone di I ordine oltre a prendere rapporto sinaptico con il neurone di II ordine, entra in contatto, attraverso collaterali, con neuroni inibitori che andranno a inibire l'attività di neuroni di II ordine adiacenti. La conseguenza di tale meccanismo sarà quella di evidenziare l'azione del neurone più eccitato.

Tale meccanismo avviene a livello di tutte le stazioni nervose intercalate lungo il percorso dei sistemi sensoriali.



Ricapitolando:

Variazioni del potenziale di membrana che si verificano nelle cellule eccitabili

-POTENZIALI PROPAGATI: potenziale d'azione

sono generati in membrane dotate di canali voltaggio-dipendenti

-POTENZIALI LOCALI: potenziali del recettore e potenziali post -sinaptici

sono generati da membrane sprovviste di canali voltaggio dipendenti per il Na⁺ ma provviste di canali attivabili dallo stimolo

Caratteristiche dei potenziali d'azione:

- Si propagano: velocità elevata, effetto miccia
- Ampiezza sempre uguale: non dipende dall'intensità dello stimolo (purchè sopra soglia). Seguono la legge del tutto o nulla.
- Sono transitori
- Non sono sommabili
- Presentano refrattarietà: mentre sta generando un potenziale d'azione la membrana transitoriamente è ineccitabile
- L'intensità dello stimolo è codificata in frequenza di impulsi

Vantaggi: rapida comunicazione su grandi distanze

Limite: non informa su segnali di polarità opposta.

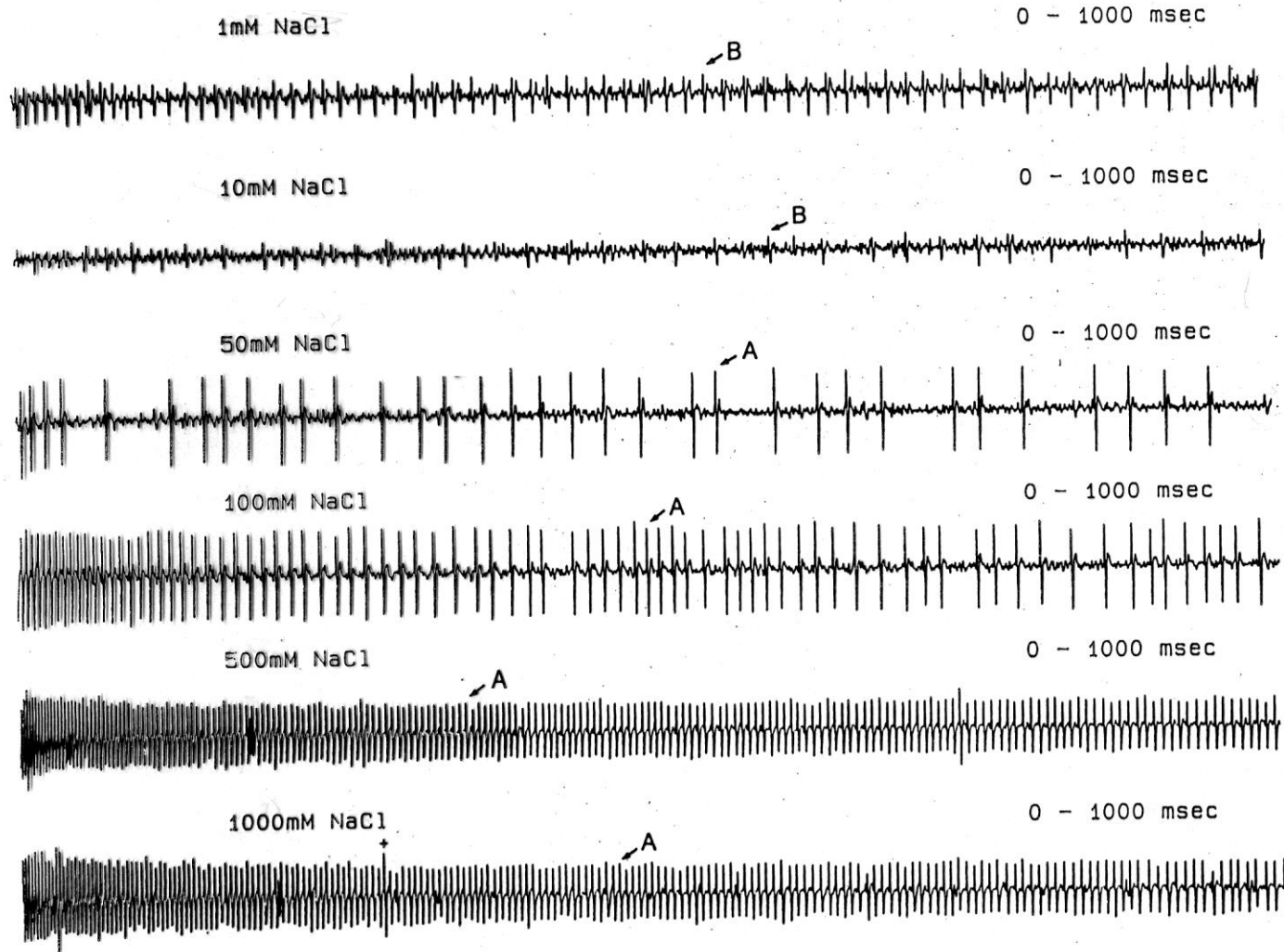
CARATTERISTICHE dei potenziali locali

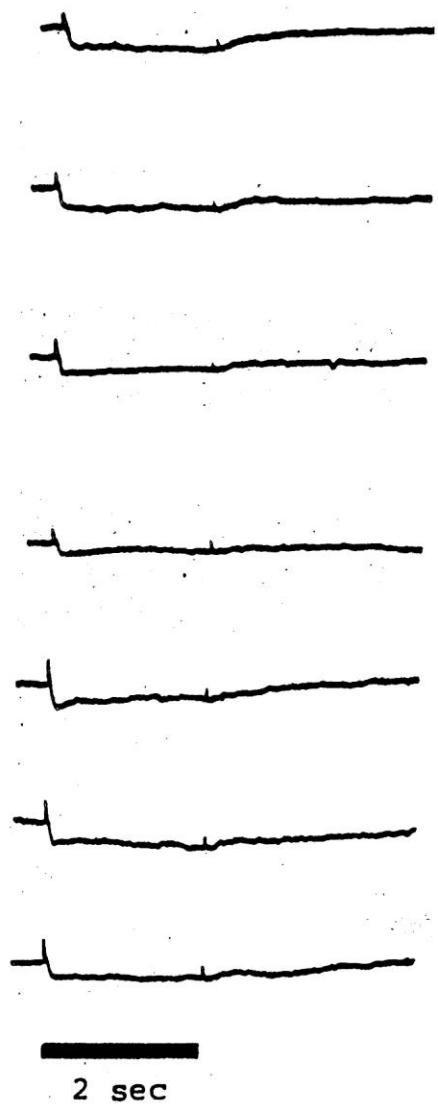
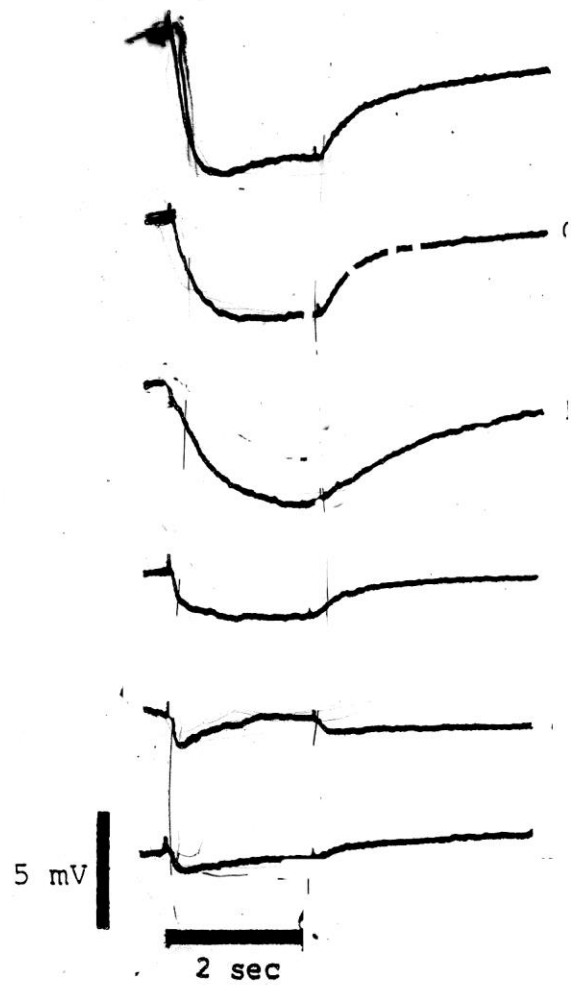
- Pur influenzando per via elettrotonica le regioni vicine a quella ove si generano, si trasmettono con decadimento solo a breve distanza
- Sono graduali
- Durata simile a quella dello stimolo
- Sono sommabili temporalmente e spazialmente
- Non presentano refrattarietà

LIMITE: breve distanza

VANTAGGIO: comunicano in modo diretto informazioni sulla durata e sull'intensità. Comunicano informazioni sul segno dello stimolo

Chemosensilli "Intermediate"





Di seguito titolo, autore e editore delle fonti da cui sono state prese le immagini e i video mostrati durante le lezioni di fisiologia come supporto didattico :

Fisiologia, Stanfield - German, Edises

Fisiologia, Silverthorn, Ambrosiana

Fisiologia, Berne – Levy, Ambrosiana

Fisiologia generale e umana, Rhoades- Pflanzner, Piccin

Physiology Animations, versione 2.2.07 Argosy Publishing, Inc., 2007-20017