

Recettori cellulari

I sensi

- Nell'antica Grecia, **Aristotele** classifica le sensazioni che riceviamo dal mondo esterno **in cinque sensi distinti: vista, udito, tatto, olfatto, gusto.**
- Nel settecento, **Locke** afferma che la mente è una *tabula rasa* plasmata dall'esperienza, mentre **Kant** sostiene che vi sono delle categorie *a priori* nel nostro modo di conoscere.
- Nell'Ottocento, nasce la **psicologia sperimentale** (Weber, Fechner, Helmholtz, Wundt) che cerca di ricondurre i fenomeni psicologici a fenomeni fisici.
- Mach (1806) ipotizza l'esistenza di un "senso del movimento", situato nell'apparato vestibolare, e Bell (1834) l'esistenza di un "senso muscolare". Nasce il concetto di **propriocezione**, esplorato a fondo da Sherrington.

Funzioni dell'encefalo

L'encefalo svolge tante attività, tra cui:

- la **recezione** delle informazioni provenienti dall'ambiente esterno o dall'ambiente interno
- l'**elaborazione** di queste informazioni
- il **comportamento**, che può consistere nell'attivazione di muscoli o di sistemi per avere una risposta alle informazioni

Recezione sensoriale

Da dove provengono le informazioni ...
...che riguardano l'ambiente?

Dall'esterno e dall'interno

Cosa sentiamo ?

- **Esterocettori:** ricevono dati dal mondo esterno
- **Enterocettori:** ricevono dati dall'ambiente interno all'organismo
- **Propriocettori:** ricevono dati sulla posizione dell'individuo nel mondo esterno

Recettori sensoriali

- Rilevano una determinata forma di *energia*
- Trasducono un segnale *stimolo* in un segnale elettrico
- Misurano stimoli importanti per la sopravvivenza

Classi di recettori sensoriali

- **Fotorecettori**
 - Rispondono alla luce
- **Meccanorecettori**
 - Rispondono a deformazioni meccaniche
- **Termocettori**
 - Rispondono a variazioni di temperatura
- **Chemorecettori**
 - Rispondono alla presenza di determinate molecole

Recettori sensoriali

- Fotorecettori
 - Coni (visione fotopica)
 - Bastoncelli (visione scotopica)
 - Neuroni gangliari
- Meccanorecettori
 - Recettori cutanei
 - Pacini (vibrazione, derma)
 - Ruffini (pressione, derma)
 - Meissner (vibrazione)
 - Merkel (pressione)
 - Cellule ciliate
 - Acustiche (udito)
 - Vestibolari (equilibrio)
 - Propriocettori
 - Fusi neuromuscolari
 - Organi tendinei del Golgi
 - Recettori di stiramento nei visceri
 - Nocicettori
- Termocettori
 - Recettori del caldo
 - Recettori del caldo intenso
 - Recettori del freddo
 - Recettori del freddo intenso
- Chemorecettori
 - Neuroni olfattivi
 - Olfattivi primari
 - Vomeronasali
 - Cellule gustative
 - Nocicettori
 - Recettori del prurito
 - Altri (recettori dei glomi carotidei, etc)

Caratteristiche degli stimoli sensoriali

- **Modalità**

- Quale forma di energia attiva il recettore in modo efficace?

- **Intensità**

- Quanta energia contiene lo stimolo?

- **Localizzazione**

- Quale popolazione di recettori viene attivata?

- **Cinetica**

- Quanto durano stimolo e risposta?

Modalità

Esistono diverse forme di **energia** che attivano i recettori sensoriali, per esempio: tatto, pressione, tremore, vibrazione, freddo, caldo, dolore, onde sonore, olfatto e gusto (energia chimica), radiazioni luminose, ecc...

Uno **stimolo efficace** per un dato organo sensoriale non evoca risposte da tutti i suoi recettori (es. coni L rispondono alla luce rossa ma non alla luce blu).

Per ciascun recettore è possibile misurare qual è lo **stimolo ottimale (stimolo efficace ad energia minima)**. Per capire quale sia lo stimolo ottimale per un recettore, lo si sottopone a stimoli di intensità costante ma con un parametro variabile. Ad esempio, si può stimolare una fibra del nervo acustico *in situ* con suoni di uguale intensità ma diversa frequenza.

La trasduzione

Come avviene la trasduzione
dell'energia del segnale stimolo
in una risposta elettrica?

La **trasduzione** dell'energia dello stimolo in una risposta elettrica avviene in diversi passaggi:

- Lo stimolo *efficace* modula una corrente ionica (**corrente di recettore**, *cdr*).
- La corrente di recettore genera un **potenziale di recettore o generatore** (*pdr*) **graduale** simile ai potenziali post-sinaptici.
- Il **potenziale di recettore** modula la **scarica di potenziali d'azione** nelle fibre nervose afferenti dirette al SNC.

Diversità tra recettori

Esistono diversi tipi di recettori:

- **Recettori di tipo I:** sono cellule di origine nervosa e sono quindi costituiti da terminazioni nervose libere e possiedono l'assone, esempi sono i **nocicettori**, i **corpuscoli del Pacini** e i **neuroni olfattivi**.
- **Recettori di tipo II:** sono cellule di origine non nervosa, prive di assone, esempi sono le **cellule ciliate** e le **cellule gustative**.

Se il recettore si trova in una cellula di origine nervosa avremo un **potenziale generatore**, invece se si trova a livello di una cellula di origine diversa si avrà un **potenziale di recettore**.

Quindi, lo **stimolo efficace apre (o chiude) un certo numero di canali CNG o TRP**.

Le correnti ioniche generano un potenziale che può essere:

- Il **potenziale generatore (nei recettori di tipo I)** si comporta esattamente come un **potenziale post-sinaptico eccitatorio** dato che, se raggiunge la soglia, può dare origine al **potenziale di azione** da solo. Questa **scarica di potenziali di azione viaggiano lungo l'assone** e arrivano al **SNC** (avviene direttamente).

- Il **potenziale del recettore (nei recettori di tipo II)** evoca il **rilascio di neurotrasmettitore**, il quale genererà un **potenziale post-sinaptico eccitatorio nel neurone afferente primario**. Questi potenziali post-sinaptici vengono codificati in una **scarica di potenziali d'azione** che viaggiano lungo l'assone fino al **SNC** (avviene indirettamente).

Sono entrambi **potenziali gradual**i, devono raggiungere la soglia per dare origine al potenziale d'azione.

Intensità

L'intensità dello stimolo è codificata come frequenza dei potenziali d'azione nelle fibre nervose afferenti.

La frequenza è proporzionale allo stimolo percepito ma non allo stimolo reale, cioè la frequenza dei potenziali dipende dal tipo di recettore.

Trasduzione e percezione del segnale

La percezione varia in modo non lineare con l'ampiezza dello stimolo (la differenza tra sollevare 1 kg e 2 kg non è uguale alla differenza tra sollevare 10 e 11 kg!!)

Legge di Weber:

$$DS=K \times S$$

DS= minima differenza percepibile tra due stimoli

S= intensità dello stimolo

Per una data modalità sensoriale, K è costante

A proposito dell'intensità, bisogna dare alcune definizioni:

- ***Soglia del segnale***: intensità alla quale il segnale viene percepito nel 50% dei casi
- ***Soglia di discriminazione***: minima differenza avvertibile in un dato parametro sensoriale
- ***Adattamento***: variazione della soglia di percezione o discriminazione.

L'**adattamento** riguarda per esempio la percezione olfattiva: se entro in un ambiente dove si fuma percepisco immediatamente l'odore, se poi sto in quell'ambiente per più tempo, si abbassa la soglia di discriminazione e non percepisco più l'odore del fumo.

Esempi di recettori

- Canali meccanosensibili

Meccanotrasduzione: processo tramite il quale le cellule convertono uno stimolo meccanico in un potenziale elettrico

- Dove si trovano?

Meccanocettori: strutture specializzate stimulate da deformazioni meccaniche

- Come si studiano?

Ruolo fisiologico:

- udito
- equilibrio
- tatto
- regolazione dell'omeostasi
- tropismo gravitazionale
- controllo del turgore

Corpuscolo del Pacini

I **corpuscoli del Pacini** sono **terminazioni nervose specializzate** che si trovano nel **derma** e che sono sensibili a stimoli meccanici (**tatto-pressione**). Queste terminazioni sono specializzate perché si trovano avvolte da più **strati di lamelle connettivali**.

La pressione sulla superficie cutanea comporta una deformazione delle lamelle, la quale si ripercuote sulla membrana della terminazione nervosa e determina l'apertura dei canali **TRP**. Questo consente l'**ingresso di Na^+ in grande quantità** e la **fuoriuscita di poco K^+** , e quindi si ha una **depolarizzazione** del tratto sotto le lamelle e quindi si ottiene il cosiddetto **potenziale generatore (recettore I tipo)**, che è un **potenziale graduato**.

Questo potenziale generatore consente, a livello del **I nodo di Ranvier**, che contiene canali Na^+ voltaggio-dipendenti e K^+ voltaggio-dipendenti, il raggiungimento della **soglia** e così si genera il **potenziale d'azione** e da qui il potenziale d'azione viaggia **senza decremento** fino al SNC.

Quindi a livello del I nodo di Ranvier si ha la **codificazione**.

Il **corpo cellulare** di questi neuroni, che sono **neuroni sensitivi**, si trova nel **ganglio della radice dorsale** del midollo spinale. Questi neuroni sono chiamati **cellule a T o pseudounipolari**, e presentano due prolungamenti, uno che si porta alla periferia, quindi verso il derma, e da un altro che va verso il midollo spinale.

Il **neurone di primo ordine** risale lungo il midollo spinale e a livello del **midollo allungato** sinapta con il **neurone di secondo ordine**, la via decussa e giunge fino al **talamo**, a livello del quale vi è un'ulteriore sinapsi con il neurone di terzo ordine, che poi arriva alla **corteccia controlaterale**. Dunque una stimolazione a sinistra finisce sulla corteccia di destra, e una stimolazione a destra finisce sulla corteccia di sinistra.

In questa via allora si identificano tre neuroni: il **neurone di I ordine** che si trova nei **gangli**, il **neurone di II ordine** che si trova a livello del **midollo allungato** e il **neurone di III ordine** che si trova nel **talamo**.

Nel momento in cui questa informazione arriva alla **corteccia**, ci saranno altri neuroni che saranno attivati da questa informazione.

Maggiore è la pressione, tanto più il recettore si depolarizza, tanto **maggiore è il numero di potenziali d'azione/secondo che sono generati**. Inoltre, una pressione maggiore andrà ad attivare un numero maggiore di corpuscoli del Pacini rispetto ad una pressione lieve.

Il corpuscolo del Pacini è un **recettore fasico a rapido adattamento**. Questo recettore quindi segue la variazione dello stimolo nel tempo.

Le fibre del corpuscolo del Pacini appartengono al **gruppo 1°** e sono **grosse e a conduzione veloce**.

Le fibre afferenti sensoriali di tutti i corpuscoli del Pacini si inseriscono nel midollo spinale **ordinatamente**, in particolare si parla di **organizzazione somatotopica**.

In questo modo si mette in correlazione una determinata zona della cute, definita in generale **dermatomero**, con la parte del midollo spinale che contiene le corrispondenti fibre afferenti, chiamata **mielomero**.

Questa corrispondenza è precisa proprio per garantire un riconoscimento immediato della localizzazione dello stimolo (la via del recettore è una via **unica**).

Anche nella **corteccia** le afferenze arrivano in punti precisi in base a dove parte l'informazione.

A livello della **cute** ci sono delle aree più sensibili rispetto ad altre, e la **sensibilità** di una determinata parte di cute è in relazione al **numero di recettori** che sono presenti in quella zona. Le zone più sensibili avranno una **maggiore area a livello della corteccia**.

Questa situazione prende il nome di **homunculus**, per dire che a livello della corteccia abbiamo una organizzazione somatotopica che non ha la stessa corrispondenza con quella che è la superficie cutanea.

Possiamo dire quindi che dove ci sono più recettori ci sarà una maggiore sensibilità, perché sarà coinvolta una maggiore area di corteccia.

Cinetica

In base alle loro cinetiche, i recettori possono essere distinti in:

- **Recettori tonici**: seguono l'**andamento** dello stimolo nel senso che se lo stimolo rimane costante nel tempo, il recettore scarica per tutto il tempo dello stimolo. Si tratta di recettori a **lento adattamento** ed esempi sono rappresentati dalle terminazioni del **Ruffini** e dai dischi di **Merkel**;

- **Recettori fasici**: seguono le **variazioni** dello stimolo nel tempo nel senso che se lo stimolo rimane costante nel tempo il recettore diventa silente, cioè interrompe la sua frequenza di scarica. Solo quando lo stimolo termina o si modifica si ha un'ulteriore scarica. Si tratta di recettori a **rapido adattamento** ed esempi sono rappresentati dai corpuscoli del **Pacini** e dai corpuscoli di **Meissner**.

Questo meccanismo è quello che ci consente di non sentire più i vestiti addosso una volta che li abbiamo indossati, proprio perché la scarica dei corpuscoli del Pacini diminuisce. Se lo stimolo varia allora percepirò la presenza dei vestiti perché si ha una scarica da parte dei corpuscoli del Pacini.

L'adattamento può anche essere dovuto a modificazioni di strutture accessorie come nel caso della **pupilla**. Essa si dilata per fare entrare più luce in condizioni di buio, mentre si restringe per ridurre la quantità di luce quando siamo in pieno sole