

## RIPASSO IN SINTESI NEURO

### SISTEMA NERVOSO

Il sistema nervoso è suddiviso in SNC e in SNP.

Il cervello è costituito da 3 meningi: la dura madre, l'aracnoide e la pia madre.

All'interno delle meningi c'è un liquido che serve per proteggere il cervello dagli urti e che è il liquido cerebro-spinale.

Il tronco dell'encefalo è costituito da 3 parti: il bulbo, il ponte e il mesencefalo.

Ci sono poi 2 strutture:

- il **sistema limbico** *circuito di Pavez* (che è una struttura mediana posta attorno al talamo);
- **gangli della base** (sono 3 nuclei: caudato, putamen e globo pallido che sono posti lateralmente al talamo) che svolgono un ruolo di sostegno e di nutrimento dei neuroni.

Ci sono poi 2 tipi di **GLIA** (rivestimenti):

- 1- serve per mettere insieme gli assoni del SNP (**cellula di Schwann**);
- 2- serve per mettere insieme gli assoni del SNC.

Ci sono poi vari tipi di neuroni: neurone unipolare, bipolare e multipolare.

La mielina non ricopre tutta la lunghezza dell'assone, ma si attorciglia intorno agli assoni in modo da lasciare dei punti scoperti (**NODI di RANVIER**). In questi punti quindi manca la protezione.

### ATTIVITA' CHIMICA dei NEURONI

Il neurone è a riposo (potenziale di riposo) quando non è in attività (in una fase in cui non scarica).

L'interno della cellula è più elettronegativo rispetto all'esterno (cioè c'è una differenza di potenziale tra interno ed esterno di 70 m/v). 10 cariche positive all'esterno contro 5 cariche positive all'interno della cellula fanno una differenza di potenziale di  $-5$  m/v all'interno della cellula rispetto all'esterno. Quindi le differenze di potenziale negativo possono essere provocate da una diversa distribuzione di cariche positive. Quando è più positiva fuori si ha un potenziale di riposo. Quando le cariche positive si spostano, si ha un potenziale d'azione.

Le membrane hanno dei canali che sono selettivi per certi tipi di ioni e che quindi lasciano passare alcuni di questi ioni. Gli ioni interessati sono gli ioni sodio e potassio.

Quindi gli ioni sodio tendono ad entrare nella cellula depolarizzandola (cioè riducendo la differenza di potenziale da  $-70$  m/v a  $0$  m/v), mentre gli ioni potassio tenderanno ad uscire, aumentando il potenziale di membrana (portandola da  $-70$  a  $-80$  o  $-90$ ).

C'è una differenza però, e cioè che la membrana cellulare è molto più permeabile al potassio piuttosto che al sodio, per cui si ha un flusso di ioni potassio dall'interno all'esterno costantemente.

Il flusso degli ioni sodio che entra è piccolo, però non si arriva fino a  $-90$  (che sarebbe il potenziale di equilibrio del potassio) perché esiste la **pompa sodio/potassio** che è un meccanismo attivo che recupera gli ioni sodio che sono entrati in eccesso e li espelle, e recupera gli ioni potassio che sono usciti e li riporta dentro, in modo tale che ritorna una differenza di membrana di  $-70$ .

Si può depolarizzare o iperpolarizzare una cellula, però solo con la depolarizzazione si ha un **potenziale d'azione**. C'è un valore soglia, oltrepassato il quale c'è un potenziale d'azione.

Il potenziale d'azione ha un cambiamento rapido (fenomeno del **tutto o nulla**) non variabile del potenziale di membrana da  $-70$  a  $+30$ .

Durante il potenziale d'azione, nella prima parte c'è un'entrata massiccia di ioni sodio e un'uscita di ioni potassio che ristabilisce il valore del potenziale di membrana di riposo ( $-70$ ).

Durante il potenziale d'azione non si riesce ad avere nella cellula un altro potenziale d'azione e questo periodo è chiamato **periodo refrattario assoluto** (in attivazione dei canali sodio) perché possiamo aumentare molto la nostra potenza elettrica, ma non è possibile fare in modo che una volta iniziato un potenziale d'azione, prima che questo finisca inizi un altro potenziale d'azione.

In questo periodo dopo il potenziale d'azione (una iperpolarizzazione da  $-70$  a  $-80$ ) occorre dare uno stimolo più intenso per riuscire a provocare un potenziale d'azione: questo periodo è chiamato **periodo refrattario relativo** (i canali potassio restano aperti).

Quindi:

durante queste variazioni di potenziale si hanno cambiamenti nella soglia di reazione agli stimoli dei neuroni. Si ha un periodo refrattario durante la fase ascendente e la prima parte di quella discendente del potenziale a punta. Questo si divide in periodo refrattario assoluto e in un periodo refrattario relativo. Durante il periodo refrattario assoluto nessuno stimolo per quanto intenso può eccitare il nervo, mentre durante il periodo refrattario relativo stimoli molto forti possono produrre eccitazione.

### COME SI PROPAGA QUESTO P.A.

La depolarizzazione del sodio che entra comporta che ci siano delle cariche positive all'interno. Queste cariche viaggiano da soma alle vie terminali dell'assone. In questo modo la velocità di conduzione è molto bassa, perché ci sarebbe un cortocircuito della corrente elettrica che si diffonderebbe in ogni parte dell'assone. Ma per fortuna c'è la guaina mielinica, cioè quella guaina di protezione che impedisce che quelle cariche si disperdano nel neurone. Grazie alla mielina, i potenziali d'azione vengono generati all'inizio dell'assone e si propagano in questa propagazione chiamata **SALTATORIA** perché in qualche modo saltano da un nodo di Ranvier all'altro, senza perdere intensità, e con una velocità di propagazione molto più veloce.

Aspetto finale dell'arrivo del potenziale d'azione è il **bottone sinaptico**, con la **SINAPSI** (punto di passaggio dell'informazione da un neurone ad un altro). Raramente si hanno contatti elettrici, la maggior parte delle sinapsi sono chimiche. Quando arriva il potenziale d'azione, si crea un'attività a livello delle vescicole che contengono **neurotrasmettitore**, e lo liberano nella parte sinaptica. La liberazione di questo neurotrasmettitore comporta delle variazioni post-sinaptiche a livello del neurone che riceve queste informazioni, e può provocare un'attività inibitoria o eccitatoria. La somma delle attività che vengono provocate può generare un potenziale d'azione o no, a seconda che venga raggiunto o meno un valore soglia. Il neurotrasmettitore è contenuto all'interno di vescicole, è prodotto a livello del soma e viaggia all'interno dell'assone grazie ai microtubuli (che formano come dei binari che vanno verso la parte terminale del neurone).

Ci sono 3 tipi di sinapsi:

- sinapsi sul dendrita (**SINAPSI ASSODENDRITICA**);
- sinapsi sul soma (**SINAPSI ASSOSOMATICA**);
- sinapsi sull'assone (**SINAPSI ASSOASSONICA**).

C'è poi la possibilità di fare una connessione tra un neurone ed un muscolo, in quella che è chiamata **GIUNZIONE NEUROMUSCOLARE**, nella quale un motoneurone invia un neuromediatore direttamente al muscolo.

## L'INIBIZIONE, IL TATTO E IL DOLORE

L'**inibizione** fa riferimento spesso a meccanismi di controllo del dolore (c'è inibizione che fa diminuire l'informazione dolorifica che arriva al cervello), oppure ha un'attività competitiva (per cui invece di eccitatoria è inibitoria) tra cellule che arrivano tra punti adiacenti (come es. mano).

L'inibizione ha la capacità di aumentare la risoluzione spaziale dell'informazione (nella visione e nel tatto). Nel tatto c'è la possibilità di distinguere se veniamo toccati da un oggetto o da più oggetti (es. sulla punta dei polpastrelli con il compasso).

Indipendentemente da come avviene questa inibizione (e cioè in entrata o a **FEEDBACK**), e indipendentemente dalla funzionalità anatomica dell'inibizione, è importante sapere che grazie all'inibizione il nostro organismo è in grado di ricavare delle informazioni che sono spazialmente dettagliate (cioè se ho dei campi recettivi che possono ricevere informazioni eccitatorie dal centro e inibitorie dalla periferia perché c'è un interneurone inibitorio che manda informazioni e modula l'attività del neurone, a seconda della frequenza di questo neurone saprà se è toccato solo al centro

o anche in periferia – i recettori somatosensoriali sono sensibili ai contrasti come le cellule gangliari, il contrasto si può avere tra la presenza di una cosa che mi tocca o l'assenza.

Tra presenza e assenza di qualcosa che mi tocca (come detto le mani e le labbra sono gli organi che hanno la massima attività spaziale in vari punti). Questo comporta per esempio sui polpastrelli se solo un oggetto tocca o più oggetti, la distanza di questi due punti può essere anche piccolissima (solo 2 mm), mentre invece negli altri organi serve una distanza molto più grande per sentire se siamo toccati da uno o più oggetti. Questa capacità è data quindi dalla presenza dell'**INIBIZIONE**.

L'inibizione laterale può inibire l'informazione che arriva da punti adiacenti. Quindi la funzione fondamentale dell'inibizione è quella di dare risalto ad un punto spaziale preciso, aumentare il contrasto.

Nel sistema somatosensoriale grazie ai vari tipi di inibizione (ricorrente, a feedback o in entrata) che permettono di distinguere zone adiacenti e dare la preferenza a una o l'altra zona. Per il dolore si ha un tipo di inibizione diversa. L'inibizione di corteccia serve per ridurre l'afferenza dolorifica.

Per quel che riguarda il tatto, bisogna distinguere i vari tipi di recettori (**motorecettori**), e il modo in cui l'informazione viene raccolta al livello della periferia e inviata in corteccia (il fatto quindi che esistano 4 classi di recettori suddivise per tipi di adattamento (**rapido e lento**) e per tipi di localizzazione (**superficiale o profonda**) che danno informazioni diverse con campi recettivi diversi (i campi recettivi profondi hanno un punto centrale di massima sensibilità, quelli superficiali invece in superficie).

Quindi si ha:

- **ADATTAMENTO RAPIDO** (corpuscoli di Meissner – superficiali / corpuscoli di Pacini – profondi)
- **ADATTAMENTO LENTO** (cellule di Merkel – superficiali / organi di Ruffini – profondi).

Questi recettori mandano il tatto fine, epicritico (discriminativo) attraverso il sistema delle colonne dorsali-lemnisco mediale, e entra nelle radici dorsali e sale verso il bulbo. A differenza del sistema che porta le informazioni dolorifiche, non viene fatta sinapsi subito, ma sale fino al nucleo gracile e al nucleo cuneato (che rappresentano in maniera somatotopica l'informazione che viene dagli arti inferiori). Poi dal tronco dell'encefalo va al collo superiore. Le fibre arrivano poi alla parte posteriore del talamo, seguendo un percorso che va dal fascicolo gracile e dal fascicolo cuneato ai 2 nuclei (la decussazione si ha solo dopo aver preso contatto con il nuclei gracile e cuneato).

L'informazione quindi sale dalla parte opposta del cervello andando nel talamo lungo il lemnisco mediale (nel talamo passa per i 2 nuclei posteriori che sono il nucleo ventrale e quello anterale) e infine arriva in corteccia somatosensoriale primaria (a differenza della corteccia V1, la corteccia S1 è formata da 4 aree, che sono 3°, 3b, 1 e 2), che analizzano aspetti diversi dell'informazione tattile e che sono anch'esse organizzate in colonne (l'organizzazione colonnare esiste quindi anche per il tatto, e le colonne rappresentano gruppi di recettori a rapido e lento adattamento).

## IL DOLORE

Il dolore è portato da 3 vie, che sono:

- tratto spinotalamico;
- tratto spinoreticolare;
- tratto spinomesencefalico.

Grazie alla suddivisione della superficie in **dermatomeri** (che mandano info in varie parti del corpo), si ha una rappresentazione di tutta la superficie corporea ordinata.

Il fenomeno del **dolore riferito** è dato dal fatto che può confondere l'informazione che arriva a livello del midollo spinale dal sistema anterolaterale, che riceve informazioni da uno stesso neurone, per cui lo stesso neurone ha un'informazione tattile sulla parte superficiale esterna e una parte di informazioni che arrivano dagli organi interni (questa informazione è molto difficile da localizzare). Succede quindi che c'è un'ambiguità, per cui quando si sente dolore, viene attribuita la posizione che è sulla superficie invece di quella che è all'interno).

Il controllo centrale del dolore. Percezione del dolore e reazioni emotive conseguenti possono essere modulate e diminuite attraverso farmaci. Melzack ha avuto un'ipotesi interpretativa del controllo neurale delle afferenze dolorose al loro ingresso nel sistema nervoso, che è nota come **teoria del cancello**.

Partendo dal presupposto che la stimolazione cutanea può ridurre la percezione del dolore, egli ipotizza che fibre di grande diametro possono ridurre l'eccitazione delle fibre piccole.

La stimolazione elettrica di varie zone dell'encefalo produce un'analgesia (un tipo di analgesico è la morfina) che è limitata ad un'area somatica precisa.

## **IL SISTEMA VISIVO**

La vista è un processo attivo. La retina fa parte del SNC, è orientata a forma di riccio ed è strutturata in diversi strati di cellule.

L'immagine si ribalta a livello del cristallino. Poiché alla corteccia V1 vi è ancora la mappa retinotopica (che collega una parte del cervello alla retina), qui l'immagine è ancora ribaltata. E' solo oltre V1 che si ha il ribaltamento dell'immagine in posizione giusta

C'è una parte molto importante della retina che è la **fovea**, dove si ha il massimo dell'attività spaziale.

C'è poi un punto completamente cieco della retina, che è la maculocieca (da dove escono gli assoni di tutte le cellule gangliari che vanno a formare il nervo ottico).

I recettori della vista sono i fotorecettori, e sono di 2 tipi:

- bastoncelli (per la visione notturna);
- coni (per la visione diurna, ci consentono di vedere i colori ed i dettagli).

## **LA TRASDUZIONE**

Il sistema di funzionamento della trasduzione prevede che la luce quando arriva colpisce un fotopigmento che si trasforma, inducendo la chiusura dei canali sodio e quindi iperpolarizzando il fotorecettore. Questo è un fenomeno rapido per il sistema nervoso, e l'informazione visiva viene trasmessa attraverso l'aumento della negatività della cellula (iperpolarizzazione).

## **L'ADATTAMENTO**

Il fenomeno dell'adattamento è di 2 tipi:

- **adattamento lento:** coinvolge esclusivamente i bastoncelli (adattamento al buio), e per questo adattamento occorre molto tempo;
- **adattamento rapido:** è in parte dovuto ai coni (nell'adattarsi al buio, per es. in una giornata di sole si entra in una stanza buia, il tempo nel quale non si vede nulla è molto breve. C'è quindi un adattamento rapido che è dovuto ai coni, e un adattamento più lento che è dovuto ai bastoncelli (questo adattamento permette anche di distinguere la forma, quindi x es. se è legno, o plastica, etc.)

I bastoncelli ci permettono di vedere in presenza di buio totale (difficilmente si ha buio totale con assenza di luce in un ambiente naturale).

Il fatto che l'adattamento dei bastoncelli sia così lento lo si vede appunto dal fatto che più si riesce a trovare buio, più si cerca di vedere qualcosa e di trovare luce (quindi intervengono sempre i coni).

## **ORGANIZZAZIONE DELLA RETINA**

La retina è organizzata attraverso gli strati dei fotorecettori, che sono: cellule orizzontali, amacredi, e cellule bipolari. Le cellule con cui si ha la via in uscita dalla retina è la cellula gangliare, ed è in questa cellula che si genera potenziale d'azione. Abbiamo dei campi recettivi già a livello delle cellule bipolari organizzati a centro-periferia.

Alcune di queste cellule hanno un centro-on per cui la luce esce, altre cellule hanno un centro-off per cui la luce le inibisce. Dal momento che sono due informazioni ugualmente utili, esse vengono

inviata al cervello per vie parallele ed indipendenti. Il sistema visivo estrae contrasti per quello che riguarda la presenza di luce, quindi non un livello di intensità luminosa assoluto, ma relativo.

Le cellule bipolari passano per 2 vie: la via diretta e la via indiretta; queste 2 vie hanno campi recettivi **centro-on** e **centro-off**.

Importante il modo in cui le vie della retina vanno in corteccia visiva primaria attraverso 3 proiezioni principali:

- 1- nella 1<sup>a</sup> proiezione l'informazione dalla retina segue al nervo ottico, ed arriva al chiasma dove l'informazione viene registrata, da qui passa dal corpo genicolato laterale e arriva alla corteccia visiva primaria (V1) che ha una rappresentazione retinotopica;
- 2- nella 2<sup>a</sup> proiezione l'informazione coinvolge il *pretetto* (per il riflesso pupillare);
- 3- nella 3<sup>a</sup> proiezione infine l'informazione va al collicolo superiore, che è responsabile dei movimenti oculari, saccadici, riflessi, automatici e quindi non volontari.

I due emisferi vedono l'emicampo opposto. L'emisfero destro vede la metà del campo visivo di sinistra e viceversa. Questo avviene perché i 2 lobuli hanno una suddivisione interna della retina (una emiretina nasale e una emiretina temporale).

L'emiretina temporale dell'occhio destro guarda a sinistra, così come l'emiretina nasale dell'occhio sinistro guarda a sinistra. Solo le emiretine nasali incrociano al livello del chiasma.

L'informazione visiva del campo visivo di sinistra viene quindi inviata all'emisfero di destra.

Ci sono 2 tipi di cellule gangliari:

- **cellule magno (M)** *cellule del dove* (ci danno la localizzazione ed il movimento – arrivano al lobo parietale);
- **cellule parvo (P)** *cellule del cosa* (ci indicano la forma ed il colore – arrivano al lobo temporale).

Nella corteccia V1 c'è lo rispecchiamento della retina, per cui c'è una proiezione ordinata dalla corteccia alla retina. Per cui un settore dello spazio esterno di destra in basso sarà "visto" da cellule che sono nell'emisfero opposto, quindi a sinistra ed in alto.

C'è una parte centrale (**PORZIONE BINOCULARE**) che viene vista da tutti e due gli occhi, e ci sono dei segmenti che sono visti solo da un occhio (questi segmenti sono detti **IPSILATERALI**).

I disturbi che si possono avere nel sistema visivo in vari punti a seconda di dove avviene la lesione nella struttura del sistema visivo. Si possono avere disturbi diversi, per cui si può avere la perdita totale della visione in un occhio, oppure una perdita nelle metà opposte di entrambi gli occhi (**EMIANOPSIA BITEMPORALE**), oppure se la lesione avviene dopo la registrazione nel tratto ottico si ha una cecità nella stessa metà dei 2 occhi (**EMIANOPSIA OMONIMA CONTROLATERALE**). Infine se la cecità prende solo un quarto di occhio, si ha una **QUADRANTOPSIA**.

### L'organizzazione centro-periferica dei campi recettivi.

I campi recettivi delle cellule visive a livello del talamo sono rotondi e sono situati in organi centro-periferici, mentre a livello delle cellule semplici della corteccia si organizzano in strutture più complesse e rispondono non più a stimoli luminosi puntiformi, ma a barrette luminose (per cui l'organizzazione centro-periferica è strutturata in modo tale che lo stimolo adeguato porta una barretta-colonna luminosa con un orientamento specifico. Una cellula quindi risponderà in un modo per un orientamento verticale, un'altra cellula risponderà in un altro modo se si ha un'inclinazione (di solito va di 10°). Questa caratteristica è dovuta alla convergenza di campi recettivi semplici della cellule del talamo su un'unica cellula semplice della corteccia, per cui riceve una serie di campi recettori allineata.

Ci sono però anche **cellule complesse**, che hanno una selettività dovuta non solo dal fatto che lo stimolo sia una barretta luminosa, ma che questa sia in movimento in uno spazio e che hanno anche

una selettività di direzione (cioè sono selettive per una barretta che si sposta da destra a sinistra o in obliquo) e sono selettive per la dimensione (per cui alcune aumentano la propria frequenza di scarica all'aumentare della dimensione dell'oggetto, fino a raggiungere un limite massimo al di là del quale non va, mentre altre raggiungono un'intensità massima di risposta quando lo stimolo è di una certa grandezza.

Le cellule hanno 2 attività:

- **FASICA**: quella che va a fasi – ci sono momenti in cui è attiva e momenti in cui non lo è;
- **TONICA**: è molto bassa, di solito rispondono a tutto o nulla, se c'è uno stimolo che attiva questa cellula, per es. lo stimolo luminoso per un fotorecettore, che può attivarle e provocare una variazione rispetto alla sua attività di base. Una cellula che ha un'attività tonica più alta ha il vantaggio che può dare più informazioni sia incrementando la propria frequenza di scarica, sia riducendo la frequenza di scarica. Per cui rispetto alla propria attività tonica, diminuisce la propria frequenza di scarica e può dare informazioni. In una cellula gangliare quando si aumenta la luminosità (x es. c'è una nuvola, ma la luce c'è lo stesso, solo che si vede di meno. Quando la nuvola si sposta c'è più luce. Questa variazione viene registrata come aumento del potenziale d'azione. Al contrario, in presenza di luminosità, arriva una nuvola che copre la luce, quindi c'è una diminuzione della luminosità che può anch'essa essere registrata.

I sistemi sensoriali quindi possono trasmettere un'informazione attivando una cellula anche in assenza di attività tonica (quindi quando queste cellule hanno un'attività fasica).

### **COSA SUCCEDA A LIVELLO DELLA CORTECCIA DURANTE IL PROCESSO VISIVO**

In corteccia ci sono cellule semplici e cellule complesse. Le cellule semplici costituiscono un campo recettivo che è rettangolare e non rotondo. Nella corteccia c'è un'ipercolonna per ciascun occhio, divisa in cellule raggruppate verticalmente (per cellule sensibili all'orientamento) e divisa in colonne. Per ciascuna di queste colonne c'è anche distribuita una serie di **BLOB**, che sono ammassi cellulari che si occupano della percezione del colore.

Il sistema visivo funziona attraverso 2 vie principali, che sono la via del cosa e la via del dove (P e M) che trasportano informazioni. Queste vie originano entrambe dalla corteccia V1 e dalla retina.

La prima arriva nella corteccia temporale, l'altra nella corteccia parietale.

La percezione dei colori è dovuta al fatto che ci sono 3 coni con sensibilità diversa, che varia a seconda della lunghezza d'onda:

1. si hanno onde lunghe per il rosso;
2. si hanno onde intermedie per il verde;
3. si hanno onde corte per il blu.

La lunghezza d'onda nera è quella a cui è sensibile il bastoncello.

Esiste il fenomeno che si chiama contrasto cromatico simultaneo, per cui la percezione del colore, così come per la luminosità, varia a seconda del contrasto (in un contesto viola, un cerchio può apparire più giallo di quel che è). Questo contrasto si chiama appunto contrasto [cromatico simultaneo](#).

Così come le cellule semplici hanno un'organizzazione centro-periferia, le cellule che analizzano il colore hanno anche un'organizzazione centro-periferia (data dalla lunghezza d'onda), per cui nei blob ci sono cellule che hanno un'opponenza cromatica.

Già nel corpo genicolato si hanno delle cellule che sono sensibili al colore e che hanno una zona eccitatoria (per il rosso al centro) e una zona inibitoria (per il verde in periferia). Queste sono cellule a **opponenza cromatica semplice** perché il centro è eccitato solo per il rosso al centro e la periferia è inibita solo dal verde.

Ci sono però anche cellule a opponenza cromatica doppia, che hanno zone eccitatorie e inibitorie sia al centro che in periferia (quindi x es. il centro può essere eccitato sia dal rosso che dal verde, in

attività fasica e tonica, e la periferia lo stesso). Queste cellule si trovano solo nella corteccia è lo stimolo migliore per poterle eccitare è la combinazione dei 2 colori eccitatori.

Ci sono 2 teorie per la percezione del colore:

1. 1802 (non si sapeva che esistessero i coni), è chiamata *teoria dei colori componenti* (3 colori per i 3 recettori con sensibilità spettrale, cioè sensibili al particolare colore);
2. 1878 – *teoria dell'opponenza cromatica* della visione dei colori complementari (blu, giallo e rosso che ci danno gli altri colori).

Ci sono immagini chiamate postume, che sono date dalla permanenza di un'immagine visiva (esperimento 4 quadrati).