

# APPUNTI

I seguenti appunti sono stati presi durante le lezioni del docente indicato in prima pagina o nell'area riservata all'intestazione. Possono essere uno strumento, se letti prima della lezione, per meglio seguire la spiegazione del docente e riuscire quindi a produrre degli appunti personali sicuramente più efficaci per se stessi. Come altrove specificato, non sostituiscono assolutamente i libri consigliati, fonti di maggior approfondimento e quindi di maggior professionalità.

Alcune delle figure e dei grafici citati all'interno del testo sono stati rimossi per problemi di Copyright, ma sono facilmente rintracciabili sul web.

**Sono ben accette correzioni e integrazioni da parte di colleghi e docenti.**

A cura di

**Cristiano Collo**

(febbraio 2016)

## 1. EMATOLOGIA

Dopo la loro vita i globuli rossi vengono demoliti recuperando la parte proteica ed il ferro. Nascita e morte dei globuli rossi devono essere in bilancio, un'eventuale carenza (ANEMIA) può essere causata da diversi fattori quali l'età dove si verifica una carenza di Fe oppure uno sbilanciamento dell'emoglobina (HbS) che prende il nome di **talassemia**.

I globuli bianchi sono presenti in cinque tipologie diverse, tutti caratterizzati dalla necessità di coloranti durante l'analisi in quanto sono fisiologicamente trasparenti.

Una prima divisione è tra **GRANULOCITI** (nucleo a lobi e granuli nel citoplasma) e **AGRANULOCITI**.

Successivamente i granulociti si dividono in 3 sottocategorie:

- **NEUTROFILI**: scarsa colorazione
- **EOSINOFILI**: coloranti acidi
- **BASOFILI**: coloranti basici

Gli agranulociti si suddividono semplicemente in **MONOCITI** e **LINFOCITI**, hanno dimensione in media superiore ai globuli rossi e svolgono una funzione immunitaria proteggendo il nostro organismo e rimuovendo materiale di rifiuto, sono presenti in grande quantità ( $\text{mm}^3 = 6/9 \text{ mila}$ ).

Molti sono contenuti all'interno dei **noduli linfatici**, l'esercizio fisico non aumenta la capacità di risposta del sistema immunitario, ma semplicemente mette in circolo tutti quelli che erano ancorati all'endotelio.

A differenza dei globuli rossi sono dotati di movimenti ameboidi che li rendono indipendenti: non rimangono nel circolo sanguigno (DIAPEDESI), ma una volta che sono usciti si muovono guidati dalla presenza di cellule anomale (CHEMIOTASSI) attraverso fattori chimici rilasciati nel liquido interstiziale delle cellule.

## FUNZIONI DEI GLOBULI BIANCHI

- **Neutrofili** : rappresentano il 50-70 %, sono la prima linea di difesa del nostro organismo, sono attivi per 10-12 ore per poi passare nei tessuti, per smaltire l'infezione producono perossido di idrogeno e ipoclorito di sodio che non uccidono solamente le cellule batteriche ma anche la cellula che li ha creati.
- **Eosinofili**: azione contro parassiti e sostanze a cui siamo allergici, se tali sostanze sono presenti nell'aria l'aumento della mia produzione di **istamina** produce broncocostrizione. Se la reazione è troppa il respiro diventa molto difficoltoso, lo shock che si subisce è frutto di una produzione spropositata di istamina.
- **Basofili**: granuli colorati nascondono il nucleo e contengono istamina, hanno una funzione **coadiuvante**. Producono anche **eparina**: sostanza anticoagulante che mantiene il sangue fluido.
- **Monociti**: sono i più grandi, il nucleo è metà della cellula. Nonostante le dimensioni possono sviluppare la diapedesi dove matura ulteriormente diventando **macrofago**, se il loro numero aumenta siamo in presenza di una infiammazione cronica.
- **Linfociti**: sono presenti soprattutto nei tessuti connettivi e negli organi linfatici. Sono presenti due sottocategorie: i **linfociti T** hanno funzione protettiva nei confronti di cellule e tessuti partecipando alla risposta immunitaria, i **linfociti B** hanno la funzione di produzione dei nostri anticorpi.

Quando effettuiamo le analisi del sangue troviamo indicata la **formula leucocitaria** indicante il valore percentuale dei diversi globuli bianchi presenti nel nostro organismo.

## **SISTEMA IMMUNITARIO**

Ha capacità di riconoscere ciò che è buono e dunque non deve essere attaccato in confronto a fattori, esogeni od endogeni, che risultano invece nocivi. Lavora con diverse modalità di risposta che possono essere: **specifiche** se mirate a quel tipo di agente, avviene con un processo più lento e può essere un processo umorale attraverso il rilascio di anticorpi oppure può essere cellulo-mediata oppure **aspecifiche** se non si riconosce null'altro che l'estraneità dell'elemento, rappresenta il metodo di risposta più veloce.

## **2. SISTEMA RESPIRATORIO**

Il sistema respiratorio è formato dalle vie aeree: cavità nasali, trachea, bronchi e bronchioli, quest'ultimi rappresentano l'ultimo tratto.

La parte finale dei bronchioli prende il nome di **bronchioli respiratori** terminando con una struttura chiusa ad alveolo.

Durante tutto il percorso nelle vie aeree le pareti sono troppo spesse per permettere uno scambio gassoso coi tessuti, questo scambio inizia a livello delle sacche alveolari.

La struttura apparentemente troppo complessa va giustificata con la capacità di aumentare in questo modo la superficie di scambio, tenendo presente che la superficie interna raggiunge un'estensione di circa 60mq.

L'intero sistema è contenuto all'interno della gabbia toracica con la parte basale dei polmoni che poggia sul muscolo laminare del **diaframma**. La gabbia toracica circonda e protegge i polmoni con le coste.

In condizione di riposo utilizziamo esclusivamente i muscoli inspiratori (**diaframma, intercostali esterni**), mentre i muscoli espiratori (**intercostali interni, addominali**) entrano in azione solamente quando forziamo l'atto naturale della respirazione.

Il sangue che arriva agli alveoli è ricco di anidride carbonica presentando un colore più scuro; attraverso la rete capillare che circonda gli alveoli si esegue lo scambio gassoso permettendo di arterializzare il sangue che si dirige verso l'atrio di sx. Gli scambi gassosi avvengono seguendo la **legge di Fick** attraverso una differenza di concentrazione.

Le vie aeree non svolgono esclusivamente una funzione di trasporto dell'aria, ma hanno un ruolo attivo su di essa purificandola, riscaldandola e soprattutto umidificandola.

## **MECCANICA RESPIRATORIA**

I polmoni non sono collegati alla superficie interna della gabbia toracica, sono avvolti da due pleure che scivolano tra di loro restando però adese.

In condizioni normali alla fine di una espirazione la gabbia toracica, per elasticità, tende a dilatarsi e i polmoni tendono a ritrarsi fino quasi a collassare creando in questo modo una leggera depressione all'interno della gabbia toracica. Tale depressione intratoracica vale -3mmHg e ha come conseguenza

una differenza di pressione tra l'alveolo e l'interno della gabbia toracica. Questa pressione che spinge l'interno degli alveoli impedisce un collasso polmonare eccessivo. L'insieme di queste differenze di pressione contribuisce alla massima efficienza in termini di dispendio energetico durante la normale respirazione che effettivamente pesa molto poco sul nostro metabolismo. In caso di lesione toracica questo sistema non funziona più e andiamo incontro al collasso polmonare.

Quando inspiriamo il diaframma si contrae abbassandosi e incrementando il volume della gabbia toracica, il suo abbassamento provoca l'allargamento, attraverso la spinta, della coste più basse. Questo movimento dilatatorio, al quale si uniscono anche gli intercostali esterni ed i muscoli ausiliari, provoca un aumento della depressione di circa 7mmHg.

La normale espirazione non consiste in null'altro se non il rilascio delle tensioni create e il ritorno verso la normale condizione di riposo.

La quantità d'aria respirata in media è di circa 500mL che prende il nome di **aria corrente** o **volume tidalico**.

Se al termine di una inspirazione normale si continua forzando l'atto inspiratorio si crea la **riserva inspiratoria** che ha un volume di circa 2L, discorso analogo lo si può fare forzando l'atto espiratorio.

La nostra **capacità vitale**, rappresentata dalla somma di aria corrente e delle due riserve, è di circa 5L.

Esiste un altro valore molto importante rappresentato dalla **capacità vitale temporizzata** misurando la capacità di far passare aria attraverso le vie aeree: in caso di bronco-costrizione avremo una capacità vitale statica fisiologica, ma una capacità vitale temporizzata alterata.

Esiste un **residuo polmonare** di circa 1L.

### **ANALISI COSTO ENERGETICO RESPIRAZIONE**

Immettere 350ml di aria nei polmoni determina una diminuzione della quantità di ossigeno disponibile, a livello teorico sarebbe molto più vantaggioso svuotare completamente i polmoni.

#### **Ma perché ciò non avviene?**

Per spiegare il vantaggio della nostra respirazione bisogna introdurre due concetti fondamentali: innanzitutto la **distensibilità** e successivamente il ruolo del **tensioattivo**.

**DISTENSIBILITA'**: In fisica la legge di Laplace ci spiega la distensibilità polmonare paragonandola a quella di un palloncino: immaginando di gonfiare i polmoni completamente collassati all'inizio occorre una pressione notevole per far aumentare anche di poco il loro volume presentando una distensibilità quasi nulla in avvio. Tale distensibilità diventa di grande aiuto superato un valore critico, permettendo grosse variazioni di volume con minime variazioni di pressione.

Al termine di una espirazione normale, la distensibilità ha valori alti che facilitano l'aumento di volume con uno sforzo energetico minimo. Sul dispendio del metabolismo basale (funzioni vitali) la respirazione influisce per il 5%.

Il basso valore iniziale della distensibilità può essere spiegato con la presenza nella trama polmonare di fibre elastiche che per essere stirate richiedono Energia.

**TENSIOATTIVO**: La superficie interna dell'alveolo è rivestita da un sottile strato di acqua per evitare l'essiccamento dei pneumociti, questo sottile strato acquoso provoca una tensione superficiale tendendo a far ritirare l'alveolo (questo spiega l'iniziale difficoltà di distensione).

Per combattere questa tensione abbiamo bisogno del **surfactante polmonare**, in grado di disciogliersi nel sottile velo d'acqua.

La prima conseguenza è che l'aria inspirata tende ad andare dove gli alveoli hanno un aumento maggiore (parte basale) rispetto a dove sono meno gonfi (parte apicale).

Secondo Laplace la soluzione fisica di questa situazione sarebbe il collasso dell'alveolo più piccolo a favore dell'alveolo più grande ma la funzione del surfactante polmonare è proprio quella di mediare tra le due tendenze estreme degli alveoli.

## **SCAMBI RESPIRATORI**

Avvengono tutti per gradienti di pressione, dalla maggiore che si aggira intorno ai 100mmHg alla minore che ha valori di circa 40mmHg, in condizioni normali si arriva all'equilibrio in tempi inferiori al secondo.

Fino ai capillari non abbiamo scambi e la pressione resta attorno a 100mmHg, a livello dei tessuti sono presenti le cellule con metabolismo aerobico che abbassano la pressione fino a 40mmHg. Se la cellula non è in condizione di riposo, avremo un gradiente maggiore che potrà portare la pressione nei tessuti anche vicino allo 0 in caso di sforzo intenso.

Per quanto riguarda gli scambi respiratori a carico dell'anidride carbonica vale il discorso inverso con una pressione iniziale a livello tissutale di circa 46mmHg ed una pressione sanguigna di circa 40mmHg che favorisce il passaggio.

Affinché sia possibile il trasporto dell'ossigeno è fondamentale la presenza nel sangue dell'emoglobina che aumenta la capacità di trasporto di ben 70 volte.

L'emoglobina è formata da 4 molecole di **globina** ed una parte non proteica legata a ciascuna di esse che prende il nome di **gruppo eme** il quale presenta al suo interno uno ione Fe<sup>++</sup>.

L'ossigenazione dell'emoglobina è reversibile ossia è tanto facile mettere quanto è facile togliere, in caso contrario sarebbe difficoltoso far passare l'ossigeno a livello dei tessuti.

La capacità di legame dipende dalla pressione dell'ossigeno, scendendo nella pressione vediamo che a 70mmHg inizia a desaturarsi l'emoglobina. Ad una pressione di 40mmHg vediamo che una sola catena ha perso il suo ossigeno, continuando a diminuire la pressione tutte le altre catene perderanno il loro ossigeno.

Un valore importante è rappresentato dalla P50 ossia la pressione che permette una saturazione dell'emoglobina del 50%, tale valore corrisponde a 27mmHg e rappresenta il momento in cui la disponibilità alla cessione di ossigeno è massima.

## **EMOGLOBINA**

Esistono diversi tipi di emoglobina, la nostra è definita come emoglobina adulta A di tipo 2alfa, 2beta.

Durante le fasi del feto esiste un'altra emoglobina che presenta una curva di dissociazione più spostata verso sinistra perché in questa sono presenti solamente le catene alfa che si differenziano da quelle beta per la composizione a livello degli amminoacidi.

La conseguenza di questa modificazione è la maggiore affinità con l'ossigeno.

L'emoglobina fetale presenta, ad una pressione di 40mmHg, una saturazione quasi completa contro il

75% dell'emoglobina adulta. Questo rapporto favorisce lo scambio di ossigeno per il feto rendendolo energeticamente meno dispendioso.

L'emoglobina fetale scompare all'atto della nascita, se ciò non dovesse avvenire si andrebbe incontro ad una talassemia caratteristica delle zone malariche.

Discorso analogo alla funzione dell'emoglobina può essere affrontato per la **mioglobina** presente nelle fibre muscolari di tipo I caratterizzate da un metabolismo ossidativo. La sua curva di dissociazione è molto spostata verso sinistra (P50 circa 6mmHg) con un'affinità molto maggiore rispetto all'emoglobina per facilitare l'acquisizione di ossigeno. Nel metabolismo basale la mioglobina funziona da riserva.

## **TRASPORTO ANIDRIDE CARBONICA**

Viene prodotta come conseguenza del metabolismo aerobico della cellula e deve essere quindi espulsa. Si presenta in tre forme: la prima è la dissoluzione nel plasma in maniera maggiore all'ossigeno (circa 7%), il resto diffonde nel globulo ed il 20% si lega all'emoglobina nella parte proteica (NH<sub>2</sub>) spostando la curva di dissociazione verso destra. Il restante 70% va incontro a reazione chimica producendo acido carbonico grazie anche alla presenza dell'enzima **anidrasi**, l'acido carbonico dissocia completamente in **ione bicarbonato** (utile per il controllo del pH nel plasma) e ione idrogeno.

Il mantenimento dell'omeostasi del pH nei liquidi corporei è fondamentale, anche piccolissime variazioni possono causare gravi danni soprattutto a carico delle cellule nervose. Un esempio dell'utilità dello ione bicarbonato è nella funzione di tampone che svolge in relazione alla produzione di acido lattico a livello muscolare.

## **REGOLAZIONE RESPIRAZIONE**

Esistono due meccanismi di regolazione respiratoria: uno nervoso e uno chimico.

- **Regolazione nervosa:** inspirazione attiva, espirazione passiva in condizioni normali. I centri nervosi sono alla base dell'encefalo (**bulbo, ponte**) in una zona precedentemente chiamata **nodo vitale** perché ha una correlazione con battito cardiaco, salivazione ed altre funzioni vitali. Le vie di collegamento sono il **nervo frenico** per quanto riguarda il muscolo diaframma e i **nervi intercostali** per quanto riguarda i muscoli intercostali. I nervi inspiratori eccitati trasferiscono i segnali ai motoneuroni, una parte risale al ponte con stimolazione di cellule inibitorie per permettere l'attività di espirazione.
- **Regolazione chimica:** esiste un meccanismo inibitore che parte dal parenchima polmonare attraverso recettori di stiramento, oltre un certo volume si attivano determinando la cessazione dell'attività. Lo stesso discorso avviene al termine dell'espirazione in un meccanismo di **autogoverno del polmone** che ha l'obiettivo di mantenere la **compliance polmonare** entro un certo livello. Sono presenti dei chemorecettori che misurano la quantità di ossigeno e di anidride carbonica misurandone la pressione arteriosa. Questi sono posizionati negli stessi punti di quelli che misurano la dilatazione (**aorta** e **biforcazione carotide**) in zone che prendono il nome di **glomuli**.

## **ADATTAMENTI RESPIRATORI**

Il nostro organismo è in grado di adattarsi a condizioni sfavorevoli per la nostra respirazione, le condizioni più comuni sono essenzialmente di 3 tipi: **ipossia, iperossia, respirazione gas a pressioni elevate.**

- **Ipossia:** ne esistono di diversi tipi come il **mal di montagna** (fame d'ossigeno), **anemica** (alterata capacità di trasporto dovuta ad una diminuzione dell'emoglobina in seguito all'avanzamento nell'età o ad una disfunzione, l'esempio più caratteristico è l'avvelenamento da **monossido di carbonio** che si lega al Fe<sup>++</sup> con un'affinità 200 volte superiore all'ossigeno), **isto-tossica** (tessuti avvelenati, aumentata concentrazione di ossigeno nel sangue venoso e minore produzione di ATP), **stagnante** (ristagno di ossigeno nel sangue)
- **Respirazione gas a pressioni elevate:** quando siamo a livello del mare il nostro sforzo per espandere la gabbia toracica è molto poco, discorso diverso invece lo si ha quando siamo immersi in acqua dove solamente 10m di profondità corrispondono ad 1atm aggiuntiva di pressione. Nella respirazione subacquea ci sono diversi problemi: innanzitutto che gas respirare, perché l'azoto risulta inerte solamente a pressione atmosferica mentre ad alte pressioni può avere effetti narcotizzanti, l'ossigeno ad alte pressioni è fortemente dannoso per le nostre cellule e dunque bisogna ripiegare su di una miscela di gas rari come l'elio. Si presenta inoltre il problema della risalita che se avviene in maniera troppo brusca, secondo la **legge di Henry** della solubilità dei gas, diminuendo la pressione e dunque anche la capacità di disciogliersi dei gas andiamo incontro alla formazione di **emboli gassosi** che possono provocare **paralisi** o **perdita di sensibilità**. La decompressione deve dunque avvenire in maniera graduale per permettere l'espulsione dei gas attraverso la respirazione.
- **Iperossia:** sfruttata da tutti noi quando abbiamo usato l'acqua ossigenata per disinfettare una ferita. Se l'ossigeno è in sovrabbondanza tende a formare sostanze ossidanti quali i **radicali liberi** che danneggiano le cellule lipidiche della membrana.

### **3. SISTEMA NERVOSO**

Formato da cellule che prendono il nome di **neuroni** presenti nel nostro corpo in un numero di  $10^{12}$  e da **cellule accessorie** che si trovano tra una cellula e l'altra come una specie di collante.

Le cellule nervose hanno un soma che contiene il nucleo e prende il nome di **pirenoforo** che presenta dei prolungamenti. Se questi prolungamenti sono presenti in gran numero, ma di lunghezza moderatamente bassa prendono il nome di **dendriti** se invece il loro numero è basso, spesso solo uno, ma di lunghezza maggiore si parlerà di **assone**. Quest'ultimo si ramificherà solo nelle vicinanze della sua terminazione.

Alla terminazione dell'assone si possono trovare diverse strutture, nel caso in cui si trovasse un'altra cellula nervosa il punto di contatto tra le due prende il nome di **sinapsi**.

Il corpo cellulare del neurone ha funzione sommatrice dei segnali elettrici.

**I dendriti portano il segnale in direzione centripeta.**

**Gli assoni portano il segnale in direzione centrifuga.**

Le cellule accessorie, chiamate anche **cellule della glia**, mettono in contatto gli **astrociti** da un lato con il sistema nervoso e dall'altro con un capillare. Gli **astrociti** hanno funzione selettiva prendendo dal capillare le sostanze necessarie (ossigeno e glucosio) alle cellule nervose. Questo filtro selettivo prende il nome di **barriera ematoencefalica** ed ha funzione protettiva contro gli sbalzi di pH.

I nervi sono formati come un cavo telefonico: tanti assoni isolati indipendentemente dagli **oligodendrociti** o dalle **cellule di Schwann** che hanno funzione accelerante nella trasmissione del

segnale. I primi sono maggiormente presenti nel **SNC** mentre le seconde nel **SNP**.

### **POTENZIALE D'AZIONE**

Caratterizza l'entrata in attività di una qualsiasi cellula eccitabile siano esse di tipo nervoso o muscolare. Se la cellula è in condizioni di riposo si registra un potenziale elettrico di  $-70\text{mV}$ , una stimolazione genera una rapida variazione di potenziale fino a  $+30\text{mV}$  per poi tornare altrettanto velocemente a valori negativi.

Nelle cellule nervose questo fenomeno di **depolarizzazione** dura circa un millesimo di secondo.

Affinché l'artefatto dello stimolo generi una risposta si deve superare un valore soglia, al di sopra del quale però è inutile continuare la stimolazione in quanto la risposta è del tipo tutto/nulla e non può variare la sua intensità. Superato il valore soglia (**valore di attivazione**) la risposta diventa indipendente dallo stimolo.

Il potenziale d'azione origina nel **cono di emergenza** e viaggia lungo tutto l'assone con una conduzione **senza decremento**.

Nel caso in cui dovesse giungere un secondo stimolo mentre è in corso una risposta posso ottenere una risposta parziale o nulla poiché mi trovo in quel periodo che prende il nome di **periodo refrattario** che può essere totale annullando quindi completamente la mia seconda risposta o parziale.

### **Da dove origina la differenza di potenziale?**

La composizione ionica tra l'interno e l'esterno della cellula non è uguale: all'interno troviamo grosse quantità di **potassio** e scarsa presenza di **sodio**, viceversa all'esterno è il **sodio** ad essere presente in maggiore quantità. Questa differenza di concentrazione è dovuta ad un meccanismo che prende il nome di **sodiopotassioatpasi**, una proteina trasportatrice che continuamente muove gli ioni potassio verso l'interno e quelli sodio verso l'esterno.

Nella membrana cellulare sono presenti dei **canali ionici** selettivi che sono sensibili alle variazioni di voltaggio: perturbando attraverso uno stimolo il sistema la cellula risponderà, una volta raggiunto il valore soglia, aprendo i canali per il passaggio del sodio che porterà la differenza di potenziale ad un valore positivo.

Con un lieve ritardo rispetto ai primi si apriranno anche i canali per il passaggio degli ioni potassio che ristabiliranno il fisiologico livello di  $-70\text{mV}$ .

Bisogna sottolineare che in realtà i canali ionici per il passaggio del sodio hanno un sistema a due porte la prima delle quali si apre per depolarizzare la cellula mentre la seconda si richiude quasi subito bloccando un flusso troppo importante.

### **ASSONI**

Esistono due tipi di assoni: **amielinico** e **mielinizzato**.

- **Assone amielinico**: la zona che presenta potenziale d'azione prende il nome di **zona attiva**. Si generano correnti elettriche che fluiscono da + a -. Queste correnti che prendono il nome di **correnti locali** si propagano investendo la zona limitrofa per tutta la lunghezza dell'assone diffondendo in maniera **auto-rigenerativa**. Il segnale non può procedere in senso opposto in quanto la zona appena stimolata sarà nel suo periodo di refrattarietà.



- **Assone mielinizzato:** la presenza della mielina velocizza la conduzione in quanto la guaina mielinica presenta delle interruzioni dovute alle ridotte dimensioni delle cellule di Schwann. La zona non isolata prende il nome di **nodo di Ranvier**. Il meccanismo di trasmissione è lo stesso visto in precedenza se non fosse per il fatto che le zone isolate non hanno capacità di polarizzarsi e quindi le correnti locali “saltano” da un nodo all'altro dando origine ad una **conduzione saltatoria**.

Gli assoni sono stati classificati inoltre in base al loro diametro e alla presenza o meno di mielina.

**Gli assoni alfa sono i più veloci.**

**Gli assoni C portano il dolore cronico e sono più lenti.**

## **SINAPSI**

Esistono due tipi di sinapsi :

- **Sinapsi chimiche:** utilizza un mediatore chimico come trasmettitore. Si distinguono due tipi: il primo **neuromuscolare** di tipo esclusivamente eccitatorio e il secondo **neuro-neuronale** capace di svolgere funzioni eccitatorie e inibitorie. Nelle sinapsi **neuromuscolari** il punto di contatto prende il nome di **placca motoria** ed è formata da due parti, pre e post sinaptica, con presenza di vescicole che contengono il mediatore chimico (**acetilcolina**). La parte postsinaptica corrisponde alla membrana muscolare dove troviamo dei recettori chimici per l'acetilcolina.  
Nelle sinapsi **neuro-neuronali** abbiamo una risposta che richiede meccanismi di sommazione temporale e spaziale degli stimoli affinché raggiungano il valore soglia (circa 40 scariche). La sommazione **temporale** consiste in **più scariche della stessa sinapsi**. La sommazione **spaziale** consiste in una stimolazione simultanea di **due sinapsi contigue**.
- **Sinapsi elettriche:** le membrane sono fuse insieme attraverso delle **gap junctions** il che implica la bidirezionalità delle informazioni a differenza di quanto visto per quella chimica. Sono presenti quando ho necessità di mettere in comunicazione molte cellule in maniera veloce: ne è un esempio il muscolo cardiaco e ciò spiega la veloce diffusione dei segnali pacemaker.

Esistono anche altri recettori da non confondere con le sinapsi e sono i **recettori sensoriali** capaci di percepire i diversi stimoli a cui è sottoposto il nostro corpo e di trasmetterli in segnali elettrici.

La capacità di distinguere questi segnali sta fondamentale nella zona del cervello a cui essi giungono. I recettori si dividono in **fasici** con un elevato grado di adattamento e **tonici** dove la risposta persiste per tutta la durata dello stimolo data la loro scarsa adattabilità.

## **SENSI SPECIALI**

**Cute:** alcuni dei recettori presenti sono i **corpuscoli di Pacini** composti da tanti strati di tessuto connettivo che si deformano trasmettendolo alla terminazione nervosa. Altri recettori sono avvolti alla base del pelo che con una modificazione della sua posizione va a stirare questi recettori. Esistono poi terminazioni libere che si infilano tra una cellula e l'altra: sono i **termorecettori** e i **nocicettori**.

Discorso importante per i **nocicettori** è l'episodio del **dolore riferito** quando un dolore viene percepito in zone del corpo non interessate. La spiegazione di tutto ciò sta nella convergenza delle vie sensoriali che portano il segnale alla stessa cellula nervosa del midollo spinale da cui poi seguono

una via comune. Il nostro cervello crea una correlazione in base alla frequenza dello stimolo: prendiamo per esempio il dolore riferito al braccio sinistro in correlazione all'infarto miocardico. E' più probabile che nella nostra vita abbiamo ricevuto un colpo al braccio piuttosto che essere stati soggetti ad infarto perciò la cellula associa erroneamente, “per abitudine”, il dolore del muscolo cardiaco anche se corre su una via differente.

#### **4. SISTEMA MUSCOLARE**

Il muscolo scheletrico ha un **sarcomero** (unità fondamentale) di 2 millesimi di millimetro, la sua diversa colorazione è dovuta allo spessore dei filamenti proteici che lo compongono.

Possiamo notare tre zone differenti all'interno del muscolo:

- **Zona H:** presenta solo filamenti spessi disposti in maniera ordinata ai vertici di un esagono regolare.
- **Zona I:** presenta solo filamenti sottili disposti in maniera ordinata ai vertici di un esagono regolare.
- **Zona A:** presenta entrambi i tipi di filamento sovrapposti. Ciascun filamento spesso è circondato da sei filamenti sottili.

All'interno della struttura muscolare non troviamo solamente strutture contrattili, per esempio esistono dei tubuli perpendicolari alle miofibrille che prendono il nome di **tubuli trasversi** e sono veri e propri infossamenti della membrana esterna. Sono poi presenti delle **cisterne** che possono essere terminali o longitudinali.

Entriamo un po' più nel dettaglio dell'analisi di ciascun tipo di filamento:

**Filamenti spessi:** sono costituiti da un'unica proteina che prende il nome di **miosina** e ha forma di una mazza da golf. Presenta una parte allungata che termina con una testa, il punto di giunzione tra coda e testa è un punto mobile che permette oscillazioni. Se liberate in soluzione le molecole di miosina tendono ad autoassemblarsi coda contro coda.

**Filamenti sottili:** sono formati da due catene di **actina “F”** ciascuna intrecciata sull'altra. Queste catene sono composte da tante **actine globulari** poste in fila. Le actine sono l'asse portante a cui viene avvolta un'altra treccia filamentosa, la **tropomiosina**. Ad intervalli regolari sulla tropomiosina trovo un'altra proteina globulare la **troponina**.

Sono poi presenti nel muscolo delle **proteine strutturali** che non intervengono nell'opera di contrazione ma servono a dare stabilità. Una di queste è la **titina** che dona elasticità e stabilità alla miosina riportando verso il centro i filamenti spessi sospesi dalla **linea M**. Funzione analoga la svolge la **nebulina** nei confronti dei filamenti sottili.

#### **SLITTAMENTO DEI FILAMENTI**

Se confronto due immagini, una di un muscolo contratto e l'altra di un muscolo rilassato, vedrò che la banda A non ha modificato le sue dimensioni: si può quindi affermare con certezza che **actina e miosina non si contraggono**. Ciò che fanno i filamenti invece è di scivolare l'uno sull'altro verso il centro del sarcomero trascinandosi dietro la **linea Z**. Per una analisi più completa dello scivolamento dei filamenti **slide 23 “muscolo”**.

**Come fa il potenziale d'azione a diffondere all'interno del muscolo?**  
**Come può un impulso elettrico determinare la contrazione?**

La membrana del tubulo trasverso, identica al sarcolemma, ha capacità di diffondere il potenziale d'azione anche nelle zone più profonde del muscolo.

Lungo le membrane dei tubuli trasversi ci sono delle proteine sensibili al voltaggio **DHP**: quando passa il potenziale d'azione apre un canale della membrana delle cisterne terminali che permette il passaggio di ioni  $Ca^{++}$  che, rilasciati nel sarcoplasma, legano una delle proteine regolatrici, la **troponina**, facendo aprire i siti di legame un po' come se funzionasse come il disco davanti alla serratura che deve essere spostato per poter inserire la chiave. Affinché il muscolo possa poi tornare ad una situazione di rilassamento è necessario che gli ioni  $Ca^{++}$  rientrino nel reticolo e lo fanno grazie alla presenza di **pompe per il Calcio**.

## **REGOLAZIONE FORZA DI CONTRAZIONE**

La forza di contrazione può essere modificata alterando alcuni parametri tipici del muscolo:

- i. **frequenza di stimolazione**: il muscolo scheletrico ha potenziale d'azione molto breve e quindi ha un periodo di refrattarietà altrettanto breve: è dunque possibile la stimolazione per ottenere un **tetano muscolare**. Il muscolo cardiaco invece ha circa 250ms di potenziale d'azione e il periodo di refrattarietà corrisponde a grandi linee alla sua completa contrazione. Questa caratteristica assicura al cuore l'impossibilità di una stimolazione per sommazione.
- ii. **reclutamento unità motorie**: il numero di fibre per unità motorie dipende dalla finezza del movimento. Gli occhi che richiedono movimenti precisi hanno un rapporto di 1:1 mentre i muscoli degli arti inferiori che sono deputati a movimenti più grossolani hanno un rapporto di 1:2000

Esistono diversi tipi di fibre muscolari classificate prima dagli istologi poi dai fisiologi e successivamente dai biochimici. Come è facile immaginare non esiste una classificazione unica ma si può semplificare la situazione prendendo come parametri di paragone **scossa singola, tetano e fatica**.

**Fibre di tipo I**: presentano un metabolismo di tipo ossidativo. Sono a scossa singola e molto lenta, hanno uno scarso contenuto di actina e miosina che le rende relativamente deboli dal punto di vista contrattile. Hanno il vantaggio di essere estremamente resistenti alla stimolazione.

**Fibre di tipo II b**: sono definite **fast fatigable** utilizzate per postura e respirazione sono 10 volte più veloci delle fibre ossidative, ma molto meno resistenti.

**Fibre di tipo II a**: sono definite **fast resistant** e rappresentano una via intermedia tra le due analizzate fino ad ora.

Esiste poi una differenziazione dal punto di vista fisiologico:

- i. **fibre rosse**: colorazione dovuta alla presenza della mioglobina che trasporta l'ossigeno all'interno delle fibre muscolari. Hanno un diametro minore di quelle bianche;
- ii. **fibre bianche**: scarsa presenza di mioglobina, utilizzano un metabolismo di tipo anaerobico, non sono resistenti alla fatica in quanto il risultato del loro lavoro è la produzione di **acido lattico** con una conseguente acidificazione del pH che blocca la loro attività.

Abbiamo visto che abbiamo diversi tipi di fibre muscolari all'interno del nostro organismo e questo

ci permette di avere a disposizione diversi tipi di attività fisica e di movimenti. Ciascuna fibra muscolare ha un motoneurone specifico, nelle unità motorie quindi non si differenziano solamente le fibre.

Le fibre veloci hanno un motoneurone che presenta un assone di dimensioni maggiori per fornire una minore resistenza alla conduzione elettrica, anche il corpo è di dimensioni maggiorate.

Le fibre lente invece hanno un assone più piccolo data la minore velocità di conduzione degli impulsi. La differenza principale tra i due motoneuroni è il loro livello di soglia: il motoneurone delle fibre lente è più facilmente eccitabile di quello delle fibre veloci che invece richiede una maggiore sommazione degli stimoli.

Quando inizio un movimento le prime fibre che entrano in azione sono quelle dei muscoli a bassa soglia di attivazione che risultano anche difficilmente affaticabili. Se proseguo nello sforzo aumentandone l'intensità inizierò a reclutare le fibre intermedie per poter mantenere comunque sotto controllo il mio affaticamento. In uno sforzo massimale invece non dovrò preoccuparmi dell'affaticamento reclutando quindi le fibre muscolari bianche per un tempo molto breve.

E' giusto precisare che anche le **fibre muscolari lente** subiscono un lieve influsso dalla fatica ma questo è meno evidente rispetto alle fibre bianche in quanto le loro unità motorie lavorano in maniera **asincrona**.

## **5. CONTROLLO DEL MOVIMENTO**

Prima di vedere come si può controllare il movimento è necessario fare una distinzione tra i tipi di movimento che conosciamo. Esistono i **movimenti riflessi e ritmici**: avvengono in maniera involontaria e stereotipata, si ripetono dunque sempre uguali nel tempo e servono a mantenere il tono muscolare, la postura e l'equilibrio. Esiste poi una seconda categoria, i **movimenti volontari**: si sviluppano in seguito ad un desiderio e sono dunque finalizzati ad uno scopo, generalmente sono costituiti da movimenti più complessi.

Al fine di organizzare nel migliore dei modi il movimento è necessario avere dei **feedback** interni ed esterni che ci possano aiutare nell'associazione delle informazioni provenienti dal nostro interno (**enterocettori**) e dal mondo esterno (**esterocettori**).

A grandi linee possiamo individuare tre sistemi di controllo del movimento:

- i. **Midollo spinale**: attraverso il feedback propriocettivo i motoneuroni decidono il livello di attività muscolare necessaria.
- ii. **Cervelletto, base dell'encefalo**: regolano i riflessi posturali e controllano la coordinazione dei movimenti occhi-mano.
- iii. **Corteccia cerebellare, gangli della base, talamo**: sono i centri di pianificazione del movimento volontario attraverso la costruzione della giusta sequenza di attivazione/inibizione.

## **RIFLESSI SPINALI**

Rappresenta il metodo di controllo più semplice. All'interno del midollo spinale possiamo trovare la sostanza grigia dove troviamo immersi i corpi dei motoneuroni (**corni anteriori**) con gli assoni che fuoriescono dalle **radici ventrali**.

Esistono tre esempi di riflesso spinale:

- i. **riflessi da stiramento**: un muscolo stirato risponde allo stiramento stesso con una contrazione involontaria. Ad esempio se poniamo di avere l'avambraccio a 90° rispetto al nostro braccio

potremo notare che, aggiungendo un peso sulla mano, il nostro avambraccio tende a scendere. Il riflesso da stiramento impedisce questo movimento stimolando una contrazione involontaria del bicipite.

Questo controllo avviene attraverso delle strutture che prendono il nome di **fusi neuromuscolari**.

Tali **fusi neuromuscolari** sono disposti in maniera parallela alle fibre muscolari e sono innervate da terminazioni nervose (**cellule a T**) il cui corpo è situato nelle radici dei gangli dorsali.

La via afferente dei fusi neuromuscolari porta l'informazione dello stiramento al centro del riflesso e, attraverso una sinapsi di tipo eccitatorio, la via efferente porterà lo stimolo di contrazione al muscolo necessario (nell'esempio bicipite brachiale).

E' interessante notare che lo stimolo non si compone esclusivamente di una parte eccitatoria ma è presente una componente inibitoria nei confronti del muscolo antagonista al fine di creare una **coerenza di movimento** con lo scopo di un'esecuzione più fluida e meno dispendiosa dal punto di vista energetico.

- ii. **riflesso da stiramento inverso**: entra in gioco una struttura chiamata **organo tendineo del golgi (OTG)**. In questo caso il muscolo ad essere attivato dal motoneurone è l'antagonista in un'ottica protettiva nei confronti del muscolo agonista eccessivamente stimolato. Inizialmente si pensava che l'unica funzione fosse quella appena descritta e che gli **OTG** entrassero in attività solamente in situazioni di emergenza per il muscolo agonista: è invece stato rilevato che tale sistema lavora costantemente con una funzione riducente nei confronti della contrazione evitando dunque che si possa avere un dispendio energetico inutile. L'importanza di tale meccanismo riducente è dovuta alla presenza di un circuito di feedback inibitorio completamente immerso nella sostanza grigia che prende il nome di **cellule di Renshaw**. Tali cellule sono colpite dalla **tossina del tetano** con una conseguente mancata inibizione dei motoneuroni alfa che conduce ad una contrazione spastica.
- iii. **riflesso di evitamento**: è l'unico riflesso non conseguente ad uno stimolo meccanico, ma ad uno stimolo dolorifico portando ad una flessione dell'arto irradiato dal dolore. Ha evidenti finalità protettive e, nel caso di dolore molto intenso, l'irradiazione può raggiungere anche parti superiori del midollo spinale generando una estensione degli arti omolaterali allo stimolo. Si creano così quelle che sono definite **figure riflesse**.

L'esistenza di questi riflessi ci porta a concludere che la coordinazione avviene in maniera spontanea all'interno del nostro midollo spinale e che inoltre una volta avviato un movimento (camminare) questo procede in maniera autonoma liberando il mesencefalo dal lavoro e rendendolo attivo per i movimenti volontari.

## **PROPRIOCETTORI MUSCOLARI**

Come abbiamo visto esistono due tipologie di propriocettori muscolari con diverse caratteristiche. All'interno del muscolo troviamo i **fusi neuromuscolari**, disposti in parallelo alle fibre muscolari mentre nelle parti terminali dei muscoli, in corrispondenza delle fibre di collagene che costituiscono la parte iniziale dei tendini, troviamo gli **organi tendinei del golgi** disposti in serie rispetto alle fibre muscolari.

**Fusi neuromuscolari**: sono composti da fibre muscolari modificate sotto l'aspetto dello spessore, si presentano infatti più sottili, e della sezione avendone una minore rispetto a quella fisiologica. Per distinguerle dalle fibre muscolari necessarie alla contrazione si parla di **fibre intrafusali** in contrapposizione a quelle **extrafusali** che agiscono direttamente nella contrazione.

I fusi neuromuscolari hanno la caratteristica di presentare l'alternanza di chiaro/scuro semplicemente alle loro estremità mentre al centro sono privi di apparato contrattile ma presentano i nuclei. E' la

parte centrale quella ad essere sensibile allo stiramento in quanto è avvolta da terminazioni nervose efferenti.

**Organi tendinei del golgi:** sono fibre nervose che si incuneano tra una fibra collagene e l'altra, lo stiramento del muscolo tira il tendine con un conseguente schiacciamento delle fibre collagene che premono sulle terminazioni nervose.

Un esempio del continuo lavoro degli **OTG** è il tono muscolare come risposta involontaria a continui stiramenti dovuti al lavoro della forza di gravità sui nostri muscoli.

### **Cosa succede al fuso neuromuscolare quando la fibra muscolare si contrae?**

Potrei pensare che in seguito ad una contrazione la fibra fusale, priva di meccanismo contrattile, risulti essere flaccida e inattivabile da una qualsiasi stimolazione. In realtà grazie al fenomeno delle **coattivazione** dei motoneuroni alfa e gamma si ha una contrazione in parallelo delle fibre mantenendo una condizione di sensibilità anche durante la contrazione.

Spiegato dunque il funzionamento di entrambi i propriocettori vediamo ora quali sono le caratteristiche che li differenziano.

Esiste una unica differenza sostanziale ed è quella che se i **fusi neuromuscolari** svolgono semplicemente un'azione di **feedback passivo** al contrario gli **organi tendinei del golgi** hanno un ruolo **attivo e passivo**.

## **CONTROLLO DELL MOVIMENTO VOLONTARIO**

I movimenti volontari derivano dall'intenzione di compiere un'azione finalizzata ad uno scopo, nell'analisi di un diagramma di flusso che rappresenta la programmazione e l'esecuzione del movimento volontario quindi dovremo partire dalla parte cosciente del nostro cervello e più specificatamente dalla **corteccia sensoriale associativa**. Successivamente il movimento deve essere pianificato in maniera corretta e ciò avviene in due zone i **nuclei della base** e le **zone laterali** del cervelletto. Nell'eventualità che la programmazione iniziale del nostro movimento fosse errata, il nostro sistema si affida a dei sistemi di riprogrammazione in seguito al feedback ricevuto dai propriocettori. Tali **segnali di riprogrammazione** arrivano nelle **zone centrali** del cervelletto.

Esiste un fenomeno chiamato **equivalenza motoria** e consiste nel fatto che sebbene siano presenti motoneuroni diversi per uno stesso movimento, quello che non varia è l'idea che noi abbiamo dello stesso, indipendentemente da come e da dove sarà compiuto il movimento.

Programmato e pianificato il movimento è ora di metterlo in pratica e ciò avviene attraverso la trasmissione di segnali da parte dell'area 4 del nostro cervello. Tali segnali possono seguire due vie una più rapida in quanto non presenta "stazioni" intermedie e corre diretta fino ai motoneuroni alfa. Questa via viene utilizzata per il comando delle fibre fast, molto presenti nelle parti distali degli arti. La seconda via invece presenta una trasmissione più lenta per la presenza di "stazioni" intermedie che fungono da ultimo controllo da parte del cervelletto che può intervenire e modificare il movimento.

Tali vie vengono utilizzate per il comando delle fibre slow e quindi di quei movimenti che non richiedono una velocità molto elevata come ad esempio il controllo dell'equilibrio e della postura.

Per cercare di capire quale zona del cervello comandi determinati movimenti oggi si utilizza una tecnica non invasiva che prende il nome di **tomografia a emissione di positroni** che valuta l'aumento del flusso sanguigno in relazione al flusso di sangue che si ha in condizioni di riposo.

Tale tecnica ha comunque confermato le precedenti teorie di Penfield.

**Neuroni specchio:** si attivano sia quando siamo noi a compiere attivamente un movimento sia quando noi vediamo tale movimento compiuto da qualcun'altro. Hanno un ruolo fondamentale anche nel riconoscimento delle espressioni visive, sono alla base dunque della nostra capacità di comunicare ed entrare in empatia con le persone.

Ecco perché si sostiene, erroneamente, che nelle persone autistiche siano proprio questi neuroni ad essere danneggiati in quanto presentano una difficoltà di relazione con il mondo esterno.

Fino ad ora ci siamo concentrati sulla zona della corteccia cerebellare, ma è il momento di scendere più in profondità occupandoci dei **centri di controllo** nella **zona sottocorticale**.

Di importanza per noi ricordiamo: **striato (putamen + globo pallido), globo rosso, sostanza nera.**

L'insieme di queste strutture compone i **gangli della base** di cui esistono delle alterazioni, la più famosa delle quali è il **morbo di Parkinson**: una malattia degenerativa legata all'invecchiamento che, in seguito all'aumentata età media, sta diventando una malattia epidemica del nostro secolo. Dato che queste alterazioni colpiscono i centri di programmazione dei movimenti sarà proprio nell'esecuzione di quest'ultimi che noi riscontreremo delle alterazioni che possono essere di diverso carattere.

Un'altra alterazione di queste struttura è la **corea di Huntington** che si manifesta con una ipercinesia esagerata ed esasperata di quei movimenti che normalmente compiamo all'inizio dell'attività fisica per “darci lo slancio” ma che qui vengono ripetuti in condizioni di riposo.

## APPARATO VESTIBOLARE

Nell'**orecchio interno** sono presenti 3 **canali semicircolari** pieni di **linfa** disposti secondo gli assi x,y,z alla base dei quali sono presenti per ciascuno delle dilatazioni (due per canale) che prendono il nome di **ampolle**. In tali ampolle sono presenti delle **hair cells**, cellule con la superficie ricoperta di ciglia che possono muoversi come misuratori di accelerazione e movimento.

### A cosa serve questo tipo di recettore?

Immaginando di ruotare la testa esiste un movimento coniugato degli occhi che prende il nome di **nistagmo fisiologico** facendoli muovere in direzione opposta alla rotazione.

Quando invece poniamo attenzione a qualcosa gli occhi vengono posizionati in modo tale da permettere al maggior numero di raggi luminosi di arrivare sulla **fovea**, tale meccanismo ci permette di rimanere concentrati su un determinato oggetto anche quando la nostra testa si muove.

Alla base dei tre canali sono presenti due strutture: il **sacculo** e **l'utricolo** posti come recettori per l'equilibrio, hanno struttura molto semplice tant'è che sono presenti anche nelle meduse.

Le ciglia sono avvolte da un materiale gelatinoso alla cui sommità sono presenti delle piccole pietre che prendono il nome di **otoliti**. Inclinando la testa gli **otoliti** non si trovano più in posizione perpendicolare alle ciglia, il loro spostamento si traduce in una variazione di potenziale verso il S.N.C.

Tutti questi segnali viaggiano attraverso il **nervo misto** fino al cervelletto che organizza la risposta attraverso i **riflessi posturali** e il **bilanciamento del corpo**, successivamente viaggiano fino al **talamo** per poi raggiungere la corteccia nella zona della coscienza al fine di creare le nostre sensazioni.

E' possibile mappare il **cervelletto** in base alla distribuzione degli input che esso riceve:

- i. **afferenze vestibolari:** vengono ricevute ed elaborate dal verme (parte centrale) e dalle regioni basali
- ii. **afferenze occhi-orecchie:** vengono ricevute ed elaborate dal verme cerebellare
- iii. **midollo spinale:** vengono ricevute ed elaborate dal verme e dalle regioni mediali degli

emisferi

- iv. **cortico pontine:** vengono ricevute ed elaborate dagli emisferi laterali (corrispondono alle afferenze dei motoneuroni e nella regione del ponte esiste una stazione intermedia di controllo del movimento.)

Il cervelletto produce poi degli output che gli permettono in primo luogo di controllare la corretta esecuzione del movimento attraverso processi di **feedback** e il lavoro del **verme** con le regioni **mediali dell'emisfero**. Inoltre ha il controllo sull'equilibrio e pianifica i futuri movimenti, bisogna distinguere i movimenti in **innati** dove convogliano tutti quei movimenti insiti in noi e che fanno riferimento al **midollo spinale** e quei movimenti, gestiti dal cervelletto, che invece abbiamo dovuto **apprendere** e che proprio negli emisferi del cervelletto sono conservati come memorie per la pianificazione di future azioni.

Se il cervelletto è lesionato abbiamo una difficoltà di mantenimento dell'equilibrio durante il cammino (**atassia**), difficoltà nei movimenti complessi (**asinergia**), abbiamo un tremore che si manifesta nel movimento volontario (**tremore intenzionale**), incapacità di compiere movimenti rapidi alternati in quanto il segnale di avvio è ritardato (**adiadococinesia**), incapacità di parlare in quanto è difficile il controllo dei muscoli della bocca ed in generale assistiamo ad una diminuzione del tono muscolare e della loro forza (**ipotonia/astenia**) a cui si aggiunge una incapacità di valutazione della distanza di un oggetto (**dismetria**).

La forma principale di apprendimento motorio che il nostro cervelletto possiede è strettamente correlata ai **riflessi condizionati** in cui le risposte sono spesso rivolte verso stimoli che normalmente non generano risposte (**stimolo condizionante**) quando ad essi vengono associati stimoli che invece sollecitano una nostra risposta (**stimolo incondizionato**). L'esperimento più famoso in tal senso è rappresentato dal **cane di Pavlov**. È utile tener presente che se lo stimolo condizionato non è tenuto sotto rinforzo una volta appresso esso va in contro ad estinzione.

### Come funziona la memoria?

Innanzitutto ne esistono di tre tipi riconosciuti sia dai fisiologi che dagli psicologi e sono quella a **breve termine, medio termine e lungo termine**. È stata ipotizzata anche la presenza di una memoria a **brevissimo termine** che dura pochissimi secondi e sarebbe responsabile delle operazioni di trascrizione o memoria associate ad esempio a numeri di telefono e a brevi informazioni da passare a qualcun'altro. Le responsabili dell'apprendimento sono le **sinapsi**, se però non rinforzo la mia memoria riutilizzando più volte una informazione essa andrà perduta, un'alterazione di queste sinapsi è riconosciuta come **morbo di Alzheimer**.

Il nostro encefalo gestisce poi altre aree che rispondono a numerose richieste e necessità come ad esempio le **aree del linguaggio** che sono state identificate essere 2 nominate con il nome dei medici che per primi le posero in relazione con problemi di linguaggio (**afasia**) ossia **Wernicke** e **Broca**. Tali aree sono presenti solo nell'emisfero di sinistra e nella parte controlaterale saranno invece presenti le aree deputate al riconoscimento delle forme musicali e dei suoni. Se i due emisferi non sono tenuti in comunicazione dal **corpo calloso** assistiamo ad una grava patologia che porta il cervello a ragionare secondo due paralleli fili conduttori e che prende il nome di **split brain**.

**Sistema limbico:** regola le funzioni di tipo istintivo, regione non ben definita compresa al confine con ipotalamo e corteccia. È responsabile delle reazioni di difesa e lotta. L'**ipotalamo** svolge anche importantissime funzioni vegetative in esso infatti sono contenuti i centri per l'assunzione del cibo e dell'acqua.



## **6. SISTEMA DIGERENTE**

La digestione consiste nella scomposizione dei polimeri in molecole più semplici, avviene attraverso più passaggi all'interno di quello che può essere considerato un lungo tubo con dilatazioni che inizia con la bocca e attraverso l'esofago, lo stomaco, l'intestino e giunge fino all'ano.

Nella bocca avviene la prima digestione, la masticazione è una azione meccanica che, in unione con la saliva, trasforma il cibo in **bolo** pronto per essere inghiottito. La saliva contiene un enzima che prende il nome di **amilasi salivare** in grado di predigerire gli amidi, la cui digestione è facilitata se essi sono cotti in quanto il calore favorisce la rottura del “guscio” di amilopectina che forma i granuli di amido scoprendo l'amilosio al suo interno che è di più facile digestione. Dalla bocca il cibo viene spinto dalla lingua nella **faringe**, un tratto comune per cibo e aria.

Da qui il cibo entra nell'**esofago** la cui funzione primaria è portare il cibo allo stomaco. All'estremità inferiore dell'esofago è presente lo **sfintere esofageo inferiore** il cui compito è quello di impedire al contenuto acido dello stomaco di entrare nell'esofago, tale processo prende il nome di **reflusso gastrico**.

Lo **stomaco** è un sacco a forma di “J” localizzato al di sotto del diaframma. La sua funzione principale è quella di immagazzinare il cibo deglutito e quindi di farlo passare nell'**intestino tenue** ma prima è necessario che il bolo si trasformi in **chimo** e per fare questo serve che l'attività contrattile della muscolatura liscia dello stomaco più il succo gastrico facciano la loro azione frammentando il cibo in particelle più piccole.

Dallo stomaco il chimo passa nell'**intestino tenue** lungo circa 3 metri, è la sede primaria della digestione di tutti i nutrienti e anche il luogo in cui viene assorbita la maggior parte di nutrienti ingeriti, acqua, vitamine e sali minerali.

### **Digestione dei carboidrati**

I polisaccaridi sono digeriti dalle **amilasi** presenti nella saliva e nel succo pancreatico. La digestione dei carboidrati inizia nella bocca: l'amilasi salivare è in grado di digerire i polisaccaridi soltanto per un breve periodo prima di essere inattivata dall'ambiente acido dello stomaco. Il compito principale delle amilasi è quello di ridurre amido in **maltosio** un disaccaride costituito da due monomeri di glucosio.

### **Digestione delle proteine**

Devono prima essere idrolizzate e richiedono la presenza di due enzimi **endopeptidasi** che attacca i legami peptidici interni ed **esopectidasi** che stacca gli amminoacidi.

### **Digestione dei lipidi**

A differenza di quanto visto sino ad ora i lipidi sono insolubili in acqua. Digeriti da un enzima chiamato **lipasi**. Un importante ruolo è ricoperto dalla **bile** che emulsiona i grassi aumentando la quantità di lipidi esposti all'acqua e perciò suscettibili alla digestione enzimatica. Il primo passaggio del loro assorbimento è la trasformazione in **chilomicroni** che appartiene alla classe delle **lipoproteine**.