

I Riflessi

Il riflesso è una risposta involontaria ad uno stimolo adeguato, ed essendo involontario, questo circuito non raggiunge la corteccia cerebrale.

L'arco riflesso è la struttura anatomica che usiamo per studiare un riflesso, in particolare, da un punto di vista didattico, facciamo riferimento all'arco riflesso spinale.

Componenti di un arco riflesso

- 1 -recettore (fuso neuromuscolare, altro)
- 2 -via afferente neurone sensitivo primario della radice dorsale del midollo spinale
- 3 -centro riflesso (motoneuroni + interneuroni)
- 4 -via efferente fibre motorie originate dai motoneuroni
- 5 -effettore (fibre muscolari striate)

Questo è un arco riflesso che si definisce **monosinaptico**, perché **a livello del midollo spinale c'è una sola sinapsi**, infatti la fibra afferente prende contatto direttamente col motoneurone α .

Fuso neuromuscolare

Il **fuso neuromuscolare** è un **meccanocettore sensibile allo stiramento**, definito anche **propriocettore**, e localizzato nei muscoli.

Esso è posto **in parallelo rispetto alle fibre del muscolo**, che vengono definite **fibre extrafusali**, per distinguerle dalle fibre del fuso che vengono definite **fibre intrafusali**.

Le fibre extrafusali sono separate dalle fibre intrafusali tramite una **capsula connettivale** che è collegata all'**endomisio**.

Le **fibre intrafusali** hanno le **estremità contrattili**, grazie ai **motoneuroni γ** . Nella **parte centrale**, che invece ha perso la caratteristica della contrattilità, si trovano **avvolte in senso anulo-spirale** le **terminazioni nervose della fibra afferente**.

In particolare, le fibre intrafusali possono essere **a sacco nucleare** (i nuclei sono disordinati) oppure **a catena** (i nuclei sono posti uno sopra l'altro).

Le fibre intrafusali presentano un'**innervazione sensoriale afferente**, le cui fibre possono essere suddivise in due categorie:

- Le **terminazioni anulo-spirali**, cioè le **terminazioni sensoriali primarie**, sono fibre del **gruppo I A** e hanno un'**alta velocità di conduzione**. Esse sono localizzate nella **porzione centrale delle fibre intrafusali**.

- Sono anche presenti delle **terminazioni sensoriali secondarie**, che sono delle fibre del **gruppo II**, hanno una **minore velocità di conduzione**. Esse sono localizzate all'**estremità delle fibre intrafusali**.

Oltre alle vie afferenti, ci sono le **fibre motorie efferenti**:

- Innervazione motoria γ** che va alle **fibre intrafusali**, in particolare, a livello delle loro estremità.

- Innervazione motoria α** che va alle **fibre extrafusali**, quindi alle fibre del muscolo.

Quindi a livello del midollo spinale esistono **motoneuroni γ** e **motoneuroni α** . Abbiamo due possibilità di funzionamento: una **risposta dinamica**, nel momento in cui si parla di movimento; una **risposta statica**, che consente il mantenimento della postura. In entrambi i casi, i recettori e i muscoli coinvolti sono gli stessi.

Fuso neuromuscolare

Recettore sensibile allo stiramento

Capsula di tessuto connettivale collegata all'endomisio

Contiene sottili fibre muscolari modificate (lunghe fino a 10mm/
100micron di diametro) = **fibre intrafusali**

Sono di due tipi: fibre intrafusali a sacco nucleare e fibre a catena nucleare

Disposti in parallelo con le fibre muscolari extrafusali

Innervazione del fuso: fibre nervose afferenti del gruppo Ia, e gr.II

Gruppo Ia = **terminazioni primarie anulospirali**

Gruppo II = terminazioni secondarie

Innervazione motoria: motoneuroni gamma (γ)

Risposta **statica** e risposta **dinamica**

Riflesso da stiramento

Per vedere la funzionalità del SN si somministra un **colpo di martelletto a livello del ginocchio**. Questo consente di studiare l'integrità della risposta e quindi l'integrità del riflesso, per vedere se il circuito sottostante è perfettamente funzionante.

Il **tendine del muscolo quadricipite femorale**, al momento del colpo del martelletto, viene leggermente stirato, questo comporta la stiratura di tutte le strutture connettivali del muscolo, compresa la capsula connettivale che avvolge il fuso neuromuscolare.

Lo stiramento del fuso determina l'**aumento di frequenza di scarica sulla fibra afferente IA**, che si trova nella parte centrale del fuso neuromuscolare.

Questa scarica percorre tutta la via afferente, arriva al midollo spinale attraverso le radici dorsali e prende contatto sinaptico con il **motoneurone α** , il quale a sua volta aumenta la sua frequenza di scarica e la trasferisce al **muscolo quadricipite femorale**, che così si **contrae**.

Quindi come reazione al colpo di martelletto, si ha la **contrazione del muscolo estensorio**, cioè il quadricipite femorale, lo stiramento della gamba e quindi il movimento in avanti della gamba. La via afferente, inoltre, prende contatto sinaptico anche con **interneuroni inibitori** che innervano a loro volta i motoneuroni dei **muscoli antagonisti**, cioè i **muscoli flessori**, che **vengono inibiti**, permettendo l'estensione della gamba.

Il **circuito principale** preso in considerazione è **monosinaptico** in quanto si ha una sola sinapsi a livello del midollo spinale, consentendo un ritardo sinaptico che è minimo (**30 ms**).

Il **circuito di inibizione** è invece **polisinaptico** in quanto presenta un **interneurone**.

Riflesso miotattico

Il fuso neuromuscolare oltre ad avere una innervazione sensitiva nella sua terminazione anulospirale, ha anche una **innervazione motoria γ** . Questo consente al SNC di **controllare la lunghezza delle fibre intrafusali**. Quindi il SNC, attraverso i motoneuroni γ , può contrarre le estremità delle fibre intrafusali, determinando l'allungamento della porzione centrale.

Quindi nel momento in cui le **fibre intrafusali vengono contratte** grazie ai motoneuroni γ , la **parte centrale si despiralizza, aumenta la frequenza di scarica** che, attraverso la fibra afferente, giunge al motoneurone α e quindi al muscolo, consentendo così di controllare il movimento.

Questo tipo di riflesso è detto **miotattico** ed è alla base del **controllo muscolare di tutti i muscoli**.

Il circuito è lo stesso preso in considerazione nel riflesso da stiramento, quello che cambia è il punto di partenza: il colpo di martelletto nel caso del riflesso da stiramento; il SNC nel caso del riflesso miotattico.

Il **riflesso da stiramento**, determinato dal colpo di martelletto, è una **contrazione fasica**, cioè che dura quell'istante e poi si esaurisce, mentre il **riflesso miotattico** è un riflesso che **perdura nel tempo** e che consente il mantenimento di una condizione di base di controllo del muscolo.

Quindi nel momento in cui il SNC manda il comando di sollevare ad esempio un computer, nel sollevarlo, io devo esercitare una forza tale da mantenerlo sollevato per tutto il tempo necessario. Allora per iniziare e mantenere il movimento bisogna controllare la lunghezza del muscolo per tutto il tempo in cui questa contrazione avviene.

Il riflesso miotatico o da stiramento è accompagnato da un altro tipo di riflesso, chiamato **riflesso miotatico inverso**, che vede l'azione di un recettore **sensibile all'aumento di tensione** sviluppato nel muscolo, **l'organo tendineo del Golgi**.

Gli organi tendinei del Golgi sono posizionati nel punto di **giunzione tra muscolo e tendine**, sono disposti **in serie rispetto al muscolo**.

Questi recettori **aumentano la propria frequenza di scarica quando la tensione muscolare cresce**, cioè quando il muscolo si contrae troppo, **evitando così la lesione delle fibre del muscolo e del tendine**.

L'organo tendineo del Golgi è innervato da una **fibra afferente di tipo Ib**, la quale raggiunge il midollo spinale e fa sinapsi con **interneuroni inibitori**, che **inibiscono i motoneuroni α del muscolo agonista** e dei **muscoli sinergici**, e con **interneuroni eccitatori**, che **stimolano i motoneuroni α del muscolo antagonista**. In questo modo la tensione muscolare può essere riportata a valori ottimali.

Il riflesso miotatico inverso è un **riflesso polisinpatico** poiché ci sono degli interneuroni interposti tra la via afferente e la via efferente.

Esistono dei **riflessi più complessi** che prevedono l'azione di recettori, come quelli **nocicettivi**, esterni al sistema che abbiamo preso finora in considerazione.

Immaginiamo di avere un **chiodo** sotto il piede, ciò attiva un **recettore nocicettivo**, la cui fibra afferente entra nel **midollo spinale attraverso la radice dorsale**, trasportando l'aumento di frequenza di scarica.

A questo punto la fibra afferente prende contatto sinaptico con tanti **interneuroni**, sia inibitori che eccitatori.

A livello **ipsilaterale**, cioè dallo stesso lato in cui si somministra la stimolazione nocicettiva, si ottiene la **flessione dell'arto**. Questo accade poiché si ha l'**eccitazione dei motoneuroni dei muscoli flessori** e contemporaneamente si ha l'**inibizione dei motoneuroni dei muscoli estensori** tramite interneuroni inibitori.

Oltre alla flessione dell'arto stimolato, si ha anche un effetto a livello **controlaterale**, quindi si ha l'**attivazione dei muscoli estensori**, che ci consentono di produrre una forza che si contrappone alla forza di gravità, e contemporaneamente l'**inattivazione dei muscoli flessori**.

Quindi, si parla di un **riflesso flessorio ipsilaterale**, che determina il sollevamento del piede dal chiodo, e parallelamente si ha anche un **riflesso di estensione crociata contralaterale**, che è quello che avviene nell'arto contralaterale.

Tra l'altro abbiamo una **doppia innervazione reciproca** perché posso attivare un recettore sotto il piede destro ma anche sotto il piede sinistro ed il meccanismo sarà lo stesso.

Tra un riflesso monosinaptico e un riflesso attivato da una nocicezione, **prenderà il sopravvento** quello attivato dalla **nocicezione**, che chiaramente può creare un danno all'organismo.

La **soglia del riflesso** è data dalla soglia del recettore coinvolto, poiché per attivare un recettore ci vuole una determinata intensità di stimolazione.

Il **tempo del riflesso** è dato dal tempo di conduzione centrale e dal ritardo sinaptico. Nel caso di un riflesso monosinaptico il ritardo sinaptico è determinato da una sola sinapsi e sarà intorno ai **30 millisecondi**.

Se io però inserisco nel circuito una serie di interneuroni, aumentano le sinapsi, per cui il ritardo sinaptico aumenterà, ma ovviamente sarà sempre dell'ordine dei millisecondi.

A livello post-sinaptico possiamo mettere in evidenza meccanismi di **sommazione**, infatti ciò che avviene a livello del motoneurone α è la sommazione di tutti gli effetti che gli arrivano (inibitori o eccitatori a seconda del neurotrasmettitore).