

RECETTORI E CODIFICAZIONE NERVOSA

1. I termini "recettore sensoriale", "terminazione sensoriale" e "organo di senso" sono usati generalmente nella fisiologia sensoriale. Più esattamente le terminazioni sensoriali sono le terminazioni periferiche delle fibre nervose afferenti.
2. Le terminazioni sensitive hanno una loro "soglia", cioè esistono stimoli fisicamente definibili a cui esse rispondono oppure no con una scarica di impulsi. La soglia è una quantità variabile e viene quindi in genere definita da una valutazione statistica.



RECETTORI E CODIFICAZIONE NERVOSA

3. Si definisce "unità sensoriale", una singola fibre nervosa primaria afferente, incluse le sue branche periferiche e le sue terminazioni centrali. In un senso più esteso tale unità comprende quelle cellule trasduttrici non nervose a cui è già stato fatto riferimento.
4. Il "campo recettivo periferico" è quella porzione di spazio entro la quale uno stimolo di intensità sufficiente e di qualità appropriata evoca una scarica di impulsi nell'unità sensoriale. La soglia per l'eccitazione varia con la posizione dello stimolo nel campo recettivo.



RECETTORI E CODIFICAZIONE NERVOSA

5. Le branche periferiche di un'unità sono intrecciate in misura notevole con quelle di unità adiacenti; quando lo stimolo passa attraverso una superficie sensoriale è poco probabile che interessi solo una singola fibra afferente. Principio della "sovrapposizione parziale". I campi recettivi periferici hanno dimensioni e numero di fibre nervose per unità di area molto variabile; il loro rapporto definisce la "Densità di innervazione periferica".

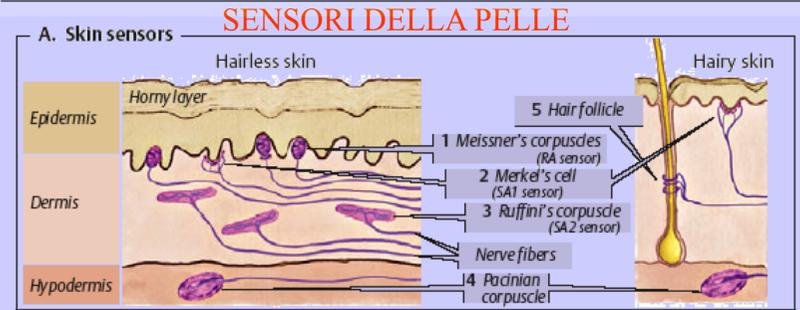


RECETTORI E CODIFICAZIONE NERVOSA

6. I recettori differiscono l'uno dall'altro per il modo a cui rispondono a stimoli continui. Alcuni rispondono solo ai transienti, scaricano solo pochi impulsi all'inizio di uno stimolo costante, sono poi silenti, e possono scaricare di nuovo quando lo stimolo viene tolto. Altri recettori rispondono all'applicazione di uno stimolo con una scarica il cui andamento nel tempo e la cui frequenza massima sono funzioni della velocità di applicazione dello stimolo e della sua intensità finale. Questi afferenti danno informazioni anche sull'intensità dello stimolo in stato stazionario, perché continuano a scaricare durante l'applicazione dello stimolo stesso.



Stimolo incidente	Meccanismo intermedio	tipi di recettori e funzioni
Forza meccanica	Sconosciuto: le possibilità sono: a) cambiamenti nelle proprietà statiche della terminazione nervosa, cioè nella capacità, nella resistenza, ecc. b) liberazione intermedia di agenti chimici specifici e chemo-recezione alla terminazione nervosa.	Meccanocettori deputati a: a) tatto-pressione nella pelle e nei tessuti b) senso della posizione e cinestesia; c) meccanocettori della coclea, udito d) recettori da stiramento del muscolo e dei tendini e) recettori viscerali di pressione: carotide ed atrio destro
Luce	Trasduzione fotochimica che porta all'eccitazione di terminazioni nervose	Fotorecettori dell'occhio deputati alla visione
Caldo	Sconosciuto (mediante regolazione della reazione chimica che influenza lo stato della terminazione nervosa)	Termorecettori , differenti per: a) caldo b) freddo
Sostanze in soluzione	Incerto, eccitazione di cellule recett. o di terminaz.ni chimiche specifiche	Chemiorrecettori , a) gusto; b) olfatto Osmorecettori , recettori del corpo carotideo
Forze eccessive, caldo, freddo estremi Sostanze chimiche	Incipiente o effettiva distruzione di tessuto cellulare (liberazione di sostanze che eccitano le terminazioni nervose)	Nocicettori , deputati al dolore

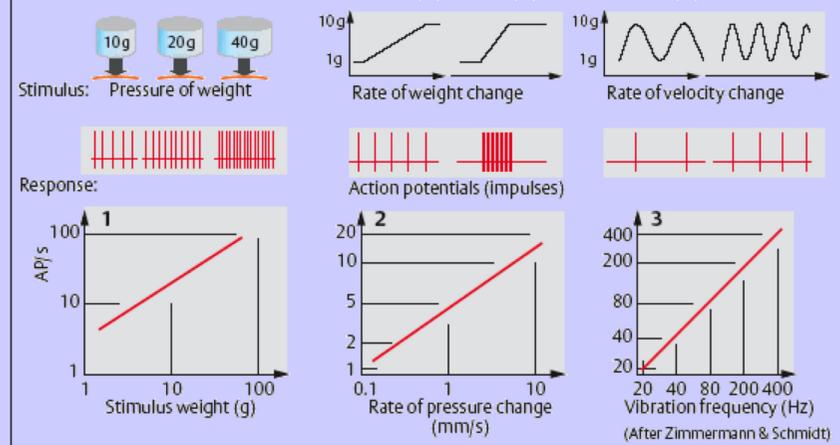


- 1. Corpuscoli di Meissner** recettore della pressione tipo Differenziale a rapido adattamento
- 2. Cellule di Merkel**, recettore della pressione tipo Proporzionale Differenziale a lento adattamento
- 3. Corpuscolo di Ruffini** è un recettore di pressione di tipo Proporzionale a lento adattamento
- 4. Corpuscolo del Pacini** è recettore di tipo differenziale (velocità ed accelerazione) a rapido adattamento
- 5. Follicolo dei peli sensibili al movimento dei peli**



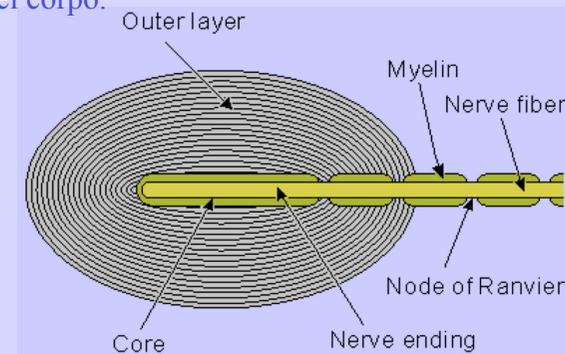
SENSORI DELLA PELLE

B. Response of skin sensors for pressure (1), touch (2) and vibration (3)



IL CORPUSCOLO DEL PACINI

Il corpuscolo del Pacini è un recettore di contatto a forma ellissoidale di dimensioni 0.5-1 mm lunghezza e 0.3-0.7 mm di spessore, consiste di strati concentrici. Al centro del corpuscolo giunge la parte non mielinata della fibra afferente. Il primo nodo di Ranvier è all'interno del corpo.



IL corpuscolo del Pacini

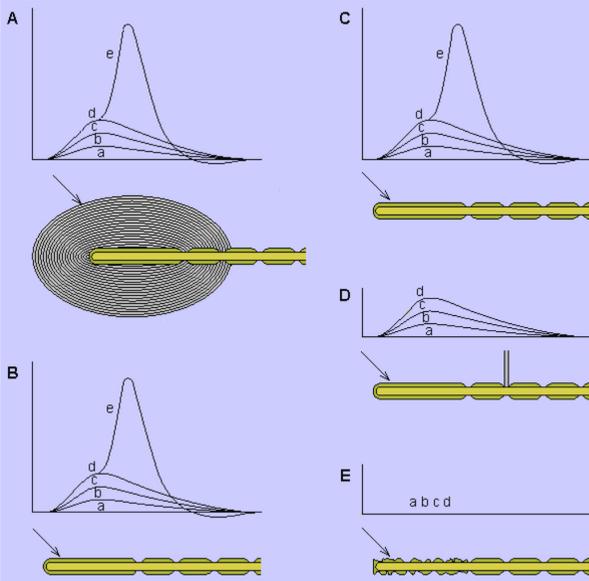
A) metodo di stimolazione del corpuscolo di Pacini, isolato col suo assone.

B), a, b, c, d, aumento del potenziale generatore prodotto da stimoli sempre più forti.

C) dopo l'eliminazione di tutte le lamelle esterne del corpuscolo la sequenza è immutata.

D) blocco del 1° nodo.

E) eliminazione di pezzetti del nucleo centrale.



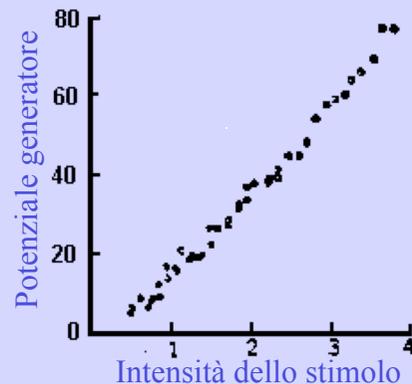
IL CORPUSCOLO DEL PACINI

Deboli stimoli meccanici producono una variazione locale del potenziale di membrana che, quando è di sufficiente ampiezza, produce un potenziale d'azione propagato nell'assone. Questa variazione locale è detta potenziale generatore: esso è prodotto dal flusso di corrente ionica transmembranica; è una variazione locale del potenziale di membrana. Questo processo ha le seguenti proprietà: (1) è generato nella terminazione nervosa e non in elementi del corpuscolo; (2) è locale e non propagato; (3) è passibile di sommazione spaziale e temporale perché le risposte generatrici originate da due stimoli deboli applicati uno dopo l'altro a un punto, oppure a due punti spazialmente separati sulla terminazione, si sommano e possono così depolarizzare la membrana al suo livello di "scarica".



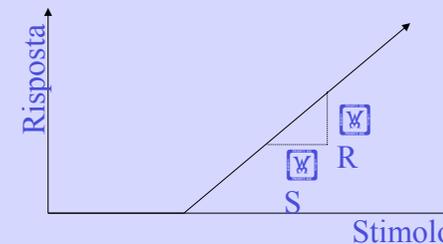
IL CORPUSCOLO DEL PACINI

In una vasta gamma di intensità di stimolazione la relazione fra la stessa e l'ampiezza della risposta generatrice (cioè la depolarizzazione locale di membrana) è lineare.



IL CORPUSCOLO DEL PACINI

PRINCIPALI MECCANISMI PRESENTI NELLA TRASDUZIONE



$$\text{Sensibilità} = \frac{R}{S}$$



IL MUSCOLO

I muscoli in generale possono dividersi in tre categorie principali:

- 1 - muscoli striati
- 2 - muscoli lisci
- 3 - muscoli cardiaci

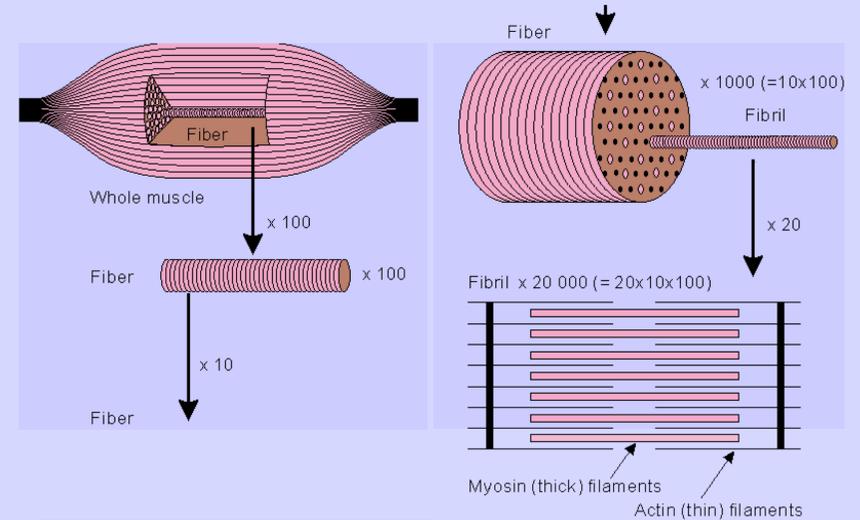
I muscoli striati costituiscono per la maggior parte quelli scheletrici. Questi sono quelli detti anche volontari a causa della loro possibile contrazione per comando "a volontà" dal S.N.C.

I muscoli lisci sono quelli anche detti non volontari.

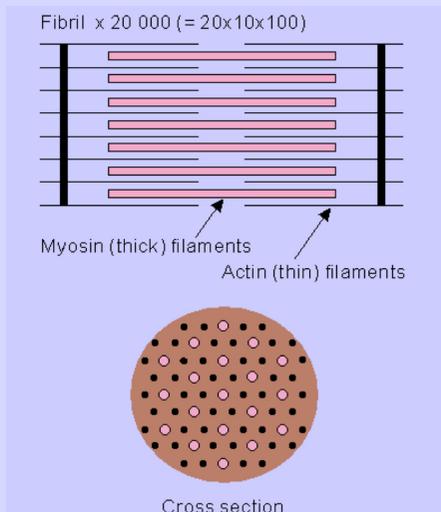
Un muscolo scheletrico formato da migliaia di fibre muscolari. In ogni fibra muscolare esistono parecchie centinaia o migliaia di miofibrille che contengono i filamenti di actina e miosina immersi in un fluido viscoso.



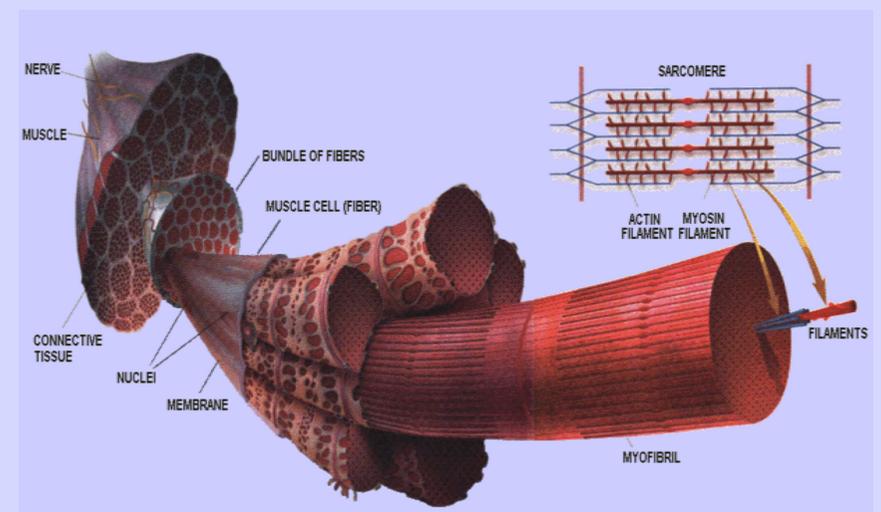
IL MUSCOLO



IL MUSCOLO



IL MUSCOLO



IL MUSCOLO

Ogni fibra muscolare è innervata da una terminazione di un nervo. Tenendo conto del gran numero di arborizzazioni, ogni motoneurone innerva un centinaio di fibre muscolari. Il contatto tra parte esterna del neurone e la fibra muscolare avviene tramite la cosiddetta "placca matrice" che in effetti costituisce una sorta di sinapsi a livello di fibra muscolare. Il singolo motoneurone con tutte le fibre muscolari che innerva costituisce una unità motoria. Quando il potenziale di azione attiva una unità motoria, si genera tra i filamenti di actina e di miosina delle fibrille, una forza longitudinale di attrazione che causa una tensione. La minima unità di tensione meccanica (il quanto di tensione) è quella sviluppata da una singola unità motoria.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL MUSCOLO

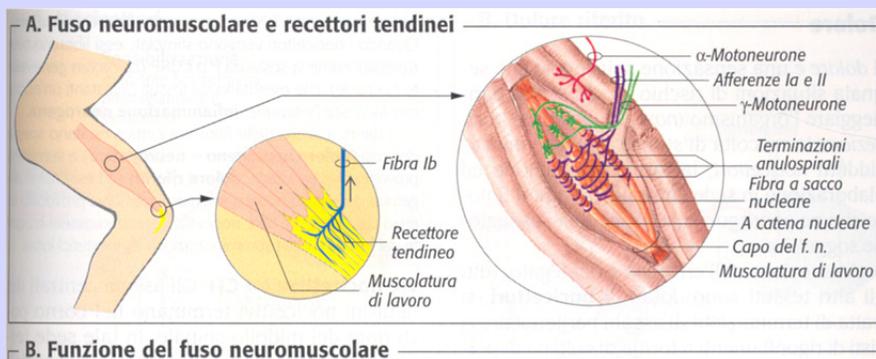
Nel muscolo vero e proprio vi è una parte che può indicarsi con terminologia controllistica "attuatore" ed un'altra che funge da trasduttore al fine di fornire informazioni all'S.N.C. Questi ULTIMI sono i "fusi muscolari" i quali sono caratterizzati dall'avere vie afferenti ed efferenti.

Rispetto alla via efferente il fuso può considerarsi come una unità motoria; l'altra, di tipo afferente, fornisce al SNC informazioni circa la lunghezza del fuso stesso e quindi circa le sue deformazioni. Questi fusi agiscono dunque come dei trasduttori di variazioni di lunghezza in segnale elettrico. Essi deformandosi insieme al muscolo, generano impulsi sotto forma di treni di impulsi, la frequenza dei quali dipende dalle variazioni di lunghezza ed anche dal segnale proveniente dal SNC.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

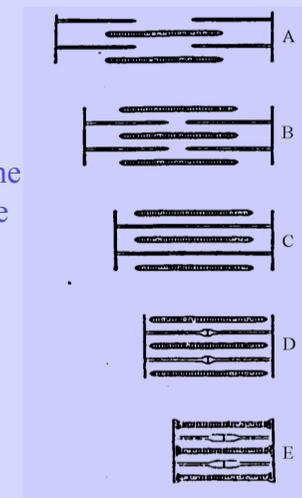
IL MUSCOLO



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL MUSCOLO

Scivolamento della miosina e dell'actina all'aumentare dell'eccitazione e, conseguentemente, all'aumentare della contrazione muscolare



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

LA PLACCA MOTTRICE

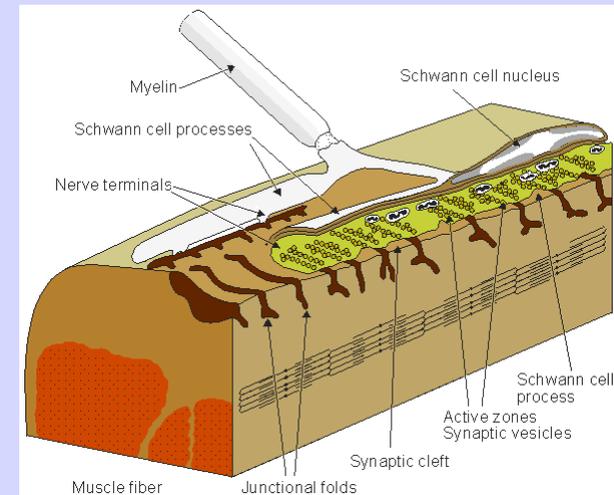
Il punto di innesto o terminazione della fibra nervosa motrice è detto **placca motrice** o **sinapsi neuromuscolare**.

La placca motrice è composta da due componenti: una pertinente alla cellula muscolare, l'altra alla fibra nervosa. La componente muscolare risulta di piccole invaginazioni del sarcolemma, dette fessure sinaptiche secondarie. La componente spettante alla fibra nervosa è costituita dalla porzione terminale dell'assone e ramificata nelle fessure sinaptiche primarie. La giunzione neuromuscolare ha dunque l'architettura generale di una comune sinapsi, con l'assolemma come membrana presinaptica, il sarcolemma come membrana postsinaptica e lo spazio intersinaptico. E' nell'assoplasma presinaptico che sono presenti le vescicole, contenenti nel caso specifico acetilcolina



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

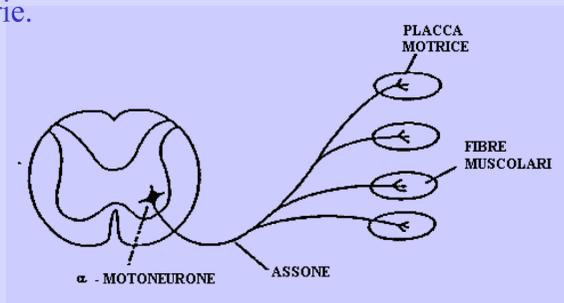
LA PLACCA MOTTRICE



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

L'UNITÀ MOTORIA

L'unità funzionale del muscolo è l'unità motoria (UM): l'insieme del motoneurone e delle fibre muscolari che esso innerva. Le fibre muscolari di una unità motoria hanno nel muscolo una disposizione casuale, non contigua, sono, cioè, frammiste a mosaico con fibre muscolari appartenenti ad altre unità motorie.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

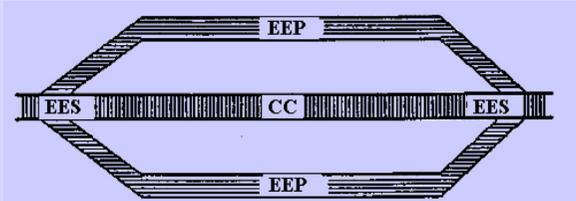
L'UNITÀ MOTORIA

Il numero di fibre muscolari per unità motorie variano molto: vi sono UM con 10 - 20 fibre muscolari, altre con più di 2000. Generalmente i muscoli preposti al controllo dei movimenti più fini hanno un basso numero di fibre muscolari per unità motoria; invece, i muscoli preposti a movimenti più grossolani sono usualmente caratterizzati da un elevato numero di fibre muscolari per unità motoria.



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL MODELLO MECCANICO DEL MUSCOLO



CC = componente contrattile, data dal sarcomero;

EEP = elementi elastici posti attorno alla componente contrattile e quindi in parallelo costituiti dalle guaine fibrose dei fascicoli muscolari, dalle guaine delle fibre muscolari (sarcolemma) e dal connettivo tra le fibre (endomisio);

EES = elementi elastici in serie, costituiti dai tendini, le linee zeta e i ponti di actomiosina.



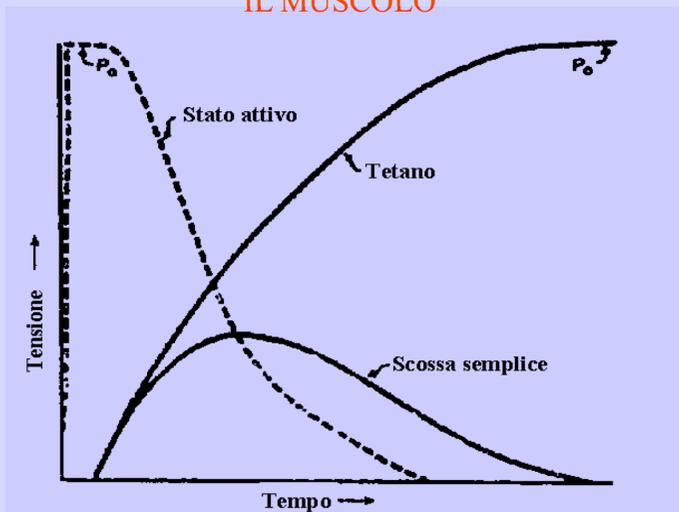
IL MODELLO MECCANICO DEL MUSCOLO

Il muscolo rilassato, a riposo, è elastico: resiste, cioè, allo stiramento oltre la lunghezza di riposo. L'elasticità del muscolo, che dà luogo alla resistenza allo stiramento, è data dal tessuto connettivo che avvolge la componente contrattile, che, quindi, è in parallelo con essa.

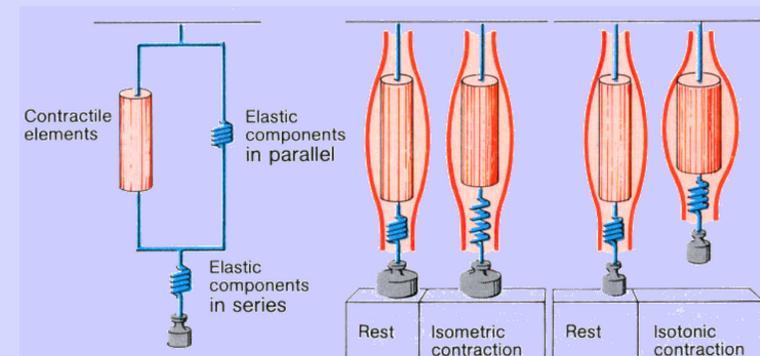
Quando il muscolo si contrae, prima che la tensione si possa manifestare nei tendini (EES), deve comparire nel tessuto connettivo (EEP).



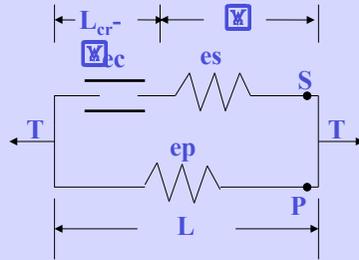
IL MUSCOLO



CONTRAZIONE ISOMETRICA ED ISOTONICA



IL MODELLO MECCANICO DEL MUSCOLO



ec = elemento contrattile;

ep = elementi elastici posti in parallelo ;

es = elementi elastici in serie;

L_r = lunghezza a riposo del muscolo

L_{cr} = lunghezza in contrazione del muscolo

T, P, S = forze esercitate dal muscolo, da ep e da es

ΔL = lunghezza dell'elemento serie

ΔL_c = variazione di lunghezza dell'elemento contrattile



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL MODELLO MECCANICO DEL MUSCOLO

In uno stato di eccitazione si ha: $L = L_{cr} - \delta + \eta$

derivando rispetto al tempo si ha $\frac{dL}{dt} = -\frac{d\delta}{dt} + \frac{d\eta}{dt}$

per le forze si ottiene

$$T = P + S$$

e quindi

$$\frac{dT}{dt} = \frac{dP}{dt} + \frac{dS}{dt}$$

Facendo l'ipotesi che gli elementi in parallelo e in serie sono puramente elastici e ricordando che P dipende da L e S dipende da ΔL si può scrivere:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{dP}{dL} \frac{dL}{dt} + \frac{dS}{d\eta} \frac{d\eta}{dt} \Rightarrow \frac{dT}{dt} = \frac{dP}{dL} \frac{dL}{dt} + \frac{dS}{d\eta} \left(\frac{dL}{dt} + \frac{d\delta}{dt} \right) \Rightarrow$$

$$\frac{dT}{dt} = \left(\frac{dP}{dL} + \frac{dS}{d\eta} \right) \frac{dL}{dt} + \frac{dS}{d\eta} \frac{d\delta}{dt}$$



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

IL MUSCOLO

Nel caso di contrazione isometrica, nella quale L rimane costante si ha:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{dS}{d\eta} \frac{d\delta}{dt}, \quad T(0) = T_i$$

Nel caso di contrazione isotonica, nella quale T rimane costante si ha:

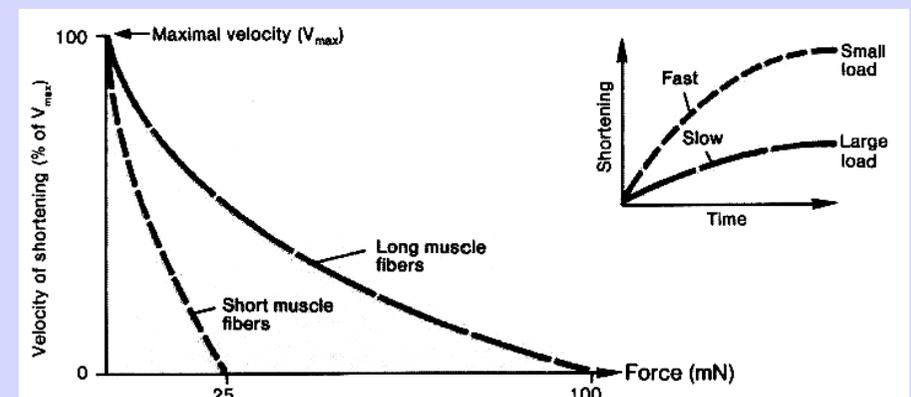
$$0 = \left(\frac{dP}{dL} + \frac{dS}{d\eta} \right) \frac{dL}{dt} + \frac{dS}{d\eta} \frac{d\delta}{dt} \Rightarrow$$

$$\frac{dL}{dt} = - \frac{\frac{dS}{d\eta} \frac{d\delta}{dt}}{\left(\frac{dP}{dL} + \frac{dS}{d\eta} \right)}, \quad L(0) = L_i$$



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

VELOCITA' DI ACCORCIAMENTO-FORZA



University of Naples "Federico II" - Dept. of Biomedical, Electronic and Telecommunications Engineering
Biomedical Engineering Unit - Via Claudio, 21 80125 Napoli tel: +39 081 7683788 fax: +39 081 5934448
Prof. Antonio FRATINI - e-mail: a.fratini@unina.it

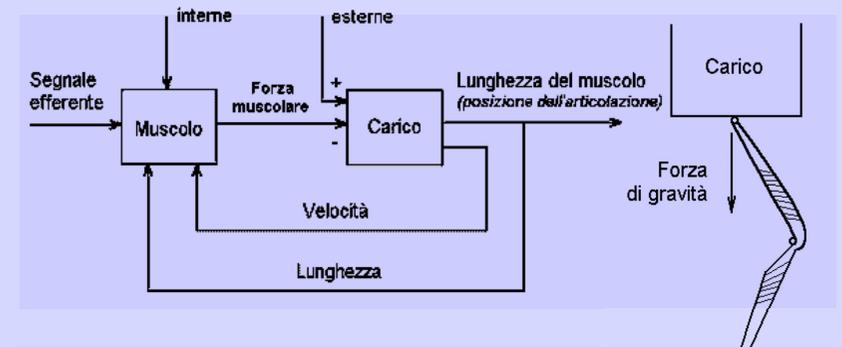
CONTROLLO MUSCOLARE A FEEDBACK

Il controllo della postura e del movimento richiede una coordinazione continua delle centinaia di muscoli che costituiscono l'apparato motorio del corpo umano. Il sistema nervoso centrale deve inviare segnali di controllo appropriato a ciascuno di questi muscoli. I componenti muscolari e nervosi funzionano insieme, costituendo il sistema di controllo periferico. Questo sistema compensa le perturbazioni e migliora la corrispondenza tra risposta muscolare e segnali di controllo.



CONTROLLO MUSCOLARE A FEEDBACK

un "segnale efferente" che controlla la "forza muscolare" provoca la modificazione della "lunghezza" del muscolo, che determina la "posizione" dell'articolazione.



CONTROLLO MUSCOLARE A FEEDBACK

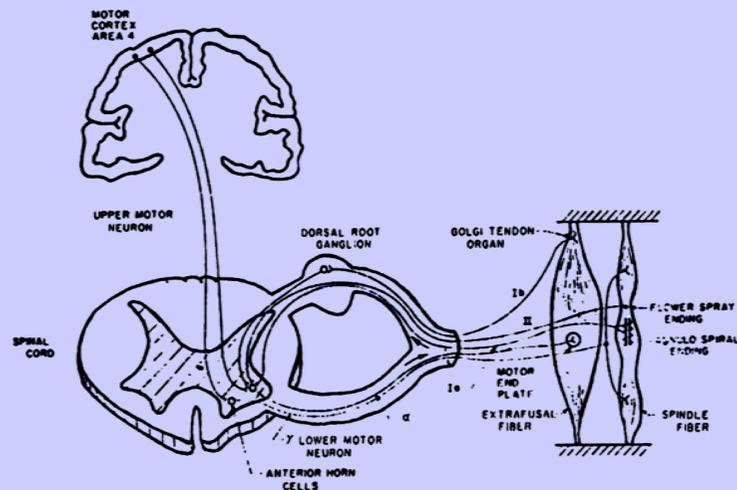
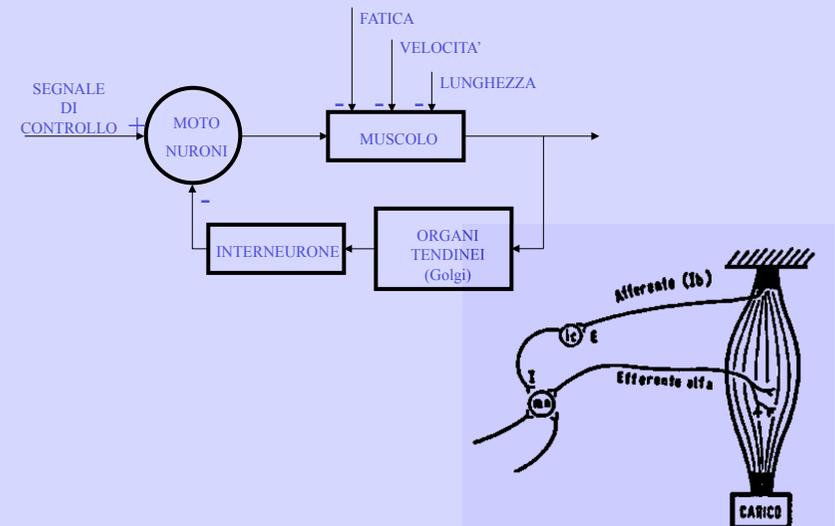


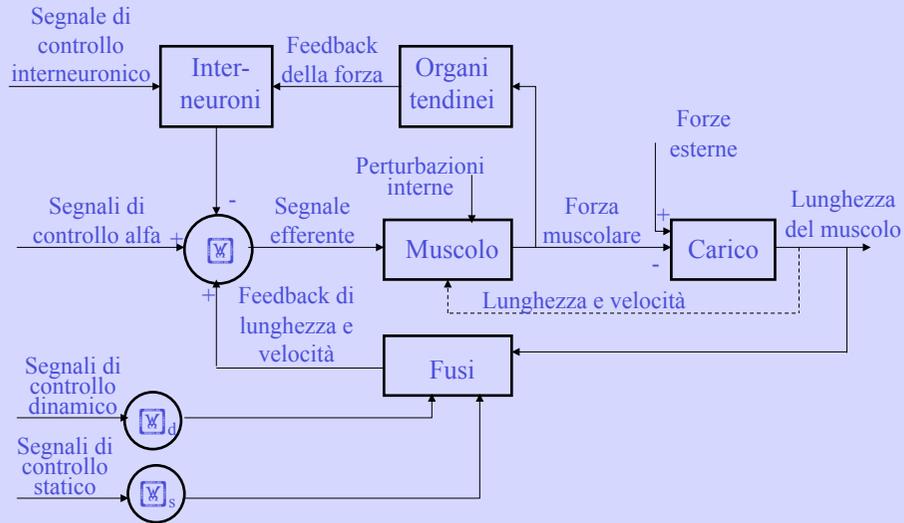
Fig. 60 - Physiologic control of skeletal muscle.



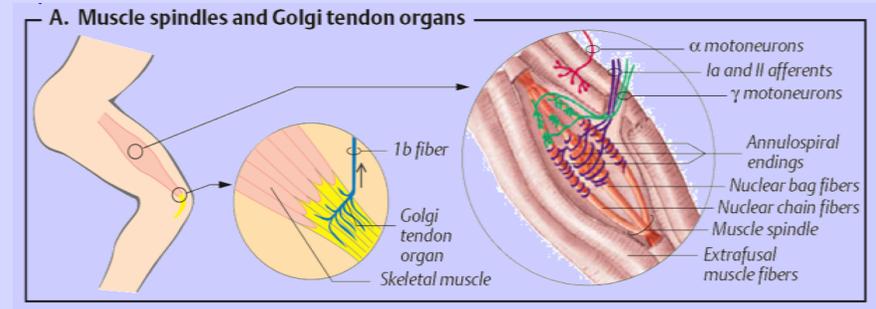
CONTROLLO MUSCOLARE A FEEDBACK



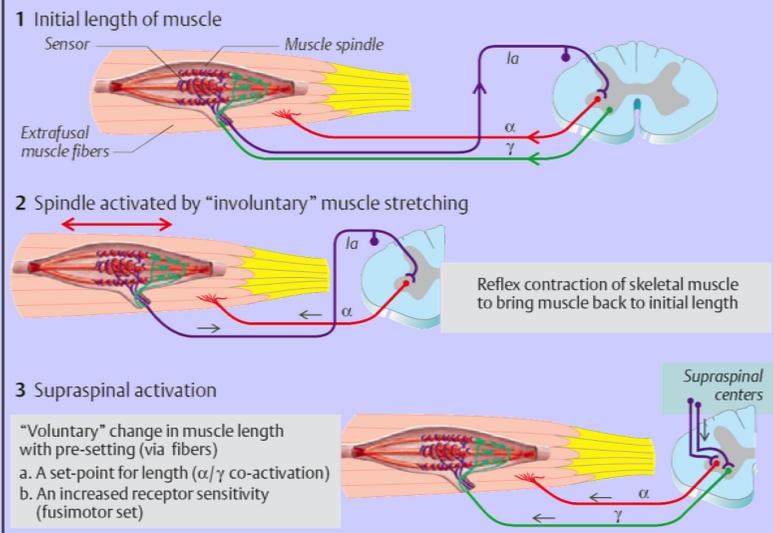
CONTROLLO MUSCOLARE A FEEDBACK



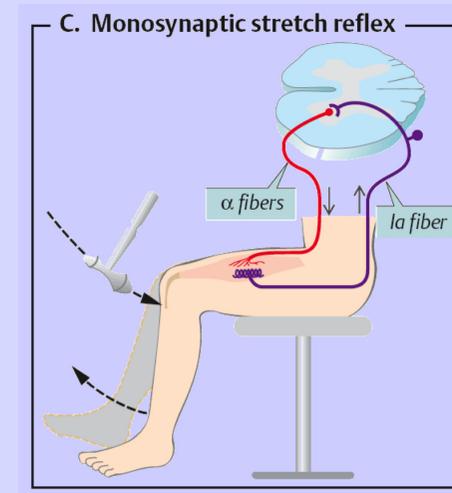
ORGANO TENDINEO DEL GOLGI E FUSI MUSCOLARI



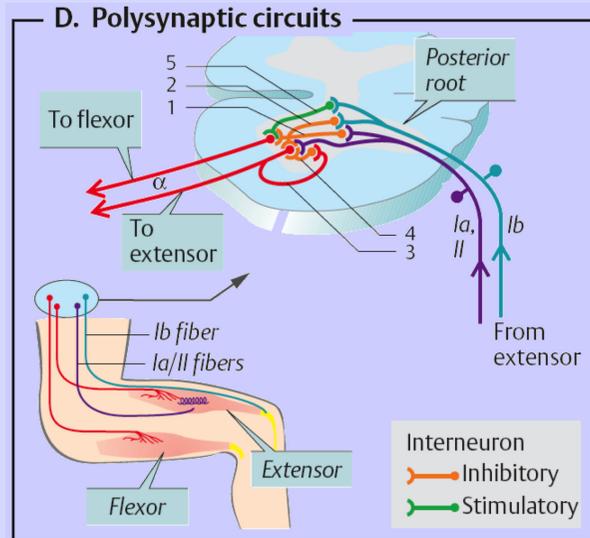
B. Muscle spindle function



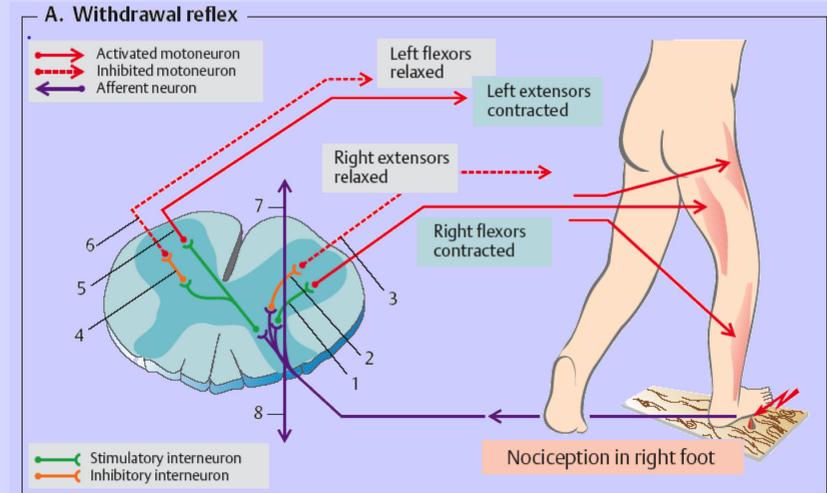
CONTROLLO MUSCOLARE A FEEDBACK



CONTROLLO MUSCOLARE A FEEDBACK



CONTROLLO A FEEDBACK DEL DOLORE

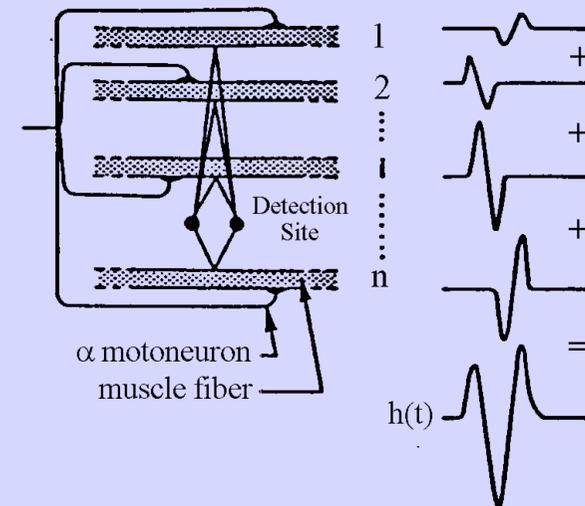


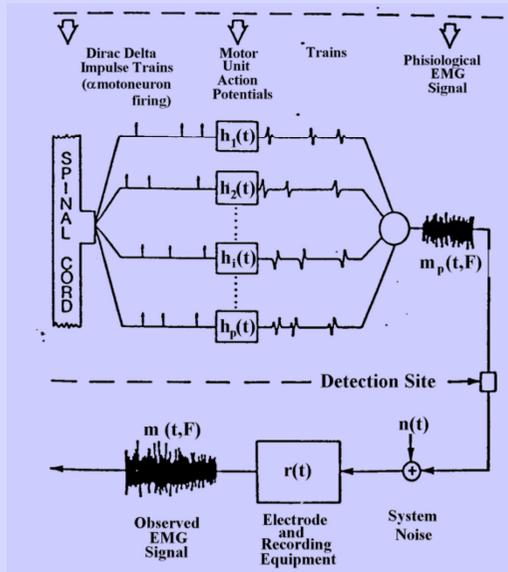
ELETTROMIOGRAFIA

L'attività mioelettrica, ossia l'attività elettrica del muscolo, origina dalla depolarizzazione e ripolarizzazione del sarcolemma, la membrana che riveste la fibra muscolare. Essa è provocata dagli impulsi nervosi che provengono alla placca motrice, entità strutturale che costituisce la giunzione neuromuscolare. Come **elettromiografia** si intende la registrazione dell'attività mioelettrica ed in senso più lato la disciplina che per mezzo del segnale elettrico rilevato dal muscolo, studia lo stato del sistema neuromuscolare. Come si vedrà in seguito, il segnale EMG è grandemente influenzato sia dagli elettrodi di misura che dal tipo di prova adottato per la misura.



Motor Unit Action Potential (MUAP)





Elettromiogramma Superficiale



MISURA DELLA VELOCITÀ DI CONDUZIONE

La possibilità di eccitare artificialmente le fibre nervose mediante l'applicazione di uno stimolo elettrico di ampiezza opportuna e di evocare quindi una risposta a livello muscolare (nel caso di nervi somatomotori) ci mette in condizione di misurare la **velocità di conduzione del nervo**.

La tecnica introdotta per la prima volta da Harvey e Masland (1941), consiste nel registrare a livello ipotenario i potenziali di azione muscolare evocati per mezzo della stimolazione elettrica del nervo in esame.

Lo stimolo è applicato al tronco di nervo mediante elettrodi di stimolazione superficiali, la risposta muscolare è prelevata mediante elettrodi percutanei a disco o mediante elettrodi ad ago posizionati in corrispondenza del muscolo innervato.



MISURA DELLA VELOCITÀ DI CONDUZIONE

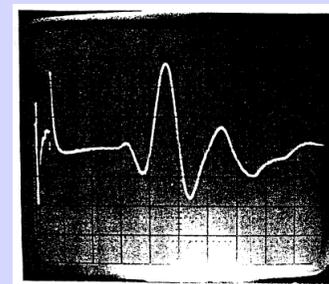
La stimolazione del nervo avviene in quei punti in cui il suo percorso è affiorante. Normalmente è sufficiente applicare tra gli elettrodi di stimolazione differenze di potenziale comprese tra i 50 ed i 150 volts, ma in alcuni casi di soggetti scarsamente eccitabili può essere necessario fornire tensioni superiori. L'eccitazione può essere ottenuta variando oltre che l'ampiezza anche la durata dell'impulso; comunque, allo scopo di produrre il minor disturbo al paziente, che percepisce lo stimolo come una scossa elettrica, ci si mantiene su valori della durata di qualche centinaio di microsecondi.



MISURA DELLA VELOCITÀ DI CONDUZIONE

La risposta muscolare evocata deve quindi essere opportunamente amplificata e presentata sullo schermo di un tubo a raggi catodici avente la base dei tempi sincronizzata con l'istante di applicazione dello stimolo e su cui è possibile leggere il tempo tra l'applicazione dello stimolo e l'inizio della risposta muscolare.

Raggiunta la risposta massimale si misura il tempo di latenza t_c tra l'applicazione dello stimolo e l'insorgenza della risposta. Questo tempo non è direttamente utilizzabile per calcolare la velocità di conduzione in quanto esistono dei ritardi residui che bisogna eliminare.

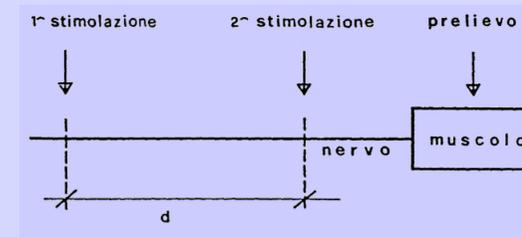


MISURA DELLA VELOCITÀ DI CONDUZIONE

Il tempo t_c può considerarsi come la somma di più termini: il primo t_p , è il tempo che intercorre tra l'applicazione dell'impulso e l'innesco del potenziale d'azione; il secondo, t_n , è il tempo di conduzione del nervo dal punto di stimolazione alla placca motoria; il tempo t_r , è quello comunemente detto "latenza residua". Le componenti che determinano questa "latenza residua" sono diverse: il rallentamento dell'impulso a livello delle sottili propagazioni terminali del nervo, centinaia di millisecondi; il tempo necessario per la trasmissione neuro-muscolare, cioè il "ritardo sinaptico"; il tempo impiegato dal muscolo per rispondere alla depolarizzazione della placca e, il tempo necessario al potenziale d'azione muscolare a raggiungere l'elettrodo di registrazione



MISURA DELLA VELOCITÀ DI CONDUZIONE



Prelevando la risposta sempre nel medesimo punto i due tempi di latenza che si vengono in questo modo a valutare possono esprimersi come:

$$t_{c1} = t_{p1} + t_{n1} + t_{r1}$$

$$t_{c2} = t_{p2} + t_{n2} + t_{r2}$$



MISURA DELLA VELOCITÀ DI CONDUZIONE

A questo punto è lecito considerare $t_{r1} = t_{r2}$ in quanto durante le due misure gli elettrodi di prelievo non vengono spostati e l'intervallo tra le due stimolazioni è breve e con buona approssimazione si può ancora porre $t_{p1} = t_{p2}$, essendo oltre tutto i due valori trascurabili.

Con queste approssimazioni si ottiene:

$$t_{c1} - t_{c2} = t_{p1} + t_{n1} - (t_{p2} + t_{n2} + t_{r2}) = t_{n1} - t_{n2} = t_d$$

dove con t_d si è indicato il tempo impiegato dal potenziale d'azione per percorrere il tratto di un nervo di lunghezza d compreso tra i punti di stimolazione 1 e 2.

La misura della distanza tra i punti di stimolazione è eseguita con un metro ipotizzando che il percorso interno del nervo sia rettilineo.



MISURA DELLA VELOCITÀ DI CONDUZIONE

A questo punto è possibile calcolare la velocità di conduzione mediante la formula:

$$V = \frac{d}{t_{c1} - t_{c2}}$$

Esprimendo in mm d ed in msec t_{c1} , otteniamo la velocità in m/sec.

Per alcuni nervi (ulnare, radiale, mediano ecc.) è possibile individuare tre diversi punti di stimolazione e quindi misurare le velocità di conduzione di due tratti consecutivi del nervo:

$$V_1 = \frac{d_1}{t_{c1} - t_{c2}}; V_2 = \frac{d_2}{t_{c2} - t_{c3}}$$

