

Effetti degli stimoli elettrici di CARMELO BOSCO sulla muscolatura scheletrica

(prima parte)

LEISTUNGSSPORT - LEISTUNGSSPORT - LEISTUNGSSPORT - LEISTUNGSSPORT - LEISTUNGSSPORT

Dipartimento di Biologia dell'Attività Fisica dell'Università di Jyväskylä - Finlandia

1. INTRODUZIONE

Gli stimoli elettrici sulla muscolatura scheletrica sono stati usati per lungo tempo, e sono stati considerati principalmente come misura terapeutica nella prevenzione dell'atrofia da denervazione. Il tessuto normale è stato studiato solo per completare la ricerca sui tessuti denervati. E' stato trovato che il trattamento dei muscoli denervati, con stimoli elettrici, produce risultati diversi da quelli osservati nei muscoli normalmente innervati. Di recente è stato condotto uno studio sui muscoli normali e si è osservato che il muscolo scheletrico risponde allo stimolo elettrico in modo molto simile a quello risultante dalla attivazione volontaria. La similitudine di questa risposta è però relativa solo al metabolismo, al flusso sanguigno, al contenuto di glicogeno e all'aumento di forza muscolare.

D'altra parte, l'uso di stimoli elettrici come metodo di allenamento per l'aumento della forza e della resistenza, presenta parecchi problemi la cui soluzione non è molto semplice. Tali problemi si riferiscono alla coordinazione, al modo di rinvigorismento delle unità motorie, alla mancanza di effetti trofici con l'uso della normale attivazione attraverso il nervo stesso, ecc.

2. ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA NEUROMUSCOLARE

2. 1. Struttura e proprietà del muscolo scheletrico

Il muscolo scheletrico possiede quattro proprietà caratteristiche: irritabilità, contrattilità, distensibilità ed elasticità. L'irritabilità è la capacità del tessuto muscolare di rispondere a stimoli di agenti interni ed esterni (per esempio, di natura elettrica, chimica o meccanica). La contrattilità è la caratteristica più peculiare del muscolo scheletrico, ed è dovuta agli elementi contrattili delle sue cellule, i miofibrilli che sono composti da due fasce di bastoncini proteici distribuite in ordine parallelo, la miosina e la actina. La contrazione delle fibre muscolari è causata dalla reazione tra la miosina e la ac-

tina. La distensibilità e l'elasticità sono delle caratteristiche separate ed antagoniste, e contribuiscono in modo sostanziale al funzionamento del muscolo, assicurando che la contrazione sia tranquilla ed evitando delle lesioni che potrebbero essere provocate da un improvviso e forte cambiamento o nel senso della distensione o dell'accorciamento del muscolo stesso.

Il tessuto connettivo provvede alla complessa organizzazione di semplici elementi elastici che sono i componenti elastici del muscolo, e che si hanno sia in serie (tendini), che in parallelo (epimisio, perimisio, endomisio e sarcolemma).

La tensione esercitata dal muscolo attivo è una funzione della sua lunghezza ed è massima a circa la lunghezza maggiore che il muscolo può assumere nell'essere animale.

La tensione diminuisce quasi linearmente al di sopra e al di sotto di questa lunghezza. Durante la contrazione concentrica la forza diminuisce man mano che la lunghezza del muscolo diventa minore ed il movimento diviene più veloce quanto più bassa è la forza sviluppata.

La contrazione isometrica sviluppata

dalla forza è più alta della concentrica ma più bassa della eccentrica.

La velocità di accorciamento diminuisce con l'aumentare del carico in modo iperbolico. Il tasso dello sviluppo della tensione dipende dalla velocità di accorciamento intrinseca del materiale contrattile, in base ai componenti elastici e al tasso dello stato attivo.

2. 2. Proprietà del nervo

Il nervo è il più altamente irritabile dei nostri tessuti, la cellula nervosa è composta di un corpo (soma) di un prolungamento (axon) composto da un processo protoplasmatico che si estende verso l'esterno partendo dal soma del nucleo, e dai dentriti, processi protoplasmatici con diramazioni corte o lunghe. Ogni cellula nervosa è preposta a ricevere, condurre e trasmettere le eccitazioni. L'axon neurale (prolungamento), è responsabile sia della conduzione della eccitazione che della sua trasmissione alle altre cellule. Un "axon" genera i potenziali di azione e li conduce dalla porzione ricevente della cellula alla regione trasmittente, mediante liberazione di una sostanza chimica trasmettitrice, ACh, ai suoi terminali sinaptici. Comunque, lo stimolo dovrà essere tale da richiedere un potenziale di azione ed ha la caratteristica reazione di tutto o niente. Se aumentiamo la forza dello stimolo la reazione non verrà modificata. Il potenziale di azione consiste in una onda di negatività che viaggia lungo la superficie delle fibre, ed è seguito da una fase graduale di recupero.

Mentre un'area si trova nella sua carica contraria (stato attivo) è in rifrazione assoluta e non può essere ristimolata.

Durante il recupero, la membrana è relativamente refrattaria.

Degli stimoli intensi o sostenuti possono ristimolare la posizione originale durante la ripolarizzazione.

3. CONTRAZIONI VOLONTARIE ED ARTIFICIALI DEL MUSCOLO SCHELETRICO

3. 1. Stimoli volontari e modo di rinvigorismento delle unità motorie.



(Foto N.A.F.)

Una unità motoria consiste di un neurone motore e di tutte le fibre muscolari che vengono innervate dalle diramazioni del suo "axon". In ogni muscolo le unità motorie variano in dimensione ed hanno una portata caratteristica. Il numero delle fibre muscolari in una unità varia da circa 3 a circa 2000.

Il movimento naturale più debole possibile dovuto alla contrazione delle fibre è la contrazione involontaria di una singola unità motoria. Durante la contrazione volontaria il tasso di scarica dei singoli motoneuroni può variare da livelli molto bassi (5-10 impulsi per secondo), a livelli molto alti (50 o più impulsi per secondo), e la forza della contrazione risultante varia in corrispondenza. Quando la forza viene aumentata, potenziali sempre più grandi vengono reclutati e tutte le unità motorie aumentano la loro frequenza di scarica; di conseguenza, quanto maggiore è la frequenza di stimolo e maggiore il numero delle unità motorie attive, maggiore sarà la tensione generata dal muscolo. Di solito i motoneuroni attivati scaricano asincronicamente, e le fibre muscolari delle diverse unità motorie si trovano in fasi diverse di attività. Il solo effetto è una debole contrazione, la quale raggiunge la tensione massima quando le unità motorie si contraggono insieme per formare un tetano. La tensione sviluppata durante una contrazione tetanica può essere 4 o 5 volte maggiore di quella esercitata durante una contrazione singola.

3. 2. Stimolo elettrico artificiale diretto ed indiretto del muscolo scheletrico.

Un muscolo può essere stimolato direttamente mediante pulsazioni applicate al tessuto muscolare o indirettamente mediante pulsazioni applicate alle sue fibre nervose motorie. La reazione dell'intero muscolo quando viene stimolato indirettamente non dovrebbe variare da quella prodotta da una contrazione volontaria. D'altro canto Ralston (1957) fa rilevare che nel corpo, un muscolo già accorciato, non può essere attivato così interamente come lo può essere un muscolo stimolato artificialmente perchè l'eccitabilità del motoneurone alfa viene ridotta come risultato della mancanza di facilitazione attraverso l'asse.

Nè, il muscolo disteso è capace di produrre tanta tensione quanta ne può essere prodotta da un muscolo stimolato artificialmente, a causa della inibizione di alcuni dei motoneuroni alfa attraverso gli organi del tendine di Golgi e degli afferenti dei tendini. Merton (1954) afferma che uno sforzo volon-

tario massimo, esercitato da un adduttore (pollicis) sviluppava la stessa tensione di un tetano massimo artificialmente eccitato attraverso il suo nervo motorio nel polso. Ikai et al. (1967) riferiscono tuttavia di un esperimento operato con lo stesso muscolo, il quale dimostra che la forza massima dava una tensione del 30 per cento maggiore della forza sviluppata durante le contrazioni isometriche volontarie massime. L'evidenza ha dimostrato che uno sforzo muscolare volontario massimo, nella maggior parte dei casi e con soggetti non condizionati, non si serve di tutte le unità motorie del muscolo attivo alla frequenza del tetano. Esiste una inibizione efficace di vario grado su alcuni motoneuroni, in dipendenza dell'attività soprasspinale e propriocettiva.

La reazione dell'intero muscolo, quando stimolato direttamente mediante pulsazioni applicate alla sua superficie, differisce da quella prodotta con una attivazione indiretta attraverso i suoi nervi o nel caso di una contrazione volontaria. Con lo stimolo diretto, è possibile ottenere la contrazione selettivamente - di qualsiasi parte del muscolo posto in superficie, evitando la partecipazione intera alla contrazione. D'altro canto, sia le fibre a contrazione lenta che quelle a contrazione rapida possono essere attivate alle stesse frequenze e pulsazioni intense che possono produrre variazioni nelle fasi del metabolismo.

3. 3. Metodi e apparecchiature usate per lo stimolo elettrico sul muscolo scheletrico.

Sono molti gli strumenti creati per stimolare il muscolo scheletrico, e la maggior parte di questi sono stati usati nella pratica clinica. Nell'ultimo decennio è stato creato uno strumento, "l'isotrom", il quale stimola ad un basso voltaggio e ad alta frequenza da 1000 a 3000 cps interrotti D.C..

Gli scienziati russi usano un generatore, "E I - 1" di impulsi rettangolari. Vengono anche usati generatori di impulsi rettangolari e triangolari, con una frequenza di 50 Hz ed 1 msc di durata.

Sono stati usati svariati metodi per studiare gli effetti dello stimolo elettrico sul muscolo scheletrico. Schleusing (1960) ha studiato gli effetti di uno stimolo elettrico giornaliero dell'estremità posteriore destra di conigli sulla misura e sul contenuto di potassio dei loro muscoli, usando una corrente di 5 ampere e 10 volts interrotta, 60 o 70 volte per minuto. La durata del periodo di esercitazione giornaliera variava da uno a diciannove mi-

nuti, per ventitre settimane. Massey et al. (1965) hanno usato degli elettrodi ricavati da una lamina di acciaio inox molto sottile; la misura era di 9 x 9 pollici (elettrodo neutro) a 3 x 3 pollici (elettrodo stimolante). Lo stimolo era di 1000 cps intermittenti D.C. con un tempo di aumento di 5 microsecondi. Lo stimolo veniva effettuato ponendo gli elettrodi stimolati sul gruppo di muscoli scelti ed aumentando gradualmente la intensità dello stimolo fino a portare i muscoli a quella che sembrava essere la contrazione più vicina alla massima; il muscolo veniva poi mantenuto in questo stadio per 10 secondi. La durata giornaliera di tale operazione era di circa 168 secondi e fu eseguita per sette settimane. Il procedimento fu poi modificato a dieci contrazioni consecutive di un secondo con un secondo di intervallo tra le contrazioni, e la corrente fu cambiata da intermittente a semplice D.C..

Adranova (1971) usò una sottile lamina di acciaio inox come elettrodi 60 x 60 e 40 x 30 mm. nello stimolo diretto ed un elettrodo molto sottile 25 - 5 mm. nello stimolo indiretto via nervo ulnare.

Durante l'esperimento furono analizzati diversi tipi di C. A. con frequenze di 100, 500, 1000, 2500, 5000 Hz nello stimolo indiretto, mentre frequenze di 3000 Hz venivano usate come limite nello stimolo diretto. I risultati di tali esperimenti dimostrarono che, con l'eccitazione diretta, si otteneva il maggiore accorciamento del muscolo esaminato (avambraccio) mediante l'uso di corrente a 2500 Hz; nello stimolo diretto, del tricipite surale, la tensione massima veniva registrata alla reazione di eccitazione di 2500 Hz.

Lo stimolo indiretto del muscolo dell'avambraccio attraverso il nervo ulnare produceva una tensione massima quando veniva applicata una corrente sinusoidale a 1000 Hz, al di sopra di tale limite il muscolo reagiva con un tensione di contrazione minore.

La stessa tensione elevata veniva registrata quando veniva usata una frequenza a 50 Hz, con 10 msc di esecuzione e 10 msc di interruzione. Il muscolo dava la reazione migliore quando la durata dello stimolo era di 10 sec con 50 sec di intervallo tra le applicazioni, e con 10 ripetizioni di applicazione in uno stadio di esercitazione. In quanto al voltaggio usato per i principinati è stato trovato adatto quando va da 30 - 40 volt a 70 - 80 volt quando il soggetto si è già adattato agli stimoli elettrici.

(1 - Continua)