Master in riabilitazione dei disordini muscoli-scheletrici

Il multifido e il lungo del collo:
Caratteristiche anatomo-fisiologiche
e Ruolo nella stabilizzazione cervicale.

Candidato: Matteo Grasso
Relatore : Marco Testa

INDICE

INTRODUZIONE	PAG 1
LA STABILITA' CERVICALE	PAG 2
IL MULTIFIDO	PAG 7
IL LUNGO DEL COLLO	PAG 8
LE FIBRE E I FUSI MUSCOLARI	PAG 11
CONCLUSIONI	PAG 20
BIBLIOGRAFIA	PAG 22

INTRODUZIONE

E' stimato che le strutture capsulo-legamentose contribuiscano alla stabilità meccanica del rachide cervicale solo per il 20% mentre quelle neuro-muscolari sarebbero coinvolte per l' 80% (Panjabi e al. 1998). Inoltre le strutture legamentose interverrebbero prevalentemente in posizione di end-range mentre quelle muscolari fornirebbero un supporto dinamico sia in prossimità della zona neutra che in mid-range, ovvero in quel arco di movimento in cui avvengono la maggior parte dell' attività funzionali quotidiane che richiedono l'utilizzo del rachide cervicale (Harms-Ringdahl et al., 1986

In quest'ottica risulta chiaro l'importanza dei fusi muscolari, recettori distribuiti all'interno del ventre muscolare, capaci di informare il sistema nervoso centrale sulla lunghezza istantanea del muscolo e sulla velocità di variazione della lunghezza stessa (Guyton e Hall, 1999).

Basti pensare che i topi che possiedono un numero limitato di questi recettori presentano uno scarso controllo posturale (Ernfors et al. 1994, Walro e Kucera 1999).

In base a queste acquisizioni sono stati proposti diversi modelli interpretativi che hanno individuato alcuni gruppi muscolari come maggiori responsabili nel mantenimento della postura e nel controllo movimento.

Obiettivo di questa tesi è quello di scoprire alla luce della letteratura presente se esistono delle correlazioni tra le caratteristiche anatomico-fisiologiche e il compito funzionale attribuito a questi muscoli.

Nello specifico, in questa tesi, saranno analizzati il lungo del collo e il multifido che sono, alla luce degli studi più recenti, i muscoli maggiormente coinvolti nella stabilizzazione del rachide cervicale. La prima parte sarà dedicata alla biomeccanica del rachide cervicale e in particolare sarà illustrata brevemente la teoria di stabilità di Panjabi (1992) e la sua estensione al rachide cervicale (Panjabi 1998).

In seguito verrà mostrato il modello dei tre sistemi muscolari (stabilizzatori locali, stabilizzatori globali, mobilizzatori globali) di Comerford e Mottram (2001) e si cercherà di farne un'estensione al rachide cervicale alla luce anche degli studi della Falla (2003a, 2003b, 2004e, 2004f) sul lungo del collo, scaleni e sternocleidomastoideo.

Nella parte centrale del lavoro verranno illustrate le caratteristiche anatomiche e funzionali del lungo del collo e del multifido.

Seguiranno quindi le caratteristiche istochimiche e ultrastrutturali del fuso e delle fibre muscolari con particolare attenzione a quelle che dovrebbero caratterizzare i muscoli con compiti di controllo posturale.

Infine verranno analizzati i dati della ricerca che sono andati ad analizzare queste caratteristiche con particolare attenzione al multifido e al lungo del collo.

LA STABILITA' CERVICALE

E' stimato che le strutture capsulo-legamentose contribuiscano alla stabilità meccanica del rachide cervicale solo per il 20% mentre quelle neuro-muscolari sarebbero coinvolte per l' 80% (Panjabi e al. 1998). Inoltre le strutture legamentose interverrebbero prevalentemente in posizione di end-range mentre quelle muscolari fornirebbero un supporto dinamico sia in prossimità della zona neutra che in mid-range, ovvero in quel arco di movimento in cui avvengono la maggior parte dell' attività funzionali quotidiane che richiedono l'utilizzo del rachide cervicale (Harms-Ringdahl et al., 1986) In questa parte della tesi verrà illustrata la biomeccanica del rachide, la teoria della stabilità di Panjabi (1992) e i sistemi muscolari che maggiormente sono implicati nel controllo muscolare facendo un'estensione al rachide cervicale del modello proposto da Comerford e Mottram (2001).

EQUILIBRIO DEL CAPO SUL RACHIDE CERVICALE

Il capo (fig1) è in equilibrio quando la linea dello sguardo è orizzontale. In questa posizione il piano masticatorio (PM), materializzato da un cartone chiuso tra i denti, è anch'esso orizzontale similmente al piano auricolo-nasale (AN) che passa per il bordo superiore del condotto uditivo esterno e la spina nasale

Nel suo insieme la testa è come una leva con il fulcro in posizione intermedia:

- Il punto di appoggio O è posto a livello dei condili occipitali;
- La resistenza G è rappresentata dal peso del capo applicato al suo centro di gravità posto nei pressi della sella turcica;
- La potenza F rappresentata dalla forza dei muscoli della nuca che devono ad ogni istante controbilanciare il peso del capo che tende a farlo cadere in avanti.

La posizione anteriore del centro di gravità della testa spiega la maggior potenza relativa dei muscoli posteriori della nuca in rapporto ai muscoli flessori del collo.

Infatti gli estensori lottano contro il peso mentre i flessori sono aiutati da questo. Ciò spiega anche la presenza di un tono permanente dei muscoli nicali per opporsi alla caduta della testa in avanti; quando, durante il sonno in posizione seduta, questo tono diminuisce, il capo cede in avanti con il mento contro lo sterno.

Il rachide cervicale non è rettilineo, ma presenta una curva concava posteriormente o lordosi cervicale che può essere definita (Fig1):

- Dalla sua corda ©, retta tesa dai condili dell'occipite all' angolo postero-inferiore della settima vertebra cervicale;
- Dalla sua freccia (f), perpendicolare abbassata dall' angolo postero-inferiore della quarta cervicale sulla corda

Più la lordosi cervicale è accentuata più ampia è la freccia; al contrario questa è nulla quando il rachide cervicale è rettilineo, può anche essere negativa quando, in flessione, il rachide cervicale è concavo in avanti. La corda, al contrario, è di regola minore della lunghezza sviluppata dal rachide cervicale.

E' uguale a questa lunghezza soltanto in un caso: quando il rachide cervicale è rettilineo (Kapandji, 1999).

TEORIA DELLA STABILITA' DI PANJABI

In uno studio del 1992 Panjabi ha ridefinito il concetto di instabilità e instabilità in termini di una regione di lassità attorno alla posizione neutra di un segmento rachideo chiamata appunto "zona neutra". Questa zona è dimostrata essere incrementata da lesioni (traumi o microtraumi) intersegmentali e da degenerazione del disco intervertebrale (Panjabi e al. 1989, Mimura e al. 1994; Kaigle e al. 1995) con conseguente maggiore "instabilità" di quel segmento, e di essere invece decrementata dall'aumento delle forze (muscolari) avvolgenti il segmento con conseguente aumento della "stabilità" di quel segmento (Panjabi e al. 1989; Kaigle e al. 1995, Wilke et al. 1995).

La variazione di ampiezza della zona neutra è quindi considerata come importante misura della stabilità della colonna.

Essa, secondo Panjabi, è influenzata dall'interazione dei 3 sottosistemi:

- Il sistema passivo: costituito dalle vertebre, i dischi intervertebrali, le articolazioni zigapofisarie, capsule e legamenti.
- Il sistema attivo: costituito dai muscoli e i tendini che circondano la colonna ed agiscono su di essa.
- Il sistema neurale: costituito dalle strutture del sistema nervoso periferico e dal sistema nervoso centrale che dirige e controlla il sistema attivo nel suo compito di stabilizzazione dinamica.

Di sicuro interesse per questa tesi sono: il sistema attivo, che vedremo meglio nel seguente paragrafo alla luce del modello sviluppato da Comerford e Mottram (2001), e il sistema neurale che richiede caratteristiche specifiche delle strutture neuromuscolari (in particolare i fusi) responsabili della raccolta degli input a livello del segmento, del quale fanno parte, e della loro trasmissione al sistema nervoso centrale.

Questi come premesso verranno analizzati più avanti.

IL SISTEMA ATTIVO

Comerford e Mottram (2001) hanno suddiviso il sistema attivo in ulteriori tre sottosistemi:

1. Gli stabilizzatori locali:

- Aumentano la stiffness muscolare per il controllo segmentale
- Controllano la posizione neutra dell' articolazione
- La loro contrazione non produce movimento
- Hanno un' attività indipendente dalla direzione del movimento
- Hanno attività continua durante tutto il movimento
- Forniscono input propriocettivi sulla posizione dell' articolazione, l'ampiezza e la velocità di movimento

2. Gli stabilizzatori globali:

- Generano forze per controllare l'ampiezza del movimento.
- La loro contrazione determina un cambiamento di lunghezza eccentrico
- Svolgono un'azione di controllo attraverso un range il movimento, specialmente nella corsa interna ("inner range") dove l'attività muscolare è uguale all'ampiezza articolare e nella corsa esterna dove controllo un range ipermobile ("outer range").
- Compiono una decelerazione del movimento con carico minimo
- La loro attivazione dipende dalla direzione del movimento
- La loro attività non è continua

3. I mobilizzatori globali

- Generano un momento di torque per produrre il movimento
- La loro contrazione consiste in un cambiamento della lunghezza concentrica
- Producono una accelerazione concentrica del movimento (specialmente sul piano sagittale: flessione/estensione)
- Assorbono gli shock del carico
- La loro attività dipende dalla direzione del movimento
- La loro attività non è continua (pattern fasico).

Per le caratteristiche funzionali descritte gli stabilizzatori locali sono senza dubbio quelli più direttamente coinvolti nel controllo neuromuscolare del segmento e della zona neutra.

A livello lombare questi sono il multifido e il traverso dell'addome che sono i muscoli anatomicamente più profondi e vicini al rachide lombare.

Entrambi questi muscoli sono stati studiati anche a livello elettromiografico per testarne l'effettivo ruolo stabilizzante (Donna, 2005; Sapsford, 2001; Hodges, 1999^o; Hodges 1999b, Hides, 1996).

Inoltre alcuni autori (O'Sullivan, 2000; Richardson, 2004) hanno sviluppato una progressione di esercizi terapeutici con l'obiettivo di stabilizzare segmenti instabili in pazienti con diagnosi di problematiche legate alla instabilità lombare..

IL SISTEMA ATTIVO A LIVELLO DEL RACHIDE CERVICALE

Il modello di Comerford e Mottram (2001) può essere esteso anche a livello del rachide cervicale.

Analizzando brevemente gli aspetti anatomici di alcuni gruppi muscolari si osserva che:

- Il lungo del collo è il più profondo dei muscoli anteriori del rachide cervicale e si estende dall'arco anteriore dell'atlante fino alla terza vertebra dorsale (Kapandji, 1999).
La sua vicinanza così stretta ai segmenti vertebrali fa sì che abbia un braccio di leva breve e che quindi possa essere considerato il più importante stabilizzatore locale anteriore del rachide cervicale. Questo muscolo come vedremo meglio è stato studiato dalla Falla in diversi lavori (Falla, 2003; Falla 2004c)
- Il multifido è il più profondo dei muscoli posteriori del rachide cervicale e si estende dall'epistrofeo al sacro con fasci che originano e si inseriscono non oltre tre o quattro segmenti vertebrali.
A livello lombare è riconosciuto essere un importante stabilizzatore locale posteriore (Hides, 1996), mentre a livello cervicale non è ancora stato studiato in questa direzione. Tuttavia per estensione è ragionevole pensare che possa svolgere questo ruolo soprattutto per quanto

riguarda il tratto cervicale medio e inferiore. A livello superiore è ragionevole pensare, invece, che sia fortemente coadiuvato dai piccoli e potenti muscoli sub-occipitali.

- Gli scaleni, in numero di tre sono tesi sulla faccia antero-laterale del rachide cervicale simili a delle vere e proprie sartie muscolari; uniscono le apofisi traverse delle vertebre cervicali alla prima e alla seconda costa (Kapandji, 1999).
La loro maggiore distanza dal rachide cervicale fa sì che possano essere considerati degli stabilizzatori globali e all'occorrenza dei mobilizzatori.
Infatti lo stesso Kapandji (1999) sostiene che se il rachide cervicale è fissato dal lungo del collo gli scaleni flettono solo il rachide cervicale sul quello dorsale, altrimenti parte del loro lavoro viene incanalato per aumentare la lordosi cervicale.
Alcuni studi hanno dimostrato come questi muscoli risultino precocemente affaticabili in soggetti con dolore cronico (Falla et al., 2003b) e, sempre in soggetti con dolore cronico, ci sarebbe anche una ipoattivazione dei muscoli profondi (Falla, 2004c)
- I veri mobilizzatori globali sono essenzialmente gli sternocleidomastoidei (SCOM).
Anatomicamente ogni SCOM si estende dall'occipite fino allo sterno e forma nel suo insieme una lunga banda muscolare tesa sulla faccia anterolaterale del collo, obliqua in basso e in avanti.
Se il lungo del collo svolge la sua funzione di stabilizzatore gli sternocleidomastoidei contraendosi simultaneamente determinano una flessione del rachide cervicale su quello dorsale e una flessione del rachide cervicale superiore su quello inferiore.
Se il rachide cervicale non è stabilizzato allora parte della contrazione degli SCOM viene incanalata per aumentare la lordosi del tratto cervicale superiore (Kapandji, 1999).
Vi sono alcuni studi che hanno rilevato un affaticamento precoce degli SCOM in soggetti con dolore cronico al collo (Falla e al., 2003b) e altri hanno individuato, sempre su soggetti con dolore cronico al collo, una ipoattivazione dei muscoli profondi (Falla, 2004c)

Diversi studi hanno rilevato una diminuzione della forza e dell'endurance dei muscoli flessori cervicali in paziente con dolore cronico (Watson and Trott, 1993; Treleaven et al., 1994; Barton and Hayes, 1996; Placzek et al., 1999). Grazie all'avanzamento della tecnica elettromiografica (EMG) è stato possibile misurare meglio in termini quantitativi questa maggior affaticabilità (Falla e al. 2003b; Falla e al., 2004e; Falla e al., 2004f; Gogia e Sabbahi, 1994).

In particolare in uno di questi lavori (Falla e al., 2003b) è stata esaminata l'affaticamento dello scaleno anteriore (AS) e dello sternocleidomastoideo (SCOM) al 25% e al 50% della contrazione massimale (MVC). Il maggiore segnale mioelettrico di affaticabilità è stato registrato a carico degli AS e degli SCOM dei soggetti affetti da dolore cronico come dimostrato dal picco della frequenza media.

Questi dati non solo confermano quelli precedenti che avevano registrato un affaticamento di questi muscoli in contrazioni a carico moderato (50% MVC) (Gogia e Sabbahi, 1994) ma hanno anche dimostrato che tale affaticamento sopravviene durante una contrazione a basso carico (25% MVC) che rispecchia i dati clinici di riduzione di endurance dei muscoli flessori in soggetti con dolore cronico al collo (Treleaven e al., 1994; Watson e Trott, 1993; Barton e Hayes, 1996; Placzek e al. 1999). Inoltre all'inizio della contrazione è stato rilevato un aumento della frequenza media in entrambi i muscoli nei soggetti con dolore cronico. Gli autori attribuiscono questo aumento ad una modificazione nel reclutamento di unità motorie con un aumento delle fibre di tipo I rispetto a quelli di tipo II. Questo andrebbe in accordo con i risultati di alcune biopsie fatte su pazienti con dolore al collo in cui è stato trovato un aumento delle fibre di tipo transizionale IIC nei muscoli flessori che corrisponderebbero ad una trasformazione di fibre I lente e a metabolismo ossidativo in fibre II veloci a metabolismo glicolitico (Uhlir e al., 1995).

In un' altro studio invece (Falla, 2004c) è stata investigata l' attivazione dei muscoli flessori profondi del collo (lungo del collo, lungo della testa)(DCF) durante il cranial – cervical flexion (C-CF) test in pazienti con e senza dolore cronico al collo.

Questo test è stato elaborato sulla base della funzione anatomica del lungo del collo e del capo ed considerato fornire una misura indiretta dell' attivazione e della capacità di endurance dei DCF quando utilizzato nella pratica clinica.

Il test è stato compiuto in posizione supina ed è stato richiesto al soggetto di compiere una flessione cervicale in 5 stadi dove ad ogni stadio doveva aumentare il range di flessione e tenerlo per 5-10secondi. La performance è stata misurata con un sensore a pressione posizionato a livello sub-occipitale che misurava la variazione della lordosi durante la contrazione del lungo del collo.

I risultati hanno dimostrato una ridotta attivazione dei muscoli DCF nei pazienti con dolore cronico al collo in tutti i 5 stages del C-CF test con una differenza che diventava statisticamente significativa negli stages più alti del test (che rappresenta un aumento dell'inner range position del C-CF). Inoltre i pazienti con dolore cronico al collo hanno dimostrato una diminuzione del range of motion del C-CF in tutti gli stages del test.

Questi ritrovamenti hanno suggerito agli autori che l' aumento della pressione nel rivolto sotto l'occipite dei pazienti con dolore cronico al collo era indotto da una differente strategia di movimento come ad esempio una retrazione del collo, che si osserva comunemente clinicamente.

Infine gli autori hanno concluso che i pazienti con dolore cronico al collo hanno un disturbo delle sinergie dei muscoli flessori (superficiali e profondi), dove , nello specifico, un danno a carico dei flessori profondi che sono fondamentali per la stabilizzazione segmentale e il mantenimento della zona neutra, sarebbe compensato da una iperattivazione dei muscoli superficiali (in particolare SCOM e AS).

IL MULTIFIDO

Nei libri di anatomia poca è l'attenzione dedicata al muscolo multifido, dove viene descritto come il secondo strato del muscolo trasverso spinale. È stato trovato un solo studio molto recente (Anderson e al.; 2005) in letteratura in cui venisse descritto in maniera approfondita a livello del tratto cervicale, a testimonianza del fatto che l'attenzione per questo muscolo e le sue funzioni è decisamente recente.

Lo studio di Anderson e al., ha analizzato la morfologia e l'architettura del multifido di 9 cadaveri umani. Tutti contenevano le vertebre cervicali da C2 a C7 e sette contenevano anche alcune vertebre toraciche superiori.

L'età dei soggetti era tra i 21 e i 91 anni e 5 dei campioni analizzati provenivano da corpi di donne. Sono stati trovati due strati di questo muscolo che, come si è detto, fa parte del trasverso spinale: uno superficiale e uno profondo.

I fasci del superficiale nascono dalla porzione posteriore e laterale della capsula che ricopre le faccette articolari delle vertebre che vanno da C4 a C7.

Questi fasci possono essere suddivisi in tre sottogruppi.

- Quello più craniale nasce dalla capsula che ricopre l'articolazione faccettaria di C4-C5
- Quello intermedio nasce dalla capsula che ricopre l'articolazione faccettaria di C5-C6
- Quello più caudale nasce dalla capsula che ricopre l'articolazione faccettaria di C6-C7

Tutti e tre i fasci si vanno ad inserire su tutta la faccia laterale del processo spinoso di C2.

Il fascio craniale è stato trovato assente in 2 dei campioni studiati mentre il fascio che origina da C6-C7 è stato trovato inserirsi anche a livello del processo spinoso di C3.

I fasci del profondo nascono dallo stesso punto di origine di quelli superficiali ma hanno un decorso più verticale e un inserzione diversa

- Quello che origina da C4-C5 si inserisce a livello della lamina di C2
- Quello che origina da C5-C6 si inserisce a livello della lamina di C3
- Quello che origina da C6-C7 si inserisce a livello della lamina di C4

In 5 dei campioni il fascio di inserzione era costituito da un numero consistente di bande, nelle altre 4 il numero di bande era un po' più scarso.

In 2 campioni un gruppo di fibre superiori del secondo fascio si inserivano su C2 mentre un gruppo di fibre inferiori si inserivano su C3.

Purtroppo non esistono studi che abbiamo indagato l'attività elettromiografica del multifido cervicale né la sua funzione di stabilizzatore.

IL MUSCOLO LUNGO DEL COLLO

Il muscolo lungo del collo è il più profondo dei muscoli prevertebrali; si estende sulla faccia anteriore del rachide cervicale dall' arco anteriore dell' atlante fino alla terza vertebra dorsale. Gli anatomici lo suddividono in tre porzioni:

- Una porzione obliqua discendente che prende origine dal tubercolo anteriore dell' atlante e termina mediante tre o quattro digitazioni sul tubercolo anteriore dell' apofisi traversa della terza, quarta, quinta e sesta vertebra cervicale;
- Una parte obliqua ascendente che prende origine sul corpo della seconda e terza vertebra dorsale, per terminare con tre quattro digitazioni sul tubercolo anteriore dell' apofisi traversa della quarta, quinta, sesta e settima vertebra cervicale;
- Infine, una porzione longitudinale situata all' interno delle due precedenti e un po' al di fuori della linea mediana che prende inserzione sui corpi vertebrali delle prime tre dorsali e delle ultime sei cervicali.

Il lungo del collo quindi, riveste da una parte e dall' altra della linea mediana tutta la faccia anteriore del rachide cervicale. La sua contrazione bilaterale e simmetrica spiana la lordosi cervicale e determina la flessione del collo. Gioca quindi un ruolo assai importante nella statica cervicale (Kapandji, 1999).

In letteratura non esistono molti studi che abbiano indagato sperimentalmente l' azione di questo muscolo. Nello specifico ne sono stati trovati tre.

Il primo è di Fountain e al. (1966) ed è ha misurato l'attività elettromiografica del lungo del collo in un gruppo di atleti maschi (non è stato specificato il numero di soggetti).

La tecnica usata è stato un accesso anteriore transcutaneo con un elettrodo ad ago a livello C5-C6.

Questa tecnica particolarmente invasiva oggi è stata sostituita da una tecnica più moderna con accesso attraverso la bocca e posizionamento degli elettrodi in zona retrofaringea con buoni risultati (Falla e al., 2003).

E' stata registrata l' attività del lungo del collo durante: la posizione in piedi, seduta, prona e supina.

I movimenti misurati sono stati: la flessione, l' estensione, la flessione laterale destra e sinistra e la rotazione da entrambi i lati.

Inoltre l' attività muscolare è stata anche misurata: a riposo, durante contrazione isometrica, e durante attività come :masticare, ingoiare e parlare..

Sono stati trovati i seguenti risultati:

- La maggiore attivazione del muscolo ci sarebbe durante la flessione del collo e a causa di questa funzione gli autori sostengono che uno spasmo del lungo del collo in seguito a trauma spianerebbe la lordosi cervicale.
- In posizione di riposo (sia seduta che in piedi) con il capo in equilibrio sul collo il lungo del collo non presenta alcuna attivazione.
- Il lungo del collo si attiva sempre durante attività come masticare, ingoiare e parlare. Questo ha suggerito agli autori una possibile funzione di questo muscolo come stabilizzatore della colonna cervicale durante attività funzionali.

Un ulteriore studio di Vitti e al. (1976) ha misurato l'attività elettromiografica del lungo del collo e dello sternocleidomastoideo in 10 soggetti (9 maschi e 1 femmina) durante : attività funzionali come ingoiare, tossire, respirare, soffiare; durante contrazione isometrica come resistere alla compressione del capo sul collo, durante la rotazione, flessione, e flessione laterale controresistenza; durante movimenti tridimensionali in flessione ed estensione; durante movimenti liberi di flesso-estensione, latero-flessione e rotazione.

La tecnica usata è stata la stessa utilizzata da Fountain e al. (1996) ovvero tramite elettrodo ad ago inserito per via trans-cutanea anteriore a livello di C5-C6.

I risultati sono stati i seguenti:

- Completa inattività del lungo del collo durante l'attività di ingoiare e respirare profondamente; e una scarsa attivazione durante il tossire, e respirare.
Questi dati, in contrasto con lo studio di Fountain e al. (1966) hanno suggerito agli autori che in realtà il lungo del collo non sarebbe uno stabilizzatore del rachide cervicale durante queste attività funzionali.
- Durante la compressione del capo sul collo dei soggetti da parte di un operatore è stata rilevata una scarsa attività del lungo del collo. Anche questi dati suggeriscono una dubbia attività stabilizzatrice di questo muscolo, anche se è ipotizzabile che lo stress sul rachide cervicale provocato dalla manovra compressiva possa essere stato assorbito totalmente dalla strutture osteo-legamentose senza la necessità di intervento di quelle muscolari, soprattutto se tale manovra è stata compiuta in posizione di equilibrio del capo sul collo.
- Durante la contrazione isometrica in flessione, registrata sia in posizione seduta tramite una contrazione contro resistenza e in posizione supina contro gravità, è stata trovata un grande attivazione del lungo del collo. Stesso risultato è stato trovato in flessione laterale e rotazione omolaterale controresistenza.
Questi ritrovamenti suggeriscono un importante funzione stabilizzatrice del lungo del collo oltre al fatto che agirebbe omolateralmente nei movimenti di flessione laterale e rotazione.
- Nei movimenti fasici invece è stata trovata un alta attività del lungo del collo durante l'inizio e la fine della flessione, e nell'ultima parte della rotazione; mentre non è stata trovata attivazione o solo molto debole nei movimenti di estensione e in quelli tridimensionali.
Questi dati suggeriscono una funzione stabilizzatrice del lungo del collo nella prima fase della flessione per permettere lo svolgimento di questo movimento mentre sembrerebbe non necessario negli altri movimenti.

Un altro studio di Mayoux-Benhamou (1994) ha studiato il ruolo posturale del lungo del collo. In particolare gli autori hanno indagato le relazioni tra la sezione trasversale del muscolo misurata con una tomografia computerizzata (a livello di C4-C5 e C5-C6) e la lordosi o la lunghezza della colonna cervicale misurata con RX in proiezione saggittale con soggetto in posizione eretta.

Sono stati selezionati 36 soggetti (tutte femmine) tra i 22 e i 30 anni. Tutti facevano meno di tre ore di attività sportiva a settimana e non soffrivano di cervicalgia. La scelta di soggetti non sportivi è stata fatta per evitare di trovare modificazioni della struttura del rachide cervicale legati a specifica disciplina sportiva.

La sezione trasversale del lungo del collo , secondo i risultati di questo studio, non sono in relazione con la lordosi e la lunghezza della colonna cervicale.

Gli autori hanno concluso che questo risultato suggerisce che la fisiologica curvatura della colonna cervicale deve essere mantenuta prevalentemente da strutture muscolari, anteriori e posteriori, che agirebbero in sinergia e in particolare da lungo del collo che per caratteristiche anatomiche funzionerebbe da stabilizzatore contrastando la tendenza della lordosi cervicale ad aumentare a causa della gravità. Infatti, se il lungo del collo è debole, si determina un aumento della lordosi con maggiore stress a livello legamentoso.

Come si evince da questi pochi studi la funzione stabilizzatrice del muscolo lungo del collo è controversa, tuttavia alcuni ritrovamenti fanno pensare che questo muscolo possa avere questo ruolo, magari se non in tutti i movimenti almeno in alcuni dove la sua attività appare più marcata.

LE FIBRE E I FUSI MUSCOLARI

Nell'organismo esistono muscoli scheletrici di dimensioni molto diverse, dal piccolissimo muscolo stapedio dell' orecchio medio, lungo appena pochi millimetri e con un diametro di un solo millimetro, al grosso muscolo quadricipite, circa mezzo milione di volte più grande dello stapedio.

Inoltre, le fibre possono avere un diametro variabile da un minimo di 10 micron a un massimo di 80 micron. Infine, anche l'energetica della contrazione muscolare varia considerevolmente da un muscolo ad un altro. Pertanto, non deve sorprendere che le caratteristiche della contrazione muscolare differiscano tra i vari muscoli.

Si prendano ad esempio le contrazioni isometriche di tre diversi muscoli: un muscolo oculare, la cui contrazione isometrica dura meno di 1/40 di secondo; il muscolo gastrocnemio, in cui dura circa 1/15 di secondo; e il muscolo soleo la cui contrazione dura circa 1/5 di secondo.

La durata di queste contrazioni è adeguata alla funzione di ciascun muscolo.

Infatti, per mantenere gli occhi fissi su determinati oggetti in movimento, i movimenti oculari devono essere estremamente rapidi, mentre, per assicurare una sufficiente rapidità al movimento delle gambe durante la corsa o nel salto, il muscolo gastrocnemio deve contrarsi a velocità moderatamente elevata; infine, il muscolo soleo, coinvolto nell'assicurare un continuo sostegno antigravitario, deve contrarsi lentamente.

Nei seguenti paragrafi verranno descritte le caratteristiche delle fibre muscolari e dei fusi distinguendo quelle che appartengono a muscoli che rispondono a necessità statiche.

In seguito verranno analizzati i dati della ricerca esistente focalizzando l'attenzione sui muscoli lungo del collo e multifido.

LE FIBRE MUSCOLARI

Ogni muscolo del corpo è composto da un mosaico di fibre muscolari rapide e lente, ed altre con caratteristiche intermedie tra questi due estremi.

Nello specifico in letteratura sono conosciute fibre di tipo I (lente), fibre di tipo IIA (rapide e metabolismo ossidativi), IIB (rapide a metabolismo glicolitico), IIC (transizionali) (Uhlir e al., 1995, Boyd-Clark e al. 2001).

I muscoli che si contraggono molto rapidamente sono composti prevalentemente da fibre rapide e con solo una piccola percentuale di fibre di tipo lento. Al contrario, i muscoli che rispondono con contrazioni lente e prolungate sono composti principalmente da fibre lente. Le differenze tra questi due tipi di fibre sono le seguenti:

FIBRE RAPIDE:

- Fibre più grandi per una maggiore contrazione
- Reticolo sarcoplasmatico più sviluppato per un rilascio rapido di ioni calcio per dare inizio alla contrazione
- Elevata entità di enzimi glicolitici per fornire una rapida liberazione di energia mediante il processo della glicolisi.
- Minore irrorazione sanguigna poiché in queste fibre il metabolismo ossidativo è di secondaria importanza
- Minor numero di mitocondri, proprio perché il metabolismo ossidativo è meno importante

FIBRE LENTE

- Fibre più piccole
- Innervate da fibre nervose più piccole

- Vascolarizzazione sanguigna più ricca per acconsentire un apporto superiore di ossigeno
- Numero di mitocondri molto elevato per assicurare livelli elevati di metabolismo ossidativi
- Elevato numero nelle fibre di mioglobina, una proteina che lega il ferro come l'emoglobina dei globuli rossi.

Da quanto sopra esposto, si può dedurre che le fibre rapide sono adatte per contrazioni muscolari rapide e potenti, come quelle del salto e della corsa veloce su brevi distanze. Le fibre lente, invece, sono adatte per un'attività muscolare continua e sostenuta, come quella impegnata nel controllo posturale e in prestazioni atletiche di lunga durata, come la maratona.

Estendendo il concetto alla muscolatura assiale, nella sezione precedente di questa tesi abbiamo preso in considerazione il modello di Comerford e Mottram (2001) che distingueva i gruppi muscolari della colonna in stabilizzatori locali, stabilizzatori globali e mobilizzatori globali e ne abbiamo descritto le caratteristiche funzionali.

Uno degli scopi di questa parte della tesi è proprio quello di indagare, alla luce della letteratura esistente, se le fibre di questi gruppi muscolari possiedano le proprietà istochimiche e ultrastrutturali adatte ai compiti funzionali che le vengono assegnati.

In particolare sono stati indagati il multifido e il lungo del collo.

I DATI DELLA RICERCA

MATERIALI E METODI

Le parole chiave utilizzate sono state FIBER, FIBERS, MUSCLE e CERVICAL SPINE.

La ricerca è stata fatta solo su Pubmed in quanto unico motore di ricerca disponibile.

Il campo della ricerca è stato ristretto subito solo agli articoli che contenessero le parole chiave nel titolo in modo tale da avere lavori molto specifici. Inoltre la ricerca è stata limitata ad articoli in lingua inglese e italiana pubblicati negli ultimi 10 anni.

Le parole chiave sono state inserite nel seguente modo: (FIBER OR FIBERS) AND MUSCLE.

Sono stati trovati 1019 articoli. Poiché oggetto di questa tesi era ricercare studi che trattassero delle fibre muscolari nell'uomo sono stati esclusi tutti quelli condotti su animali e ne sono rimasti 292. a questo punto è stata inserita l'ultima parola chiave CERVICAL SPINE e ne è risultato 1 solo articolo.

Titolo	Autore	Pubblicazione	Materiali e Metodi
Comparative Histochemical composition of muscle fibres in a pre- and a postvertebral muscle of the cervical spine	L.C. Boyd-Clark, C.A. Briggs, M.P. Galea	Journal Anatomy 2001, 199, 709-716.	Le sezioni di muscolo sono state sezionate da 16 individui (10 uomini e 6 donne) di età compresa tra i 4 e i 77 anni.

RISULTATI

La maggior parte degli studi ha indagato la composizione delle fibre di vari muscoli della schiena (Johnson et al 1973; Lexel et al 1983; Ng et al 1998) soprattutto del tratto lombare (Fidler et al. 1975; Jowett 1975; Sirca e Kostevc, 1985; Thorstensson e Carlson, 1987; Rantanen et al, 1994; Mannion et al, 1997; Ng, 1998; Zhao e al. 2000) e del tratto toracico (Zetterberg et al 1983; Ford et al 1984; Sirca e Kostevc, 1985; Mannion et al 1997, Meier et al, 1997).

Pochi studi hanno descritto le caratteristiche istochimiche e ultrastrutturali dei muscoli del collo.

Uhlig et al (1995) hanno esaminato la composizione di diversi muscoli dorsali della colonna cervicale. Altri autori hanno studiato la distribuzione delle fibre nelle sternocleidomastoideo e del trapezio (Jhonson 1973, Lindman e al, 1990, 1991).

Infine solo uno studio ha focalizzato l' attenzione sulle caratteristiche istochimiche delle fibre muscolari di del lungo del collo e del multifido cervicale.

Quest'ultimo sarà quello maggiormente analizzato in questa tesi.

Il fatto che la maggior parte della letteratura si sia concentrata sullo studio dei muscoli della colonna lombare e toracica è dovuto in parte all' alta incidenza di lombalgia e alla scoliosi idiopatica.

Studi sul lunghissimo del dorso e del multifido a livello lombare in soggetti normali hanno mostrato che entrambi i muscoli possiedono un maggior numero di fibre di tipo I rispetto alle fibre II nonostante la loro differente posizione anatomica (Sirca e Kostevc, 1985; Thorstensson e Carlson, 1987).

Altri studi sul multifido lombare in soggetti con derangement ed ernia del disco hanno notato che non c' erano stati cambiamenti nel rapporto tra il numero di fibre I e II rispetto ai valori dei sani.

(Fidler et al, 1975; Jowett et al, 1975; Rantanen et al 1993; Zhao et al, 2000).

Tuttavia alcuni studi hanno osservato che può avvenire un aumento del rapporto tra fibre IIA e IIB in soggetti con lombalgia e in soggetti che hanno subito un periodo di immobilizzazione (Rose e Rothstein, 1982; Lieber et al 1988; Rantanen et al 1993;Zhao et al. 2000) e una diminuzione dello stesso in soggetti che hanno praticato un training resistente ad alta intensità (Andersen e a Henrikson, 1977; Abernethy et al 1990)

Per quanto riguarda il rachide cervicale può essere interessante analizzare i risultati di Uhlig (1995) che ha indagato la composizione e la trasformazione delle fibre in vari muscoli dorsali (retto maggiore posteriore della testa,obliquo inferiore della testa, splenio della testa e trapezio) e ventrali (sternocleidomastoideo, omoioideo, lungo del collo) in soggetti sofferenti di cervicalgia.

Rispetto al lungo del collo sono state trovate in media fibre di tipo I per un 49,7 % e fibre di tipo II per un 50,7% nei maschi. Nelle femmine sono state trovate in media fibre di tipo I per un 69,1% e fibre di tipo II per il 30,9%.

Lo studio che è di maggior interesse per il nostro lavoro è senza dubbio quello di Boyd-Clark (2001). Gli autori hanno ipotizzato che il multifido e il lungo del collo, considerati funzionalmente come degli stabilizzatori del rachide cervicale, dovrebbero avere una predominanza di fibre di tipo I (lente) rispetto a quelle di tipo II (rapide).

Un ulteriore ipotesi è stata quella che il tipo composizione di queste fibre possa variare in seguito a fenomeni di denervazione e disuso che sopravvengono con aumentare dell' età.

Sono stati selezionati 16 soggetti (10 maschi e 6 femmine) di età compresa tra i 4 e 77 anni e il tratto cervicale in cui stati prelevati i muscoli è stato quello dei segmenti C5-C7.

Questo tratto del rachide cervicale è riconosciuto essere quello più mobile e quindi più suscettibile e fenomeni degenerativi oltre ad essere anche quello che più necessità di un fine controllo neuromuscolare.

Gli autori hanno trovato che il lungo del collo comprendeva in media 53% di fibre di tipo I e il 47% di fibre di tipo II mentre il multifido possedeva in media il 77% di fibre di tipo I e il 23% di fibre di tipo II.

Inoltre nessun muscolo sembrava subire cambiamenti in funzione dell' età.

DISCUSSIONE

Il dato più rilevante di questi pochi studi è sicuramente la significativa differenza tra la composizione e il tipo di fibre presenti nel lungo del collo e nel multifido.

Il numero quasi uguale di fibre di tipo I e II nel lungo del collo indica che questo muscolo risponde sia a una domanda fasica che statica, mentre la netta prevalenza di fibre di tipo I su quelle di tipo II nel multifido indica che questo muscolo risponde prevalentemente a necessità di tipo statico e quindi posturale.

L'ipotesi che suggeriscono questi dati è quella che forse l'attività del multifido rispetto a quella del lungo del collo è un po' più grossolana e si basa soprattutto sul mantenimento del tono posturale a riposo e sulla fissazione dei segmenti durante il movimento.

Il lungo del collo invece potrebbe essere maggiormente coinvolto in compiti di controllo neuromuscolare più fine che vanno oltre la semplice fissazione.

Come vedremo più avanti, infatti, anche il numero dei fusi neuromuscolari è più alta nel lungo del collo rispetto al multifido (143 a 111) e questo può essere indicativo di un maggior compito propriocettivo del primo rispetto al secondo.

IL FUSO NEUROMUSCOLARE e GLI ORGANI TENDINEI DI GOLGI.

Il controllo della funzione muscolare non implica soltanto l'eccitazione del muscolo ad opera dei motoneuroni delle corna anteriori, ma richiede anche l'arrivo continuo di informazioni dal muscolo stesso al sistema nervoso centrale (SNC) in modo che quest'ultimo sia costantemente aggiornato sullo stato dell'effettore muscolare. E necessario cioè, che il sistema nervoso sia informato sulla lunghezza del muscolo, sulla sua tensione istantanea e sulla rapidità con cui la sua lunghezza o la tensione stanno cambiando. Per generare questo complesso di informazioni i muscoli e i loro tendini dispongono di due classi di recettori sensitivi: i fusi neuromuscolari, distribuiti all'interno del ventre muscolare, capaci di informare il SNC sulla lunghezza istantanea del muscolo e sulla velocità di variazione della lunghezza stessa (Guyton and Hall, 1999; Boyd-Clark e al 2002), e gli organi tendinei di golgi, che danno informazioni sulla tensione e sulla velocità delle sue variazioni (Guyton and Hall 1999, Uwe Proske 2005).

Sebbene non ci siano dubbi che questi recettori operino anche a livello conscio nel controllo neuromuscolare il loro contributo avviene principalmente a livello inconscio (Lam and Pearson 2002).

ULTRASTRUTTURA DEL FUSO NEUROMUSCOLARE

E' stato dimostrato che la struttura dei fusi muscolari nell'uomo (Kucera 1979; Cooper and Daniel 1963) non è dissimile da quella trovata negli altri mammiferi e in particolare nel topo, nel gatto e nel coniglio (Kucera 1978; Banks 1977; Barker 1976;)

Le caratteristiche strutturali del fuso neuromuscolare sono strettamente correlate con le esigenze funzionali del muscolo nel quale si trovano ((Eriksson and Thornell 1987, Eriksson and Thornell 1990; Eriksson et al. 1994; Liu et al. 2002; Soukup et al. 2003).

Ogni fuso misura da 3 a 10 mm di lunghezza. Esso è costituito in media da 3 a 12 piccole fibre muscolari intrafusali (Guyton ad Hall, 1999) anche se, in realtà, come vedremo in seguito a seconda del tipo di muscolo e della sua funzione la densità di questo recettore varia.

Tali fibre sono fissate al glicocalice delle fibre muscolari scheletriche extrafusali circostanti.

La fibra intrafusale è una fibra muscolare scheletrica di dimensioni ridotte e nella sua parte centrale, cioè nella zona tra le due estremità, i filamenti di actina e di miosina sono del tutto assenti, o sono presenti in scarsissima quantità. Questa parte quindi non si contrae quando si contraggono le due porzioni polari della fibra, ma funziona da recettore sensitivo.

Le fibre intrafusali sono state classificate in base alla loro morfologia in fibre a sacco nucleare (in media da 1 a 3 in ciascun fuso) e a catena nucleare (in media da 3 a 9 in ciascun fuso)(Cooper s and Daniel PM, 1963).

Esiste, inoltre, una ulteriore classificazione in base alla loro attività ATPasica in ambiente acido e basico che le suddivide in fibre a sacco nucleare 1 e 2 (nuclear bug1 e nuclear bug2) e fibre a catena nucleare (nuclear chain) (Kucera, 1979; Banks eal., 1977; Ovalle WK and Smith RS, 1972).

Nelle fibre a sacco nucleare è presente un gran numero di nuclei concentrati in un' espansione sacciforme localizzata nella parte centrale dell' area recettoriale mentre le fibre a catena nucleare hanno spessore e lunghezza circa pari alla metà delle precedenti e nuclei allineati a catena nella regione recettoriale del fuso.

È interessante sottolineare che nell'uomo sono state trovate, in media, un maggior numero di fibre intrafusali rispetto alle altre specie di mammiferi (Barker 1974; Cuajunco 1940) Questa differenza sembrerebbe giustificata da un maggior numero di fibre a catena nucleare nell' uomo (Kucera 1979). Questo dato supporterebbe la tesi, oggi ancora valida, secondo la quale questo tipo di fibre sarebbero coinvolte principalmente nel controllo neuromuscolare dal momento che nell' uomo, rispetto ad altre specie, questo aspetto è predominante.

INNERVAZIONE SENSITIVA DEL FUSO NEUROMUSCOLARE

La porzione recettrice del fuso neuromuscolare, come già detto, è rappresentata dalla sua parte centrale, dove le fibre muscolari intrafusali sono prive di elementi contrattili.

In questa zona, si localizzano le terminazioni sensitive le quali vengono eccitate da uno stiramento della parte centrale del fuso.

Queste terminazioni sono di due tipi: le terminazioni primarie e secondarie.

- La terminazione primaria è una grossa fibra che avvolge la parte centrale della fibra intrafusale ed è detta anche terminazione anulospirale. Questa fibra è del tipo Ia, misura in media 17 micron di diametro e trasmette segnali al midollo spinale ad una velocità di 70-120 m/sec (nel gatto), la più alta velocità riscontrata nelle fibre nervose sensitive dell' intero organismo.
- La terminazione secondaria avvolge la fibra intrafusale in maniera simile alla terminazione primaria. In genere sono in numero di due per fuso e si localizzano subito lateralmente alla parte centrale. Le fibre sono di tipo II, del diametro medio di 8 micron.

Un aspetto importante da sottolineare, a causa delle sue ricadute funzionali, è che le terminazioni primarie innervano tutti i tipi di fibre intrafusali, mentre quelle secondarie innervano di solito quelle a catena nucleare e le bug1 (Boyd e al, 1976, Barker e al, 1976, Barker e al 1978, Guyton and Hall, 1999)

RISPOSTA STATICA E RISPOSTA DINAMICA

➤ RISPOSTA STATICA

Quando la regione recettrice del fuso neuromuscolare viene sottoposta ad uno stiramento lento, il numero di impulsi al secondo trasmessi da entrambe le terminazioni, primaria e secondaria, aumenta in misura quasi direttamente proporzionale all' entità dello stiramento, e le terminazioni continuano a trasmettere impulsi alla nuova frequenza per diversi minuti. Questo effetto prende il nome di risposta statica del fuso neuromuscolare e indica semplicemente che entrambe le terminazioni, primaria e secondaria, continuano a trasmettere i loro segnali per tutto il tempo in cui il recettore stesso rimane stirato.

Poiché solamente le fibre intrafusali a catena nucleare e le bug2 sono innervate sia dalle terminazioni primarie che da quelle secondarie, si ritiene che la risposta statica sia essenzialmente dovuta a queste fibre (Boyd e al, 1976, Barker e al, 1976, Barker e al 1978, Guyton and Hall, 1999).

➤ RISPOSTA DINAMICA

Quando la lunghezza del fuso aumenta bruscamente, la terminazione primaria (ma non quella secondaria) viene attivata in modo particolarmente intenso, molto più intensamente che nel caso della risposta statica. Questa energica attivazione prende il nome di risposta dinamica ed indica che la terminazione primaria è estremamente reattiva ad elevate velocità di variazione della lunghezza fusale.

Quando la lunghezza del recettore aumenta anche solo di una frazione di micron, se questo aumento avviene in una frazione di secondo, il recettore primario invia un numero estremamente elevato di impulsi attraverso la fibra Ia, ma lo fa soltanto durante il periodo in cui si sta verificando l' aumento di lunghezza.

Non appena la lunghezza, infatti, cessa di aumentare la frequenza di scarica degli impulsi assume di nuovo il livello nettamente inferiore corrispondente alla risposta statica, ancora presente nel segnale afferente .

Quando al contrario la lunghezza del fuso si riduce, questa variazione si accompagna ad una diminuzione momentanea o alla cessazione della scarica di impulsi da parte della terminazione primaria e, non appena il recettore ha raggiunto la sua nuova lunghezza, inferiore a quella di partenza, gli impulsi della fibra Ia riprendono entro una frazione di secondo.

La terminazione primaria invia dunque una notevole quantità di segnali al SNC per informarlo di ogni variazione di lunghezza del recettore fusale.

Giacchè soltanto le terminazioni primarie trasmettono la risposta dinamica e le fibre intrafusali bugl possiedono soltanto terminazioni primarie, si ritiene che siano queste fibre quelle responsabili della potente risposta dinamica.(Boyd e al, 1976, Barker e al, 1976, Barker e al 1978, Guyton and Hall, 1999)

I DATI DELLA RICERCA

MATERIALI E METODI

Le parole chiave utilizzate sono state SPINDLE, SPINDLES E MUSCLE.

Il motore di ricerca utilizzato è stato Pubmed in quanto l' unico disponibile.

Il campo della ricerca è stato subito ristretto ai soli lavori che contenessero le parole chiave nel titolo. Inoltre la ricerca è stata limitata a studi in lingua inglese e italiana condotti negli ultimi 10 anni. Le parole chiave sono state inserite nel seguente modo (SPINDLE OR SPINDLES) AND MUSCLE. Inizialmente sono stati trovati 196 articoli.

Sono stati esclusi tutti quelli che erano stati condotti su animali e ne sono rimasti 72

Di questi 72 sono stati considerati solo quelli che indagavano densità, composizione e morfologia dei fusi muscolari di specifici muscoli e ne sono stati trovati 3 di cui 1 solo sul lungo del collo e sul multifido.

Titolo	Autori	Pubblicazione	Materiali e metodi
Intrafusal fiber type composition of muscle spindles in the first human lumbrical muscle	T.Soukup, F. Pedrosa-Domellof and L.-E. Thornell	Acta Neuropathol 2002, 105:18-24	Il primo lombricale è stato sezionato da 4 soggetti umani di età compresa tra i 29 e i 67 anni
Muscle Spindles in the deep Muscles of the human neck: A morphological and	J-X Liu, L-E Thornell, F. Pedrosa-Domellof	Journal of Histochemistry and Cytochemistry 2003, 51: 175-186.	Il retto maggiore posteriore della testa, il retto posteriore minore della testa, gli

Immunocytochemical study			obliqui superiore ed inferiore della testa sono stati sezionati da 2 donne di età 17 e 26 anni e da 3 maschi di 55, 21 e di età sconosciuta.
Muscle Spinale Distribution, Morphology and Density in longus colli and multifidus muscles of the cervical spine	L.C. Boyd-Clark, C.A. Briggs, M.P. Galea	Spine 2002, 27 (7), 694-701	Le sezioni di muscolo sono state sezionate da 16 individui (10 uomini e 6 donne) di età compresa tra i 4 e i 77 anni.

RISULTATI

La maggior parte degli studi sono stati condotti su animali e in particolare topi, gatti e conigli (Kucera e al., 1978; Banks e al., 1977; Ovalle e al., 1972). Tuttavia non sono state ritrovate grosse differenze tra questi e l'uomo da un punto di vista morfologico (Kucera 1979).

Una significativa differenza nel numero è stata trovata in uno studio sui topi dove lo scarso numero di fusi è stata associata ad uno scarso controllo posturale da parte di questi. (Ernfors 1994, Walro e Kucera, 1999).

La maggior parte degli studi sull'uomo sono stati condotti sul primo lombricale (Soukup et al., 2003; Voss, 1971; Rabishong, 1962; Cooper and Daniel, 1963) sul bicipite brachiale (Liu et al., 2002) e sui muscoli posteriori profondi del collo (Kulkarni et al. 2001; Peck et al., 1984; Cooper and Daniel, 1963).

Solo uno studio ha analizzato le caratteristiche dei fusi muscolari nel lungo del collo e nel multifido nell'uomo (Boyd-Clark et al., 2002).

Per quanto riguarda il primo lombricale è stata trovata un più alto numero di fibre intrafusali per fuso (da 8 a 24) (Soukup et al., 2003) rispetto ad esempio al bicipite (da 4 a 16) (Liu et al., 2002) ai muscoli profondi del collo (da 4 a 15) (Liu et al. 2003) e ai muscoli intercostali (da 2 a 7) (Kucera, 1979).

Anche la densità è molto più alta nel primo lombricale rispetto al bicipite brachiale (Liu et al., 2002) ma stranamente è simile a quella dei muscoli profondi anteriori (Boyd-Clark et al., 2002) e posteriori del collo (Liu et al. 2003).

Inoltre sempre nel primo lombricale sono state trovate un alto numero di fibre intrafusali a sacco nucleare del tipo bug1 (responsabili della risposta dinamica) rispetto agli altri tipi di fibre.

Per quanto riguarda i muscoli profondi posteriori del collo, nello studio di Liu sono stati analizzati il retto maggiore posteriore del capo, il retto minore posteriore del capo, gli obliqui superiore e inferiore del capo di 5 soggetti (2 femmine e 3 maschi) di età compresa tra 26 e 55 anni senza disordini di tipo muscoloscheletrico.

I maggiori punti di luce di questo studio sono: 1) una densità elevata di fusi, 2) un'alta incidenza di fusi con fibre miste (bug1, bug2 e a catena nucleare) e 3) secondo gli autori un basso numero di fibre per fuso (da 4 a 15).

Gli autori hanno inoltre comparato il loro studio con quelli di Soukup sui lombricali e di Liu sul bicipite brachiale.

Hanno concluso che nel primo lombricale i fusi hanno il più alto numero di fibre intrafusali, mentre quelli dei muscoli profondi posteriori del collo ne hanno il numero più basso.

Le differenze sarebbero dovute principalmente a un basso numero di bug1 nei muscoli profondi posteriori del collo comparati con il bicipite brachiale e a un più basso numero di bag1 e bag2 nel bicipite comparate con il lombricale. Le differenze tra i muscoli profondi posteriori del collo e il

primo lombricale sarebbero dovute a un numero minore di tutte e tre le fibre nei primi rispetto al secondo.

L'ultimo studio che analizziamo prima di discutere i risvolti funzionali dei risultati è quello sul lungo del collo e sul multifido di Boyd-Clark et al. (2002).

I tessuti per questo studio sono stati raccolti da 16 individui: 10 uomini e 6 donne di età compresa da 4 ai 77 anni. Il range elevato degli anni degli individui era funzionale a uno degli scopi dello studio che era quello di valutare eventuali modifiche delle caratteristiche indagate con l'età.

Un altro dato interessante da un punto di vista metodologico di questo studio è che sono stati analizzate zone di tessuto muscolare corrispondenti al livello C5-C6, zona riconosciuta come la più mobile al livello del rachide cervicale e quindi con un maggiore bisogno di controllo neuromuscolare.

Una mancanza, purtroppo, è invece l'analisi dei tipi di fibre intrafusali per ogni fuso e del loro numero,

Infatti le caratteristiche analizzate sono state solo la densità la morfologia e la distribuzione dei fusi. La densità riscontrata è stata molto alta in entrambi i muscoli con un maggior numero, però, nel lungo del collo (143 contro 111 nel multifido).

Inoltre nel multifido sono state riscontrate zone ampie di tessuto con poche fusi raggruppati mentre nel lungo del collo vi era una maggiore densità per unità di tessuto.

Da un punto di vista morfologico i fusi a livello del lungo del collo sono stati osservati frequentemente in aggregati da 2 a 10, mentre nel multifido in piccoli grappoli o addirittura isolati.

Infine per entrambi è stata osservata la stessa distribuzione anterolaterale: nel lungo del collo erano localizzati prevalentemente in prossimità del corpo mentre nel multifido in prossimità delle lamine.

DISCUSSIONE

Da questi pochi studi si possono evincere alcuni punti interessanti e fare alcune ipotesi di relazione tra la fisiologia e la funzione dei muscoli studiati.

Innanzitutto è interessante notare che tra i muscoli studiati il lungo del collo, il multifido e i suboccipitali presentano caratteristiche intermedie tra ad esempio il primo lombricale e il bicipite.

Infatti il primo lombricale è un muscolo molto piccolo con elevate funzioni di motilità e proprioccezione essendo impegnato in numerosi movimenti fini della mano che richiedono entrambe queste caratteristiche. Il bicipite è invece un muscolo a leva lunga e prevalentemente fasico che richiede caratteristiche di forza e velocità.

I muscoli del collo invece hanno tutte dimensioni intermedie rispetto a questi due muscoli, braccia di leva piccoli e un compito propriocettivo importante poiché coinvolti nel controllo neuromuscolare. Solo i profondi posteriori del collo rispondono anche a necessità di forza dovendo sostenere continuamente il capo sulla colonna che per caratteristiche biomeccaniche tenderebbe ad andare in flessione a causa della gravità.

Il dato che colpisce di più è essenzialmente l'alta densità fusale ritrovata nel multifido, lungo del collo e nei muscoli profondi del collo oltre che nel primo lombricale.

Negli altri muscoli esaminati (bicipite brachiale e intercostali) la densità risultava infatti più bassa.

Questo dato suggerisce una correlazione forte tra densità fusale e funzione propriocettiva confermando ulteriormente il ruolo di questi muscoli nel controllo neuromuscolare.

Non bisogna infatti dimenticare che il compito principale dei fusi è quello di informare il SNC sullo stato della lunghezza della fibra muscolare e sulla sua eventuale variazione.

Il controllo neuromuscolare si basa proprio su veloci e continue contrazioni e variazioni della lunghezza di questi muscoli.

Un altro dato interessante è il numero di fibre intrafusali dei profondi posteriori del collo (da 4 a 16) che per quanto più basso rispetto al primo lombricale (da 8 a 24) è vicino a quello del bicipite e molto più alto rispetto a quello degli intercostali (da 2 a 7).

Inoltre sempre nei profondi posteriori del collo il tipo di fibre presenti è prevalentemente misto (bug1 e 2, fibre a catena nucleare) mentre nel primo lombricale prevalgono le fibre a sacco nucleare e soprattutto le bag 1 che sono responsabili della parte dinamica della risposta del fuso.

Questo supporta ulteriormente l'ipotesi funzionale che individua in questo muscolo caratteristiche miste: come stabilizzatore e ed mobilizzatore.

Purtroppo mancano dati a tal proposito sul lungo del collo e del multifido in cui si ci aspetta un numero medio di fibre intrafusali e soprattutto una prevalenza delle fibre bug2 e a catena nucleare.

CONCLUSIONI

E' stimato che le strutture capsulo-legamentose contribuiscano alla stabilità meccanica del rachide cervicale solo per il 20% mentre quelle neuro-muscolari sarebbero coinvolte per l' 80% (Panjabi e al. 1998). Inoltre le strutture legamentose interverrebbero prevalentemente in posizione di end-range mentre quelle muscolari fornirebbero un supporto dinamico sia in prossimità della zona neutra che in mid-range, ovvero in quell' arco di movimento in cui avvengono la maggior parte dell' attività funzionali quotidiane che richiedono l'utilizzo del rachide cervicale (Harms-Ringdahl et al., 1986)

Da queste premesse è nato lo scopo di questa tesi, ovvero individuare una correlazione tra le caratteristiche morfologiche e ultrastrutturali delle fibre muscolari extra-fusali e dei fusi neuromuscolari del lungo del collo e del multifido e la funzione di stabilizzazione del rachide cervicale che gli viene attribuita.

I dati presenti in letteratura sono scarsi, tuttavia si possono trarre alcune conclusioni e trovare nuovi spunti.

Per quanto riguarda le fibre extrafusali il dato più rilevante di questi pochi studi è sicuramente la significativa differenza tra la composizione e il tipo di fibre presenti nel lungo del collo e nel multifido.

Il numero quasi uguale di fibre di tipo I e II nel lungo del collo indica che questo muscolo risponde sia a una domanda fasica che statica, mentre la netta prevalenza di fibre di tipo I su quelle di tipo II nel multifido indica che questo muscolo risponde prevalentemente a necessità di tipo statico e quindi posturale.

L'ipotesi che suggeriscono questi dati è quella che forse l' attività del multifido rispetto a quella del lungo del collo è un po' più grossolana e si basa soprattutto sul mantenimento del tono posturale a riposo e sulla fissazione dei segmenti durante il movimento.

Il lungo del collo invece potrebbe essere maggiormente coinvolto in compiti di controllo neuromuscolare più fine che vanno oltre la semplice fissazione

Questa ipotesi pare trovare conferma nella più alta densità fusale trovata nel lungo del collo rispetto al multifido.

Il dato che colpisce di più, nella ricerca fatta sulle caratteristiche dei fusi muscolari in questi muscoli, è essenzialmente l'alta densità fusale ritrovata nel multifido, lungo del collo e nei muscoli profondi del collo oltre che nel primo lombricale.

Negli altri muscoli esaminati (bicipite brachiale e intercostali) la densità risultava infatti più bassa.

Questo dato suggerisce una correlazione forte tra densità fusale e funzione propriocettiva confermando ulteriormente il ruolo di questi muscoli nel controllo neuromuscolare.

Infine credo sia importante ricordare ancora una volta che i dati della ricerca siano ancora scarsi e che ci sia bisogno di ulteriori studi sia in campo clinico che a livello istologico per inquadrare meglio il ruolo effettivo di questi muscoli nella stabilizzazione cervicale.

In particolare, per quanto riguarda i fusi neuromuscolari nel multifido e nel lungo del collo, nell' unico studio presente in letteratura non sono state studiate il numero e il tipo (bug1, bug2, e a catena nucleare) di fibre intrafusali. Una ricerca in questa direzione potrebbe fornire informazioni preziose e confermare il ruolo di questi di questi muscoli nel controllo neuromuscolare soprattutto se emergesse un medio- alto numero di fibre intrafusali per fuso e un numero maggiore di fibre bug2 e a catena nucleare, considerate come responsabili della risposta statica.

In attesa di dati certi ritengo, inoltre, che le numerose tecniche terapeutiche che vengono utilizzate e insegnate per il controllo muscolare possano essere tuttora strumenti validi nelle mani di tutti i fisioterapisti in quanto sicuramente frutto dell' esperienza degli autori in campi specifici di azione.

Tuttavia è necessario che ci sia un approccio critico da parte dei fruitori di tali tecniche che si basi sul ragionamento clinico e non su una adesione acritica a una scuola di pensiero.

Infine ci deve essere da parte degli autori e da parte di chi insegna determinate tecniche o approcci la volontà e il coraggio di sottoporre i propri insegnamenti all' esame della ricerca in modo da

fornire un supporto scientifico al proprio operato rischiando anche eventualmente di rinunciare a percorrere certe strade nel caso la ricerca non fornisse i risultati sperati.

BIBLIOGRAFIA

1. Abernethy PJ, Thayer R, Taylor AW. "Acute and chronic responses of skeletal muscle to endurance and sprint exercise. A review. *Sport Medicine* 1990 10 365-389.
2. Andersen P, Henrikson J (1977) "Training induced changes in the subgroups of human type II skeletal muscle fibers." *Acta Physiologica Scandinavica* 99,123-125.
3. Anderson GS, Hsu AW, Vasavada AN. Morphology, architecture, and biomechanics of human cervical multifidus. *Spine*. 2005 Feb 15;30(4):E86-91.
4. Banks RW, Harker DW, Stacey MJ. A study of mammalian intrafusal muscle fibres using a combined histochemical and ultrastructural technique. *J Anat* 123:788-796.1977.
5. Barker D, Bessou P, Jancowska E, Pages B, Stacey MJ. Identification of intrafusal muscle fibers activated by single fusimotor axons and injected with fluorescent dye in cat tebulissimus spindles. *J Physiol (Lond)* 275:149-165,1978.
6. Barker D, Banks RW, Harker DW, Milburn A, Stacey MJ. Studies of histochemistry, ultrastructure, motor innervation and regeneration of mammalian intrafusal muscle fibres. *Prog Brain Res* 44:67-88,1976.
7. Barton, P.M. and Hayes, K.C., 1996. Neck flexor muscle strength, efficiency, and relaxation times in normal subjects and subjects with unilateral neck pain and headache. *Archives of Physic*
8. Boyd IA: the mechanical properties of dynamic nuclear bag fibers, static nuclear bag fibers and nuclear chain muscle fibers in isolated cat muscle spindles. *Prog Brain Res* 44:33-50,1976.
9. Boyd-Clark LC, Briggs CA, Galea MP " comparative histochemical composition of muscle fibres in a pre and post vertebral muscle of cervical spine" *Journal of anatomy* 2001; 199, 709-716.
10. Boyd-Clark L.C., Bsc (Hons), C.A. Briggs, M.P. Galea "Muscle Spindle Distribution, Morphology and Density in Longus Colli and Multifidus Muscles of the Cervical Spine. *Spine* 2002;27:694-701.
11. Comerford MJ Mottram S.L."Movement and Stability dysfunction contemporary developments" *Manual Therapy* 2001; 6(1):15-26.
12. Comerford MJ Mottram S.L."Functional stability re-training for managing mechanical dysfunction" *Manual Therapy* 2001; 6(1):3-14
13. Cooper S, Daniel PM (1963) Muscle spindles in man: their morphology in the lumbricals and the deep muscles of the neck. *Brain* 86:563-586.
14. D., Jull, G., Dall'Alba, P., Rainoldi, A. and Merletti, R., 2003. An electromyographic analysis of the deep cervical flexor muscles during cranio-cervical flexion. *Physical Therapy* **83**, pp. 899-906.
15. Donna M, Urquhart, Hodges PW, Story IH. "postural activity of abdominal muscles varies between regions of these muscles and between body positions". *Gait & posture* 22(2005) 295-301.
16. Eriksson PO, Butler-Browne GS, Thornell LE (1994) Immunohistochemical characterization of human masseter muscle spindles. *Muscle Nerve* 17:31-41
17. Eriksson PO, Thornell LE (1987) Relation to extrafusal fibre-type composition in muscle-spindle structure and location in the human masseter muscle. *Arch Oral Biol* 32:483-491
18. Eriksson PO, Thornell LE (1990) Variation in histochemical enzyme profile and diameter along human masseter intrafusal muscle fibers. *Anat Rec* 226:168-176.
19. Ernfors P, Lee KF, Kucera J, Jaenisch R (1994) Lack of neurotrophin-3 leads to deficiencies in the peripheral nervous system and loss of limb proprioceptive afferents. *Cell* 77:503-512.
20. Falla D, Jull G, Hodges P. Neck pain patients demonstrate reduced activation of the deep neck flexor muscles during performance of the cranio-cervical flexion test. *Spine* 2004c, in press.

21. Falla D, Rainoldi A, Jull G, Stavrou G, Tsao H. Lack of correlation between sternocleidomastoid and scalene muscle fatigability and duration of symptoms in chronic neck pain patients. *Neurophysiologie Clinique* 2004f, in press.
22. Falla, D., Jull, G., Dall'Alba, P., Rainoldi, A. and Merletti, R., 2003a. An electromyographic analysis of the deep cervical flexor muscles during cranio-cervical flexion. *Physical Therapy* **83**, pp. 899–906.
23. Falla, D., Jull, G., Rainoldi, A. and Merletti, R., 2004e. Neck flexor muscle fatigue is side specific in patients with unilateral neck pain. *European Journal of Pain* **8** 1, pp. 71–77
24. Falla, D., Rainoldi, A., Merletti, R. and Jull, G., 2003b. Myoelectric manifestations of sternocleidomastoid and anterior scalene muscle fatigue in chronic neck pain patients. *Clinical Neurophysiology* **114** 3, pp. 488–495.
25. Fidler MW, Jowett RL, Troup JD (1975) “Myosin ATPase activity in multifidus muscle from case of lumbar spinal derangement.” *Journal of Bone and Joint Surgery* **57B**, 220-227.
26. Fountain FP, Minear WL, Allison RD. Function of longus colli and longissimus cervicis muscles in man. *Arch Phys Med Rehabil.* 1966;47:665-669.
27. Gogia, P.P. and Sabbahi, M.A., 1994. Electromyographic analysis of neck muscle fatigue in patients with osteoarthritis of the cervical spine. *Spine* **19** 5, pp. 502–506
28. Guyton and Hall Medical Physiology 1999 W.B, Saunders Company
29. Harms-Ringdahl, K., Ekholm, J., Schuldt, K., Nemeth, G. and Arborelius, U.P., 1986. Load moments and myoelectric activity when the cervical spine is held in full flexion and extension. *Ergonomics* **29** 12, pp. 1539–1552.
30. Hides J.A, Richardson CA, Jull GA. “Multifidus muscle recovery is not automatic following resolution of acute first episode of low back pain”. *Spine* 1996 (21):2763-2769.
31. Hodges PW, Richardson CA. “feedforward contraction of trasversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement.” *Exp Brain Res* 1997;114(2):362-70.
32. Hodges 1999. “Is There a role for trasversus abdominis in lumbo-pelvic stability?” *Manual Therapy* 4(2), 74-86
33. Jhonson MA, Polgar J, Weightman D, Appleton D (1973) “Data on the distribution of fiber type in thirty-six human muscles. An autopsy study. *Journal of the neurological sciences* **18**, 111-129.
34. Jowett RL, Fidler MW, Troup JD (1975) Histochemical changes in the multifidus in mechanical derangements of the spine. *Orthopaedic Clinics of North America* **6**, 145-161.
35. Kaigle A, Holm S, Hansson T (1995). Experimental Instability in the lumbar spine. *Spine* 20(4):421-430.
36. Kapandji “Fisiologia articolare. Vol. III “Il tronco e il rachide”.1999. edizioni MALOINE.
37. Kucera J, Dorovini-Zis K, Engel WK: Histochemistry of rat intrafusal muscle fibers and their motor innervation. *J histochem Cytochem* 26:973-988.1978.
38. Kucera J,Dorovini-zis K (1979). Type of Human intrafusal muscle fibers. *Musla e Nerve* 2:437-451.
39. Kulkarni V, Chandy MJ, Babu KS (2001) Quantitative study of muscle spindles in suboccipital muscles of human fetuses. *Neurol India* 49:355-359.
40. Lam T,Pearson KG. The role of proprioceptive feedback in the regulation and adaptation of locomotor activity. *Adv Exp Med Biol* 2002;508:343-355.
41. Lixel J, Herinksson-Larsen K, Sjostrom M (1983) “Distribution of different fibr types in human skeletal muscles.2. A study of cross-section of whole m. vastus lateralis. *Acta Physiologica Scandinavica*.117, 115-122.
42. Liu JX, Eriksson PO, Thornell LE, Pedrosa–Domellof F (2002) Myosin heavy chain composition of muscle spindles in human biceps brachii. *J Histochem Cytochem* 50:171-184
43. Liu JX, Thornell LE, Pedrosa-Domellof F (2003).Muscle Spindles in the Deep Muscles of the Human Neck: a Morfologiclal and Immunocychemical Study. *J Histochem Cytochem* 51:175-186.

44. Mannion AF, Dumas GA, Cooper RG, Espinosa FJ, Faris MW, Stevenson JM (1997). "Muscle fiber size and type distribution in thoracic and lumbar regions of erector spine in healthy subjects without low back pain: normal values and sex differences" *Journal of anatomy* 90. 505-513.
45. Mayoux-Benhamou, M.A., Revel, M., Vallee, C., Roudier, R., Barbet, J.P. and Bargy, F., 1994. Longus Colli has a postural function on cervical curvature. *Surgical Radiologic Anatomy* **16**, pp. 367–371.
46. Mimura M, Panjabi M, Oxland T, Crisco J, Yamamoto I, Vasavada A 1994. Disc Generation affects the multidirectional flexibility of the lumbar spine. *Spine* 19(12):1371-1380.
47. NG JK, Richardson CA, Kippers V, Parnianpour M. (1998) "Relationship between muscle fiber composition and functional capacity of back muscle in healthy subjects and patients with back pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 27, 389-402.
48. O'Sullivan Pb. "Lumbar segmental Instability: Clinical presentation and specific stabilizing exercise management". *Manual Therapy* 2000; 5(1):2-12.
49. Ovalle WK, Smith RS (1972) Histochemical identification of three types of intrafusal muscle fibers in the cat and monkey based on the myosin ATPase reaction. *Can J Physiol Pharmacol* 50:195-202.
50. Panjabi M (1992). The stabilizing system of the spine. Part 1 and Part 2. *Journal of Spine Disorders* 5(4):383-397.
51. Panjabi M, Abumi K, Duanecu J, Oxland T (1989). Spinal stability and intersegmental muscle forces. A biomechanical model. *Spine* 14(2):194-199.
52. Panjabi, M.M., Cholewicki, J., Nibu, K., Grauer, J., Babat, L.B. and Dvorak, J., 1998. Critical load of the human cervical spine: an in vitro experimental study. *Clinical Biomechanics* **13**, pp. 11–17.
53. Peck D, Buxton DF, Nitz A (1984) A comparison of spindle concentrations in large and small muscles acting in parallel combinations. *J Morphol* 180:243-252.
54. Placzek, J.D., Pagett, B.T., Roubal, P.J., Jones, B.A., McMichael, H.G., Rozanski, E.A. and Gianotto, K.L., 1999. The influence of the cervical spine on chronic headache in women: a pilot study. *Journal of Manual and Manipulative Therapy* 7 1, pp. 33–39.
55. Rabishong p (1962) l'innervation proprioceptive des muscles lombri-caux de la main chez l'homme *Rev Chir Orop Paris* 48:234-245.
56. Rantanen J, Hurme M, Falk B, Alaranta H, Nykvist F, Lehto M e al (1993) "The lumbar multifidus muscle five years after surgery for a lumbar intervertebral disc herniation. *Spine* 18, 568-574.
57. Rantanen J, Rissanen A, Kalim H (1994) "lumbar muscle fiber size and type distribution in normal subject." *European Spine Journal* 3,331-335.
58. Rose SJ, Rothstein JM (1982) "Muscle mutability. Part 1. General concepts and adaptations to altered patterns of use." *Physical Therapy* 62, 1773-1787.
59. Sapsford RR, Hodeges PW, Richardson CA, Cooper DH, Markwell SJ, Jull GA. "Co-activation of the abdominal and Pelvic Floor Muscles During Voluntary Exercises" 2001 *Neurorol Urodynam*, 20:31-42, 2001.
60. Sirca A, Kostevc V (1985) "The fiber type composition of thoracic and lumbar paravertebral muscles in man." *Journal of Anatomy* 141, 131-137.
61. Soukup T, Pedrosa-Domellof F, Thornell LE (2003) Intrafusal fiber type composition of muscle spindles in the first human lumbrical muscle. *Acta Neuropathol (Berl)* 105:18-24
62. Thorstensson A, Carlson H (1987). "fiber types in human lumbar back muscles" *Acta Physiologica Scandinavica*. 131, 195-202.
63. Treleaven, J., Jull, G. and Atkinson, L., 1994. Cervical musculoskeletal dysfunction in post-concussional headache. *Cephalalgia* **14** 4, pp. 273–279

64. Uhlig Y, Weber BR, Grob D, Muntener M. „, fiber composition and fiber transformations in neck muscles of patients with dysfunction of cervical spine” *Journal of Orthopaedic Research* 1995; 13,240-249..
65. Uwe Proske, DSc. What is the role of the muscle receptors in proprioception?. *Muscle Nerve* 2005;31:780-787.
66. Vitti M, Fujiwara M, Basmanjian JM, Lida M. The integrated roles of longus colli and sternocleidomastoideus muscles: an electromyographic study. *Anat Rec.* 1973 dec; 177(4):471-84.
67. Voss H (1971) Tabelle der absoluten und relativen Muskelspindelzahlen der menschlichen Skelettmuskulatur. *Anat Anz* 129:562-72..
68. Walro JM, Kucera J (1999) Why adult mammalian intrafusal and extrafusal fibers contain different myosin heavy-chain isoforms. *Trends Neurosci* 22:180-184
69. Watson, D.H. and Trott, P.H., 1993. Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalalgia* **13**, pp. 272–284.
70. Wilke H, Wolf S, Claes L, Arand M, Wiesend A 1995 Stability increase of the lumbar spine with different muscle groups. *Spine* 20(2):192-198.
71. Zetterberg C, Anianson A, Grimby G (1983) “Morphology of paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis”. *Spine* 8,457-462.
72. Zhao WP, Kawaguchi Y, Matsui H, Kanamori M, Kimura T (2000)” Histochemistry and morphology of the multifidus muscle in lumbar disc herniation. “ *Spine* 25, 2191-2199.