

Università degli studi di Genova

Facoltà di Medicina e Chirurgia

**Master in
Riabilitazione dei disordini muscoloscheletrici**

**IL RUOLO DEI MOVIMENTI POSTURALI
ANTICIPATORI DI ARTI INFERIORI E TRONCO NEI
MOVIMENTI DI SPALLA**

**Candidata
Serena Gattuso**

**Relatore
Prof. Andrea Fusco**

INDICE

| | |
|---|----|
| Introduzione | 3 |
| Aspetti biomeccanici della stabilità | 4 |
| Aspetti neuromotori della stabilità..... | 5 |
| Il movimento volontario come perturbazione dell'equilibrio..... | 6 |
| L'Inverse dynamics per l'analisi del movimento | 7 |
| L'attivazione di risposta a livello lombopelvico | 8 |
| Studio degli APAs | 10 |
| Le catene cinetiche | 15 |
| Le diagonali e il momento torcente come fattori stabilizzanti | 16 |
| Conclusioni | 18 |

Introduzione

La stabilità di spalla dipende dall'efficienza dei meccanismi di stabilizzazione articolari, muscolari e neurologici.

Il funzionamento muscolare è differente secondo il variare della posizione articolare, della direzione dell'ampiezza del movimento e dell'estensione delle strutture periarticolari (Comerford 2001ⁱ).

L'azione stabilizzatrice da parte dei muscoli richiede quindi una capacità di controllo preciso, nel quale la propriocezione gioca un ruolo importante (Bender, 1996ⁱⁱ)ⁱⁱⁱ.

Il sistema nervoso centrale percepisce ogni movimento volontario come uno spostamento del centro di massa^{iv}: quando un'estremità si muove, le forze di reazione che sono imposte alla colonna, agiscono nella direzione uguale e opposta a quella del movimento^v.

Il controllo posturale preventivo o anticipato è quindi fondamentale per l'esecuzione corretta e la riuscita di tutto il movimento volontario, in quanto fornisce una piattaforma stabile per l'esecuzione del movimento.

Il corpo umano è un sistema pluriarticolare all'interno del quale i segmenti differenti interagiscono tra loro; la cinematica di una data articolazione dipende non solo dall'azione netta dei muscoli di quell'articolazione ma anche dagli scambi di energia che avvengono all'interno delle diverse catene posturali.

Molti autori concordano nella visione della spalla nell'ambito di una catena cinetica e si rivolgono allo studio della spalla mediante un approccio funzionale prossimo-distale. Il tronco quale segmento prossimale piuttosto che il braccio, segmento distale, agisce come "inziator" del movimento della il corpo mano è un sistema pluriarticolare all'interno del quale i segmenti differenti interagiscono tra loro. E' chiaro perciò come i movimenti unilaterali inducano una perturbazione asimmetrica contrariamente ai movimenti bilaterali che diventano fattori stabilizzanti in quanto neutralizzano l'effetto della perturbazione del movimento intorno all'asse verticale del corpo: un modello posturale diagonale realizza quindi una condizione ottimale.

Le catene muscolari agoniste, che prendono il via dagli arti inferiori devono garantire un'azione coordinata nel tempo e nello spazio, che conduca all'arto superiore attraverso il tronco il quale deve perciò avere un buon livello di stabilità.

E' quindi lecito supporre che il sistema nervoso centrale utilizzi attività anticipatorie asimmetriche delle muscolatura dell'emilato destro e sinistro per

ruotare il corpo nella direzione opposta alla rotazione generata dalla perturbazione indotta dal movimento delle braccia.

La rotazione diventa quindi un fattore stabilizzante e come tale viene utilizzato dal sistema nervoso al pari del movimento lungo assi diagonali.

Aspetti biomeccanici della stabilità

Le strutture anatomiche che assicurano la stabilità della spalla comprendono le articolazioni, i tessuti connettivi periarticolari e i muscoli relativi alle articolazioni del cingolo scapolare.

Tutte queste strutture partecipano ad assicurare la stabilità del complesso spalla, il cui unico punto di contatto con lo scheletro è l'articolazione sterno-claveare

La conformazione della glena costituisce un fattore intrinseco per la stabilità gleno-omerale: in particolare gli aspetti riguardanti la profondità della fossa glenoidea e la "versione" della glena.

Le più importanti variabili interindividuali in relazione alla stabilità sono rappresentate dalla qualità dei tessuti connettivi e dalle caratteristiche biomeccaniche dei tessuti muscolari, tendinei e legamentosi.

L'instabilità di spalla costituisce dunque una questione complessa, a causa della quantità di strutture coinvolte e della complessità delle loro interazioni.

Proprio per tali contesti la stabilità della spalla sembra rappresentare quindi la premessa per una sua corretta funzione: poiché l'abilità di ogni articolazione a resistere alle dislocazioni è in relazione diretta con la sua stabilità, ciò che la spalla acquisisce in termini di mobilità lo sacrifica in stabilità.

Per questo motivo, diversamente da molte altre articolazioni del corpo umano, il controllo neuromuscolare gioca un ruolo determinante; le premesse risiedono nella minor importanza della stabilizzazione da parte dei capi ossei e nella relativa debolezza del sistema legamentoso, specialmente nei settori centrali del movimento articolare^{vi}.

Aspetti neuromotori della stabilità

La stabilità di spalla come detto dipende in gran parte dal sistema neurologico di controllo, che può essere inteso come coordinazione.

Vari autori hanno identificato diverse funzioni sulle quali è necessario che si verifichi il controllo motorio: Comerford, facendo studi sul rachide, ha individuato muscoli stabilizzatori locali, muscoli stabilizzatori globali e muscoli mobilizzatori globali. I primi, i muscoli stabilizzatori locali, hanno il compito di controllare i movimenti fisiologici e quelli traslatori eccessivi tra le due superfici articolari. Si caratterizzano per l'attivazione continua, atta a garantire un buon centraggio e una buona compattazione dell'articolazione durante qualsiasi movimento. Questi muscoli anticipano il movimento angolare. I secondi, i muscoli stabilizzatori globali, hanno il compito di controllare, attraverso contrazioni eccentriche, la stabilità durante i movimenti di rotazione. Gli ultimi, i muscoli mobilizzatori globali, sono responsabili della produzione di movimento.

Sahrmann analizza gli squilibri muscolari attraverso un'approfondita ispezione della postura e dei movimenti attivi. Un muscolo allungato o accorciato può portare, attraverso modificazioni della forza ad alcuni squilibri dinamici.

Kibler invece, focalizza l'attenzione sulle catene cinetiche e individuando nella scapola i muscoli axio-scapolari che guidano la scapola in modo da evitare compressioni all'interno dell'articolazione gleno-omeroale e il mantenimento degli omero-scapolari ad una lunghezza funzionale.

Il protocollo di Kibler (2002) dedica un'importante attenzione alla disfunzione della scapola e indica che solo in presenza di una efficiente stabilizzazione prossimale lombo-pelvica e scapolare ci può essere un'efficace stabilizzazione dinamica a livello glenoideo.^{vii}

Il controllo neuromuscolare del gesto e la sequenza motoria dello stesso, sono più importanti, nella progressione funzionale, dei parametri di forza, di resistenza ecc..

Possiamo allora dire che il controllo neuromuscolare, la corretta sequenza del gesto, e quindi la coordinazione, sono alla base di ogni progressione funzionale (Sterling 2001^{viii}).

Il movimento volontario come perturbazione dell'equilibrio

Il sistema nervoso centrale percepisce ogni movimento volontario come uno spostamento del centro di massa: quando un'estremità si muove, le forze di reazione che sono imposte alla colonna, agiscono nella direzione uguale e opposta a quella del movimento.

Il controllo posturale preventivo o anticipato è quindi fondamentale per l'esecuzione corretta e la riuscita di tutto il movimento volontario, in quanto fornisce una piattaforma stabile per l'esecuzione del movimento. L'attivazione dei muscoli posturali, che precede l'attivazione dei muscoli per i movimenti volontari del braccio e il ruolo funzionale che tale attivazione ricopre è stata argomento di molte ricerche.

La risposta a questo problema è importante nelle determinazioni delle variabili che il sistema nervoso regola durante il controllo posturale anticipato e come questo controllo venga realizzato.

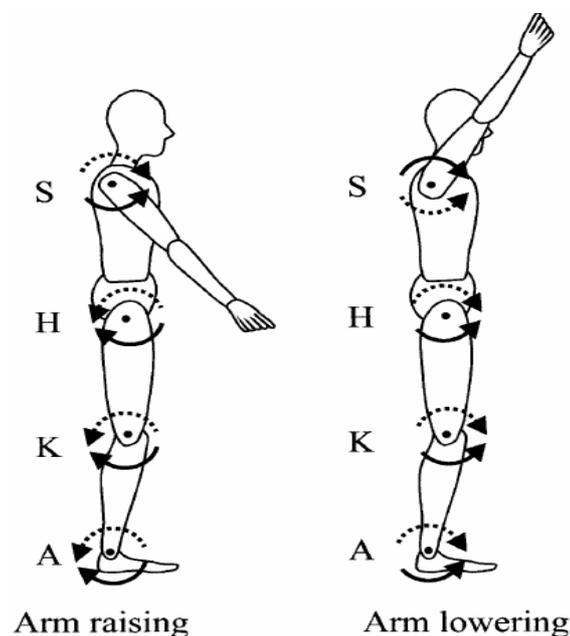
Lo spostamento del centro di massa è la prima perturbazione che il sistema nervoso si trova a dover riequilibrare^{ix}. Oltre la necessità di regolare il centro di massa del corpo intero, l'azione richiesta per generare i movimenti del braccio, provocherà forze e momenti di reazione che agiscono sul resto del corpo: anche tali effetti dovranno quindi essere compensati.

Gli studi eseguiti da Aftab E., Milad G., e David A. Winter^x mettono in evidenza come il controllo del centro di massa sia inizialmente dovuto a forze di reazione passivi mentre il controllo posturale attivo del centro di massa arriva solo successivamente.

L'Inverse dynamics per l'analisi del movimento

Una flessione dell'arto superiore rappresenta una perturbazione del centro di massa per cui tutto il corpo si trova a dover modificare il proprio assetto in funzione della nuova base d'appoggio.

Questa flessione del braccio andrà a determinare movimenti a livello di anca, ginocchio e caviglia che andranno a ristabilire il centro di massa. Nell'immagine, le frecce nere rappresentano gli output dell'analisi dinamica inversa, le frecce tratteggiate rappresentano i momenti nei corrispondenti segmenti adiacenti^{xi}.



Accanto alla necessità di regolare il centro di massa dell'intero corpo, l'azione richiesta per generare i movimenti del braccio risulterà in forze di reazione e momenti agenti sul resto del corpo: gli effetti di questi momenti devono quindi essere compensati.

Se non si verifica un controllo attivo a livello delle varie articolazioni, i momenti di reazione articolare porteranno i segmenti del corpo allo squilibrio.

L'elevazione del braccio inizialmente risulta in un momento estensorio dell'anca, flessorio del ginocchio e plantiflessorio della caviglia. L'abbassamento del braccio, per contro, risulta in una risposta di momento flessorio dell'anca, estensorio del ginocchio e dorsiflessorio della caviglia^{xii}.

Nel momento in cui il controllo del centro di massa diventa attivo, la colonna vertebrale diviene particolarmente suscettibile alle forze di reazione per la sua natura multisegmentale: questo è il motivo per cui, la contrazione muscolare deve necessariamente fornire stabilità alla colonna.

L'attivazione di risposta a livello lombopelvico

In studi eseguiti da Hodge e Richardson^{xiii} la valutazione della muscolatura superficiale del tronco durante il movimento dell'arto superiore hanno rilevato un'iniziale contrazione del retto dell'addome prima dell'estensione e dei muscoli paravertebrali prima della flessione.

Questo indica che il contributo dei muscoli agisce tramite forze di reazione alle domande posturali prodotte dal movimento degli arti.

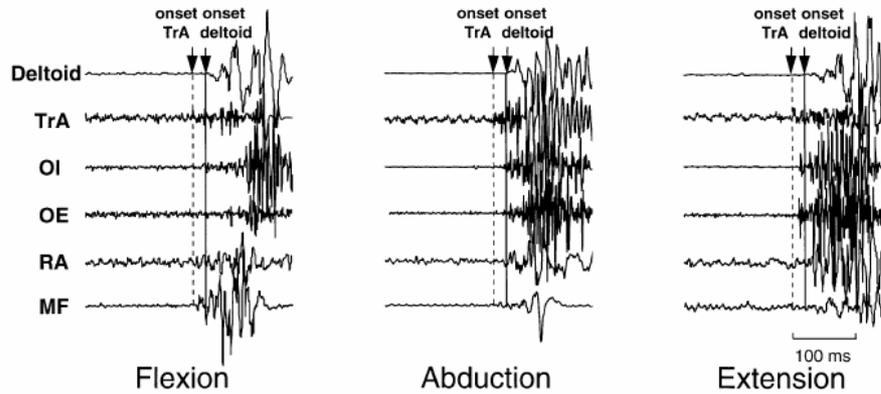
Anche se potenzialmente tutti i muscoli del tronco possono contribuire alla stabilizzazione della colonna, questi recenti studi indicano che il muscolo trasverso dell'addome ha un ruolo cruciale. Infatti la contrazione del trasverso dell'addome precede l'inizio della contrazione di qualunque altro muscolo del tronco, diventando il muscolo stabilizzatore del tronco in vista dell'azione successiva^{xiv}.

Il risultato di questa contrazione è quello di incrementare la tensione sulla fascia toraco-lombare e la produzione di una pressione intra-addominale, che aumentano la stabilità della colonna lombare. La contrazione del trasverso dell'addome determina inoltre una rotazione ipsilaterale della colonna che può aiutare nel controllo delle differenze di rotazione durante il movimento (Cresswell ed altri 1992)^{xv}.

L'identificazione dell'azione del trasverso dell'addome durante il movimento dell'arto superiore è essenziale per la completa comprensione del controllo della colonna in questo tipo di movimento^{xvi}.

Attraverso il grafico è possibile comprendere l'attività di feedforward del

Trasverso:

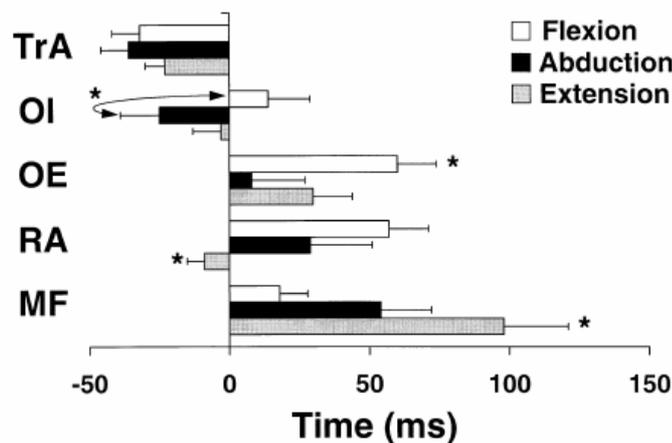


L'attività del deltoide è indicata mediante la linea continua, mentre l'attività del traverso è indicata dalla linea tratteggiata^{xvii}.

Da notare è l'inizio dell'attività EMG del traverso prima di quella del deltoide e degli altri muscoli e il periodo costante tra l'inizio di attività del traverso e del deltoide.

Inoltre si noti il cambiamento della sequenza del retto dell'addome, dell'obliquo esterno e dell'obliquo interno e del multifido lombare avvengono in funzione della direzione di movimento dell'arto superiore.

In questo grafico con T0 viene indicato l'inizio di attività EGM del deltoide.



E' possibile vedere come l'attivazione del traverso avvenga decisamente prima dell'attivazione del deltoide e come le contrazioni dell'obliquo interno, dell'obliquo esterno, del retto dell'addome e multifido lombare non solo siano successive ma dipendenti dalla direzione del movimento^{xviii}.

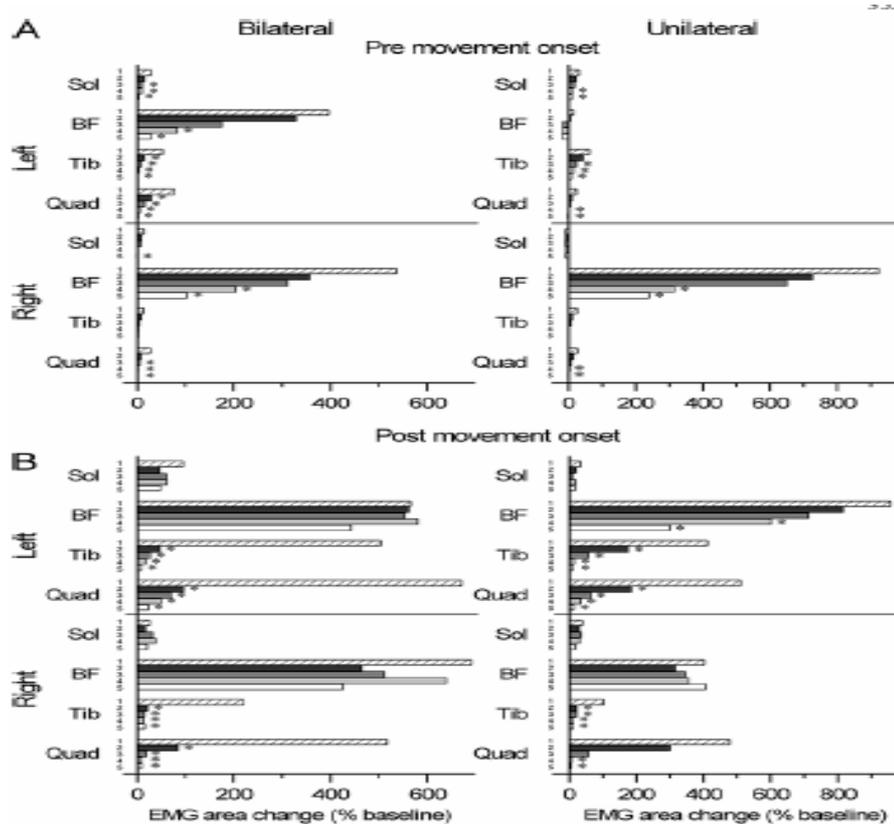
I risultati di questo studio sostengono la proposta che la contrazione dei muscoli prima del movimento di un arto possa contribuire al controllo della stabilità delle

articolazioni adiacenti oltre che al controllo della posizione del centro di gravità all'interno della base di appoggio.

Quando la stabilità della colonna lombare è sfidata da un movimento veloce dell'arto superiore, il trasverso è il primo muscolo del tronco attivo e l'inizio della sua attività non è influenzato significativamente dalla direzione delle forze. E' quindi chiaro come questo muscolo sia determinante nel controllo della stabilità del tronco^{xix}.

Studio degli APAs

Gli aggiustamenti posturali anticipatori, studiati dagli studi di G.Mochizuki, Ivanova e Garland^{xx} avvengono a livello degli arti inferiori con modalità di attivazione della muscolatura degli arti inferiori cambiano nell'eseguire diverse mansioni ma rimangono gli stessi durante le variazioni della stessa operazione. La coordinazione dei muscoli anteriori e posteriori della gamba risponde a perturbazioni unilaterali e bilaterali del braccio a velocità variabili; le modalità sembrano essere determinate e pertanto classificabili^{xxi}.



In questo grafico vengono riportati i valori medi del cambiamento di attivazione nell'area EMG nei 200 ms prima dell'inizio del movimento (A) e nei 200 ms successivi al movimento (B).

I movimenti bilaterali degli arti superiori sono indicati nella colonna sinistra, i movimenti unilaterali nella colonna di destra.

La barra tratteggiata indica una contrazione massimale del 100%, barra nera una contrazione del 75%, la barra grigio scura una contrazione del 50%, la barra grigio chiara una contrazione del 25% e la barra bianca una contrazione del 12,5%.

I numeri a sinistra dell'asse verticale rappresentano la velocità dei movimenti, dove 1 è il movimento più veloce; gli asterischi denotano invece significative differenze nelle velocità dei movimenti.

L'attività elettromiografica dei muscoli posturali è stata mostrata su una scala in ampiezza in accordo con la grandezza della perturbazione.

Questi risultati illustrano l'adattabilità del sistema nervoso centrale alle caratteristiche di un particolare compito che può determinare una perdita di equilibrio^{xxii}.

Quindi le strategie di controllo posturale utilizzate per compiere compiti differenti comprende una modulazione sistematica della grandezza e della risposta EMG anticipatoria con una minore modulazione nel timing dei bursts muscolari.

Questi risultati suggeriscono che ogni soggetto impara una particolare strategia per mantenere l'equilibrio, che questa strategia non può essere cambiata se non quando i compiti lo condizionano^{xxiii}.

Inoltre è stato notato da Aruin e Shiratori^{xxiv} che gli APA nei muscoli del tronco e delle gambe non cambiano in rapporto all'incremento o ad una diminuzione di ampiezza del compito richiesto bensì variano in rapporto alla richiesta di esecuzione di compiti diversi.

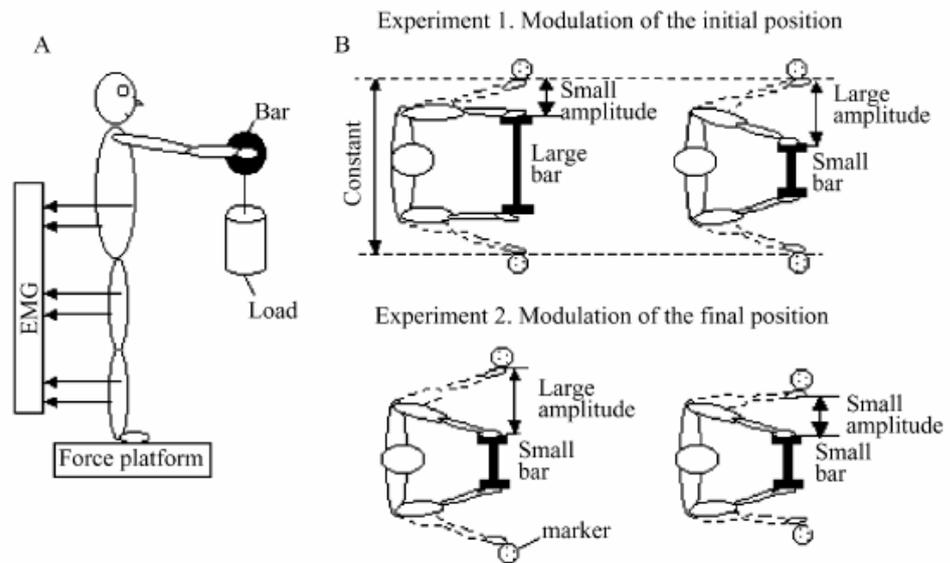
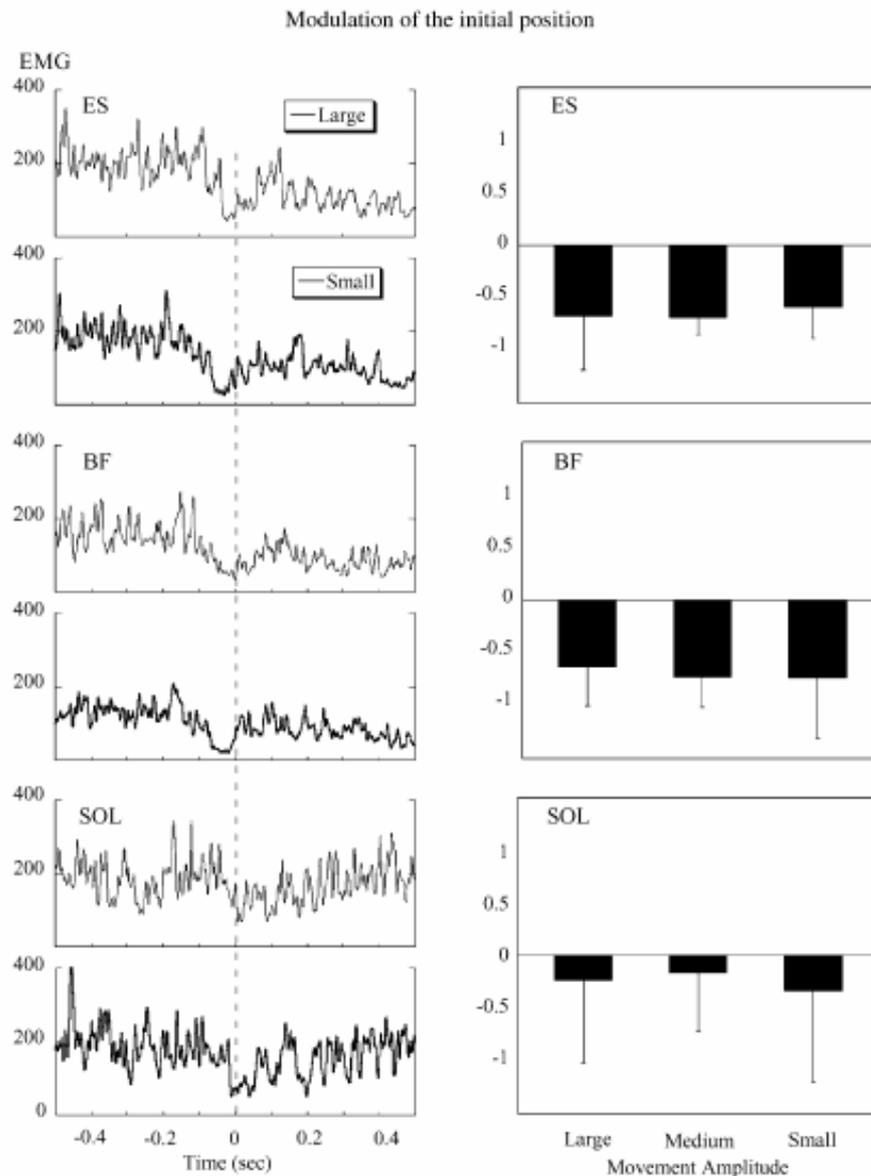


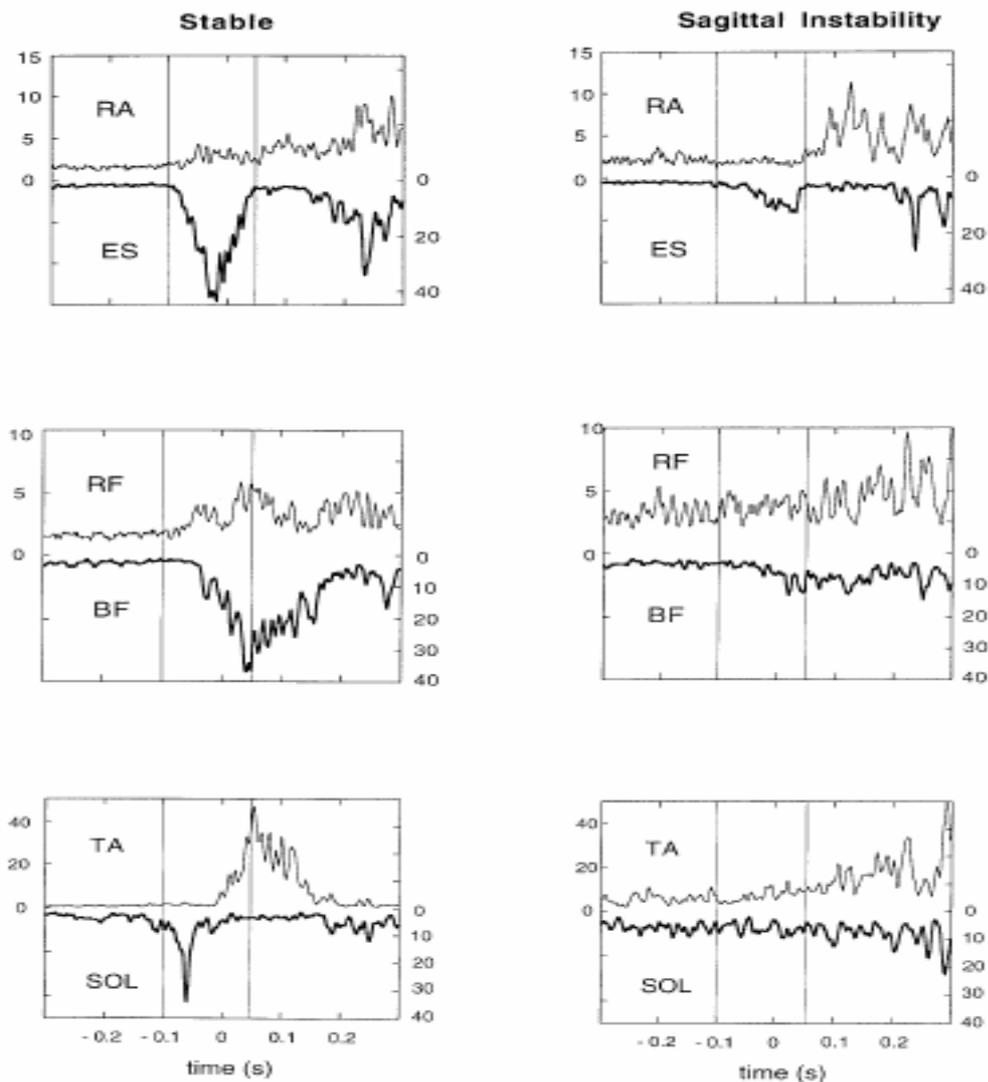
Fig. 1. The experimental set-up. (A) Lateral view of the subject. (B) View of the subject from above.



Com'è stato detto precedentemente i movimenti posturali anticipatori sono reazioni di attivazione posturale indotte dal sistema nervoso centrale per sopperire a due problemi:

1. Il mantenimento dell'equilibrio che la proiezione del relativo centro di massa provocherebbe se oltrepassasse la zona piuttosto piccola della base di appoggio.
2. Le forze di torsione e i cambiamenti della geometria del corpo che si presentano durante l'esecuzione di un movimento volontario.

In studi Harm Slijer e Mark Latash^{xxv} sono stati presi in considerazione gli effetti di una base di appoggio instabile e di un supporto addizionale della mano sugli APA dei muscoli di gambe e tronco:



Si nota una riduzione degli APAS nel caso in cui venga aggiunto il tocco di una barra che riporta i soggetti ad una condizione di maggior stabilità, che non cambiano significativamente a livello delle gambe e del tronco quando dal semplice tocco si passa ad una presa meccanicamente funzionale della mano, ma hanno variazioni significative a livello degli arti superiori^{xxvi}.

Le catene cinetiche

Molti autori^{xxvii xxviii xxixxxx} concordano nella visione della spalla nell'ambito di una catena cinetica e si rivolgono allo studio della spalla mediante un approccio funzionale prossimo-distale. Il tronco, quale segmento prossimale piuttosto che il braccio, segmento distale, agisce come "inziator" del movimento della spalla.

Il corpo umano è un sistema pluriarticolare all'interno del quale i segmenti differenti interagiscono tra loro; la cinematica di una data articolazione dipende non solo dall'azione netta dei muscoli di quell'articolazione ma anche dagli scambi di energia che avvengono all'interno delle diverse catene posturali^{xxxix}.

Se il movimento volontario è considerato una perturbazione dell'equilibrio del corpo, questa perturbazione deve dipendere non solo dai parametri del movimento ma anche dalla posizione rispetto all'asse del corpo.

Il concetto di asimmetria dinamica proposto da Zattera e Bouisset^{xxxii} prende in considerazione gli effetti generati dal movimento volontario sulle strutture del corpo.

La perturbazione, può essere generata da due fattori: uno che corrisponde alla forza risultante e l'altro dal momento risultante del centro di gravità.

E' chiaro perciò come i movimenti unilaterali inducano una perturbazione asimmetrica contrariamente ai movimenti bilaterali che diventano fattori stabilizzanti in quanto neutralizzano l'effetto della perturbazione del movimento intorno all'asse verticale del corpo: un modello posturale diagonale realizza quindi una condizione ottimale.

Le catene muscolari agoniste, che prendono il via dagli arti inferiori devono garantire un'azione coordinata nel tempo e nello spazio, che conduca all'arto superiore attraverso il tronco.

Esse non possono prescindere da una situazione di funzionalità del cingolo pelvico, che è in gran parte rappresentata dalla sua stabilità dinamica e da una corretta azione delle catene muscolari agoniste^{xxxiii}. Alcune ipotesi suggeriscono che gli APAs generino forze di accelerazione sul centro di massa per passare da una postura ad un'altra^{xxxiv}.

E' quindi lecito supporre che il sistema nervoso centrale utilizzi attività anticipatorie asimmetriche delle muscolatura dell'emilato destro e sinistro per ruotare il corpo nella direzione opposta alla rotazione generata dalla perturbazione indotta dal movimento delle braccia.

Le diagonali e il momento torcente come fattori stabilizzanti

E' chiaro che il corpo umano è un sistema pluriarticolare all'interno del quale i segmenti differenti interagiscono tra loro; la cinematica di una data articolazione dipende non solo dall'azione netta dei muscoli di quell'articolazione ma anche dagli scambi di energia che avvengono all'interno delle diverse catene posturali^{xxxv}.

Se il movimento volontario è considerato una perturbazione dell'equilibrio^{xxxvi} del corpo, questa perturbazione deve dipendere non solo dai parametri del movimento ma anche dalla posizione rispetto all'asse del corpo.

Il concetto di asimmetria dinamica proposto da Zattera e Bouisset^{xxxvii} prende in considerazione gli effetti generati dal movimento volontario sulle strutture del corpo.

Quindi la perturbazione può essere generata da due fattori: uno che corrisponde alla forza risultante e l'altro dal momento risultante del centro di gravità.

Un'altra importante variabile della cinetica è rappresentata dall'accelerazione. L'accelerazione di un segmento corporeo è il risultato di un'interazione fra le forze muscolari esercitate, le forze di gravità e le forze di reazione.

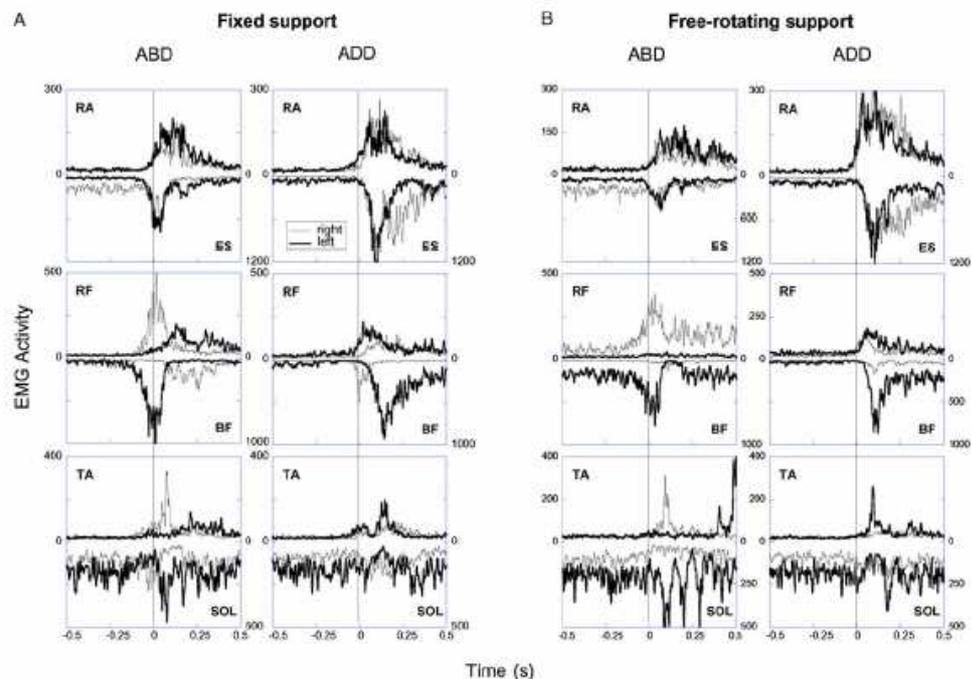
Le relazioni tra le accelerazioni anticipatorie provenienti da diversi siti e il picco di velocità del movimento conseguente sono sempre lineari ma le tracce dipendono dalle condizioni di carico inerziale. Esistono relazioni intersegmentali lineari fra le accelerazioni anticipatorie, il grafico dei quali non dipende dal carico inerziale. Questa non dipendenza suggerisce che se gli APAs precedono l'inizio del movimento volontario, le dinamiche posturali devono essere determinate a livello centrale come una funzione dei parametri del movimento prefissato e le forze esterne applicate al corpo^{xxxviii}.

I presenti risultati forniscono nuova evidenza in termini di cinematica che vi sono gerarchie molto semplici che definiscono l'aumento del risultato motorio (motor output), regole che riducono il numero di possibili soluzioni e semplificano il processo di controllo in accordo con l'idea di Bernstein (il massimo della naturalezza è il massimo dell'artificio- Mirone).

E' chiaro perciò come i movimenti unilaterali inducano una perturbazione asimmetrica contrariamente ai movimenti bilaterali che diventano fattori stabilizzanti in quanto neutralizzano l'effetto della perturbazione del movimento intorno all'asse verticale del corpo: un modello posturale diagonale realizza quindi una condizione ottimale^{xxxix}.

Un altro aspetto interessante è vedere che gli APA che avvengono a livello del tronco e delle gambe su di una piattaforma fissa, mettono in evidenza una chiara asimmetria tra attivazione muscolare dell'emilato destro e sinistro che si può osservare nel bicipite femorale e nel soleo durante l'esecuzione di compiti non specifici. Tale differenza di attivazione decresce in modo visibile se i movimenti vengono eseguiti su una pedana in rotazione^{xl}:

| TASKS | MOVEMENT DIRECTIONS |
|--|---------------------|
| Simultaneous right/left shoulder movements | |
| Unilateral horizontal shoulder movements | |



Alcune ipotesi suggeriscono che gli APAs generino forze di accelerazione sul centro di massa per passare da una postura ad un'altra.

E' quindi lecito supporre che il sistema nervoso centrale utilizzi attività anticipatorie asimmetriche delle muscolatura dell'emilato destro e sinistro per ruotare il corpo nella direzione opposta alla rotazione generata dalla perturbazione indotta dal movimento delle braccia^{xli}.

La rotazione diventa quindi un fattore stabilizzante^{xlii} e come tale viene utilizzato dal sistema nervoso al pari del movimento lungo assi diagonali.

Conclusioni

I requisiti per assicurare la stabilità dinamica della spalla dipendono dagli equilibri muscolari (muscoli stabilizzatori locali e motori), dalla coordinazione (muscoli agonisti-antagonisti, variabili spazio-temporali), quest'ultima strettamente connessa con la propriocezione.

Se il movimento volontario è considerato una perturbazione dell'equilibrio del corpo, questa perturbazione deve dipendere non solo dai parametri del movimento ma anche dalla posizione rispetto all'asse del corpo.

Il controllo posturale preventivo o anticipato è quindi fondamentale per l'esecuzione corretta e la riuscita di tutto il movimento volontario, in quanto fornisce una piattaforma stabile per l'esecuzione del movimento.

Il concetto di asimmetria dinamica proposto da Zattera e Bouisset prende in considerazione gli effetti generati dal movimento volontario sulle strutture del corpo.

La perturbazione può essere generata da due fattori: uno che corrisponde alla forza risultante e l'altro dal momento risultante del centro di gravità.

Le condizioni di equilibrio muscolare, possono distinguersi in globali e distrettuali; a livello globale, le catene muscolari agoniste, che prendono il via dagli arti inferiori devono garantire un'azione coordinata nel tempo e nello spazio, che conduca all'arto superiore attraverso il tronco.

Esse non possono prescindere da una situazione di funzionalità del cingolo pelvico, che è in gran parte rappresentata dalla sua stabilità dinamica e da una corretta azione delle catene muscolari agoniste^{xliii}.

A livello distrettuale, le catene cinetiche effettrici del cingolo scapolare, cioè i muscoli toraco-appendicolari e spino-appendicolari, devono poggiare su una situazione di stabilità prossimale, per garantire un equilibrio tra catena stabilizzatrice ed effettrice (Jobe, 1998; Kibler, 1991; Saha, 1983)^{xliv xlv xlvi}.

La presenza nel gesto della componente rotatoria globale e locale sembrerebbe garantire il massimo compromesso tra l'efficacia del movimento e il controllo dell'equilibrio corporeo.

La corretta esecuzione del movimento richiede un continuo allineamento del corpo intorno al proprio asse istantaneo grazie alle diagonali e il mantenimento dell'equilibrio dinamico grazie alla rotazione armonica del corpo intorno all'asse stesso.

Se ciò non si verifica, in presenza di uno scorretto reclutamento prossimo distale con insufficiente produzione di forza da parte delle catene muscolari prossimali, si va incontro ad un sovraccarico delle strutture scapolo-omerale^{xlvii}.

Bibliografia

-
- ⁱ Cromford: functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction
- ⁱⁱ Bender M. Case study. *Manual therapy* 2: 107-110, 1996
- ⁱⁱⁱ A.Fusco, A.Foglia, F.Musarra e all. *La spalla nello sportivo*, pag 55-56, Masson 2005
- ^{iv} Aftab E. Patla, Milad G. Ishac, David A. Winter: anticipatory control of center of mass and joint stability during voluntary arm movement from a standing posture: interplay between active and passive control
- ^v Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{vi} A.Fusco, A.Foglia, F.Musarra e all. *La spalla nello sportivo*, pag 55-56, Masson 2005
- ^{vii} A.Fusco, A.Foglia, F.Musarra e all. *La spalla nello sportivo*, pag 293-294-295-296, Masson 2005
- ^{viii} Syterling M., Jull G., Wright A. The effect of musculoskeletal pain on motor activity and control. *J. Pain* 2(3): 135-145, 2001.
- ^{ix} Aftab E. Patla, Milad G. Ishac, David A. Winter: anticipatory control of center of mass and joint stability during voluntary arm movement from a standing posture: interplay between active and passive control
- ^x Aftab E. Patla, Milad G. Ishac, David A. Winter: anticipatory control of center of mass and joint stability during voluntary arm movement from a standing posture: interplay between active and passive control
- ^{xi} Aftab E. Patla, Milad G. Ishac, David A. Winter: anticipatory control of center of mass and joint stability during voluntary arm movement from a standing posture: interplay between active and passive control
- ^{xii} Aftab E. Patla, Milad G. Ishac, David A. Winter: anticipatory control of center of mass and joint stability during voluntary arm movement from a standing posture: interplay between active and passive control
- ^{xiii} Hodges e Richardson: feedforward contraction of *trasversus abdominis* is not influenced by the direction of arm movement
- ^{xiv} Hodges e Richardson: feedforward contraction of *trasversus abdominis* is not influenced by the direction of arm movement

-
- ^{xv} Cresswell AG, Grundstrom H., Thorstensson A 1992 Observations on intra-abdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. *Acta Physiologica Scandinavica* 144:409-418
- ^{xvi} Hodges e Richardson: feedforward contraction of *trasmversus abdominis* is not influenced by the direction of arm movement
- ^{xvii} Cresswell AG, Oddsson L, Thorstensson A (1993) The influence of sudden perturbations on trunk muscle activity and intra-abdominal pressure while standing. *Exp Brain Res* 98:336-341
- ^{xviii} Hodges e Richardson: feedforward contraction of *trasmversus abdominis* is not influenced by the direction of arm movement
- ^{xix} Hodges e Richardson: feedforward contraction of *trasmversus abdominis* is not influenced by the direction of arm movement
- ^{xx} Mochizuki, Ivanova e Garland: postural muscle activity durino bilateral and unilateral arm movements at different speed
- ^{xxi} Mochizuki, Ivanova e Garland: postural muscle activity durino bilateral and unilateral arm movements at different speed
- ^{xxii} Mochizuki, Ivanova e Garland: postural muscle activity durino bilateral and unilateral arm movements at different speed
- ^{xxiii} Mochizuki, Ivanova e Garland: postural muscle activity durino bilateral and unilateral arm movements at different speed
- ^{xxiv} Aruin A, Stiratori T. The effect of the amplitude of motor action on anticipatory postural adjustment
- ^{xxv} Harm Slijper, Marc Latash The effect of instability and additional hand support on anticipatory postural adjustment in leg, trunk and arm muscles during standing
- ^{xxvi} Harm Slijper, Marc Latash The effect of instability and additional hand support on anticipatory postural adjustment in leg, trunk and arm muscles during standing
- ^{xxvii} Cordo PG, Nashner LM. Properties of postural adjustment associated whit rapid arm movements
- ^{xxviii} Zattera M, Bouisset S. posturo-kinetic organisation durino the early phase of voluntary upper limb movement, 1: normal subjects. *J Neurol neurosurg Psychiatry*. 1988;51:956-965
- ^{xxix} Voss DE. Proprioceptive neuromuscular facilitation in the treatment of shoulder disabilities. *Phis Ther Rev* 1953;33:536-541.
- ^{xxx} Kabat H. The role of central facilitation in restoration of motor function in paralysis. *Arch Phys Med*. 1952;33:521-533.

-
- ^{xxx}ⁱ Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{xxx}ⁱⁱ Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{xxx}ⁱⁱⁱ A.Fusco, A.Foglia, F.Musarra e all. La spalla nello sportivo, pag 55-56,Masson 2005
- ^{xxx}^{iv} Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{xxx}^v Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{xxx}^{vi} Aftab E. Patla, Milad G. Ishac, David A. Winter: anticipatory control of center of mass and joint stability during voluntary arm movement from a standing posture: interplay between active and passive control
- ^{xxx}^{vii} Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{xxx}^{viii} Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{xxx}^{ix} Simon Bouisset, James Richardson, Maurice Zattera. Do anticipatory postural adjustments occurring in different segments of the postural chain follow the same organisational rule for different task movement velocities, independently of the inertial load value?
- ^{xl} T. Shiratory, A. Aruin. Anticipatory postural adjustments associated with rotational perturbations while standing on fixed and free rotating supports
- ^{xli} Harm Slijper, Marc Latash The effect of instability and additional hand support on anticipatory postural adjustment in leg, trunk and arm muscles during standing
- ^{xlii} T. Shiratory, A. Aruin. Anticipatory postural adjustments associated with rotational perturbations while standing on fixed and free rotating supports
- ^{xliii} A.Fusco, A.Foglia, F.Musarra e all. La spalla nello sportivo, pag 55-56,Masson 2005
- ^{xliv} Jobe F.W., PINK M. Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete. *J.Ortop.Sports Phys. Ther.* 18(2): 427-432, 1993.

^{xlv} Kibler W.B., McMullen J., UHL T. Shoulder rehabilitation strategies, guidelines, and practice. *Orthop. Clini. N. Am.* 32(3):527-538,2001.

^{xlvi} Saha A.K. dynamic stability of the glenohumeral joint. *Acta Orthop. Scand.* 42:491-505,1971.

^{xlvii} A.Fusco, A.Foglia, F.Musarra e all. *La spalla nello sportivo*, pag 55-56,Masson 2005