

• **INDICE**

•	PREFAZIONE.....	3
•	CAPITOLO 1: LA REGIONE DEL "CORE" E LE MODALITA' DI "CORE TRAINING".....	5
	1.1 IL CONCETTO DI "CORE".....	5
	1.2 ASPETTI ANATOMICI.....	6
	1.2.1 SOTTOSISTEMA PASSIVO.....	7
	1.2.2 SOTTOSISTEMA ATTIVO.....	8
	1.2.3 SOTTOSISTEMA NEURALE.....	15
	1.3 ASPETTI FISIOLGICI.....	16
	1.4 STABILITY O STRENGHT.....	18
	1.5 CORE STABILITY TRAINING.....	20
	1.6 SETTORE RIEDUCATIVO.....	24
	1.7 SETTORE SPORTIVO: SCI ALPINO.....	27
	1.8 FUNZIONE D'INTERIORIZZAZIONE E CORE.....	29
	1.9 RUOLO DELLE INFORMAZIONI PROPRIOCETTIVE E MECCANISMI DI CONTROLLO.....	31
	1.10 LE AZIONI MUSCOLARI ATTIVE NEL MANTENIMENTO DELLA STAZIONE ERETTA.....	35
	1.10.1 AZIONE DEI MUSCOLI ISCHIO-TIBIALI.....	36
	1.11 POSTURA E CARATTERE.....	38
•	CAPITOLO 2: L'UTILIZZO DI SUPERFICI INSTABILI COME ALLENAMENTO NELLO SCI ALPINO.....	39
	2.1 LOCOMOZIONE E PRESTAZIONE NELLO SCI ALPINO.....	40
	2.2 EFFETTI FUNZIONALI DELL'INSTABILITA'.....	45
	2.3 L'ALLENAMENTO DELLA MUSCOLATURA DEL TRONCO IN CONDIZIONI DI INSTABILITA': EFFETTI SULLA REGIONE DEL "CORE".....	48
	2.4 PROPRIOCEZIONE POST-INFORTUNIO NELLO SCI ALPINO.....	52
	2.5 METODI PRINCIPALI PER IL CONTROLLO PROPRIOCETTIVO.....	55
	2.6 IL CONTROLLO POSTURALE TRAMITE ALLENAMENTO SU SLACKLINE.....	60
	2.7 APPLICAZIONI PRATICHE NELLA PREPARAZIONE FISICA DELLO SCIATORE DI LIVELLO.....	62
	2.7.1 CICUITS TRAINING.....	63

- CAPITOLO 3: RISPOSTE DELLE STRUTTURE MUSCOLARI DEL CORE
E STUDI SULLA CORE STABILITY.....73
 - 3.1 VALUTAZIONI ELLETTROMIOGRAFICHE DELLA "CORE MUSCOLATURE".....73
 - 3.2 AGGIUSTAMENTI POSTURALI E CORE.....78

- CONCLUSIONE.....82

- BIBLIOGRAFIA.....84

- **PREFAZIONE**

A partire dagli anni 50' lo studio della muscolatura addominale ed il ruolo che ricopre nello stabilizzare la colonna, nonché l'importante influenza nella prevenzione e rieducazione di problematiche e patologie legate al rachide, ha avuto uno sviluppo notevole. L'incremento di una particolare forma di attenzione percettiva che collega la propriocezione al core, permette un'analisi specifica del collegamento cinestesico esistente tra l'addome e le funzioni di aggiustamento corporeo, fondamentali per un programma di training.

Nel corso dei decenni l'evoluzione negli studi scientifici è stata importante ed ha raggiunto livelli di rilievo, anche grazie alle innovazioni tecnologiche. Proprio in questo ambito la ricerca di un efficace strumento in grado d'indagare al meglio le strutture muscolari e la funzionalità delle stesse ha portato l'elettromiografia di superficie (EMG), ossia lo studio e l'analisi del segnale mioelettrico, ad essere l'elemento base e comune di numerosi anni di ricerca e di studio, volti a conoscere in modo più scientifico la funzione della regione addominale.

La letteratura scientifica ha fondato le sue basi partendo dall'indagine descrittiva degli interventi muscolari durante specifici esercizi fisici, passando per l'analisi degli effetti di un allenamento rivolto alla muscolatura del tronco secondo le più svariate metodologie e cercando di identificarne i parametri ottimali per il raggiungimento di obiettivi preventivi, rieducativi e/o allenanti.

L'interesse negli ultimi anni si è spostato verso una visione globale del corpo umano, in cui l'allenamento specifico del movimento tende a sostituire il condizionamento del singolo muscolo, soprattutto nelle discipline più varie e dinamiche come ad esempio lo sci alpino, nel quale si assiste ogni anno alla crescita di tecnica, di materiali ed attrezzature, così come la nuova concezione di regione addominale, racchiusa nel termine "core region" o "core musculature", pone le basi nella visione globale è più solida della muscolatura addominale. Lo scopo di ciò è quello di raggiungere

l'equilibrio e la percezione di un sistema, all'interno del quale i singoli componenti interagiscono in modo sinergico verso una direzione specifica.

Il centro funzionale del corpo (core) con i suoi collegamenti profondi, superiori ed inferiori, permette un controllo motorio e propriocettivo più efficace ed ha raggiunto così gli apici di molti studi, alcuni dei quali citati nella tesi, attorno ai quali si sta sviluppando una vera e propria scienza di "core training" in grado di rivoluzionare numerose metodologie di allenamento, assumendo un ruolo cardine in tutti i settori dell'attività motoria.

L'obiettivo di questa tesi è quello di analizzare le conoscenze inerenti al "core" e presentare l'applicazione funzionale dell'allenamento di tale zona, nell'ambito sportivo dello sci alpino, con approfondimenti a livello di propriocettività. Rappresenta a mio avviso un lavoro importante che può rendere migliori e più efficaci i programmi di allenamento e supportare con valori specifici coloro che come me, sono allenatori federali di sci alpino, oltre che tutte le categorie del settore interessate e toccate dagli argomenti trattati, partendo da quella dei chinesologi.

La tesi si suddivide in tre parti, comunque collegate tra di loro, con una prima parte nella quale verranno presentate, con descrizioni anatomiche e funzionali dettagliate, le risposte muscolari della zona addominale, i sistemi che le regolano, la pratica di esercizi comuni e basilari svolti su superfici instabili e la propriocezione con riferimento alla regione del core.

In seguito, verranno invece analizzati gli effetti di un programma specifico di "core training" tramite l'utilizzo di attrezzi instabili e con applicazioni metodologiche legate alla performance nello sci alpino, di cui ne vengono descritte le caratteristiche in termini biomeccanici e prestativi.

L'ultima porzione riguarda aspetti di vario tipo, specifici per l'indagine funzionale della muscolatura del core, in riferimento anche alla stabilità della colonna e alcuni concetti sull'aggiustamento posturale.

- **CAPITOLO 1: LA REGIONE DEL "CORE" E LE MODALITA' DI "CORE TRAINING"**

1.1 IL CONCETTO DI "CORE"

Il termine "core" è stato al centro dell'attenzione di molti media e riviste scientifiche dalla fine dello scorso decennio ad oggi. Tuttavia, una precisa definizione del concetto non è chiara o universalmente condivisa e assume diversi significati relativamente al contesto e all'interpretazione degli autori. In passato il core è stato descritto come un "box cilindrico" composto dai muscoli addominali anteriormente, glutei e paraspinali posteriormente, diaframma come parte superiore e pavimento pelvico/articolazione dell'anca come base inferiore.

Willson et al. hanno ampliato tale concetto definendolo come "il complesso lombo-pelvico formato da colonna vertebrale lombare, bacino, articolazione dell'anca e da tutti i muscoli che producono o limitano i movimenti di questi segmenti".

Fig analizzandolo nel settore sportivo, vede il "core" come "l'insieme di tutte le componenti anatomiche tra sterno e ginocchia con focus su regione addominale, low back e anche", supportato in tale idea da altri ricercatori (72,77) del medesimo ambito, i quali evidenziano come la "muscolatura del core" debba includere "tutti i muscoli compresi tra spalle e pelvi che agiscono per il trasferimento di forze dalla colonna alle estremità". Rappresenta il centro delle varie catene muscolari e consente una sinergica azione di collegamento e supporto reciproco tra tratto assile e tratti appendicolari.

In passato Joseph Pilates, ideatore del medesimo metodo oggi tanto diffuso, aveva denominato "powerhouse" l'attuale "core region", intendendola come elemento portante nella generazione di tutti i movimenti.

L'importanza della regione in questione è dunque focale e primaria nella capacità di mantenere un'adeguata stabilità funzionale e un efficiente controllo neuromuscolare

nella regione lombo – pelvica e nella prevenzione e recupero di patologie muscolari e/o scheletriche, nella postura e nel miglioramento della performance.

1.2 ASPETTI ANATOMICI

I modelli morfologici e strutturali che definiscono la regione del core sono molteplici in base all'ambito che può essere quello sportivo o riabilitativo.

Il core protegge il rachide e le strutture nervose durante i carichi di lavoro (82), garantisce la stabilità prossimale per assicurare la motilità distale (42) e agisce come base anatomica per il movimento dei segmenti distali, infatti numerosi muscoli che agiscono come motori (2) primari o come stabilizzatori, hanno inserzioni su pelvi e colonna, costituendo un nucleo centrale di profonda importanza, chiamato "core muscolature".

Tuttavia, una corretta comprensione anatomica di tale regione deve includere anche lo scheletro assiale (articolazione di anche e spalle comprese) ed i tessuti connettivi (tendini, legamenti, fasce) aventi un'inserzione prossimale sul rachide, indipendentemente dal loro decorso distale sul rachide stesso o segmenti assili (10).

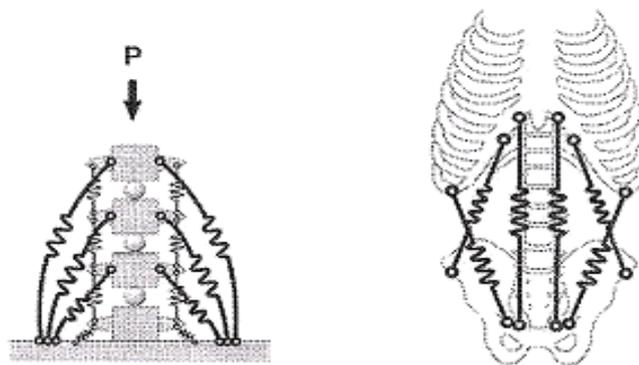


Fig. 1 – L'irrigidimento della colonna (e la sua stabilità) si raggiunge grazie ad una complessa interazione di contrazioni tra le strutture lungo la colonna stessa (immagine di sx) e quelle che formano le pareti del torso (immagine a dx).

Esistono tre elementi cruciali che garantiscono il funzionamento ottimale della colonna vertebrale e che assolvono a due funzioni, mobilità e stabilità, apparentemente contrastanti, ma invece complementari e sinergiche per la stabilizzazione dinamica del rachide normale, che sono il sottosistema passivo, il sottosistema attivo e il sottosistema di controllo neuromuscolare e propriocettivo.

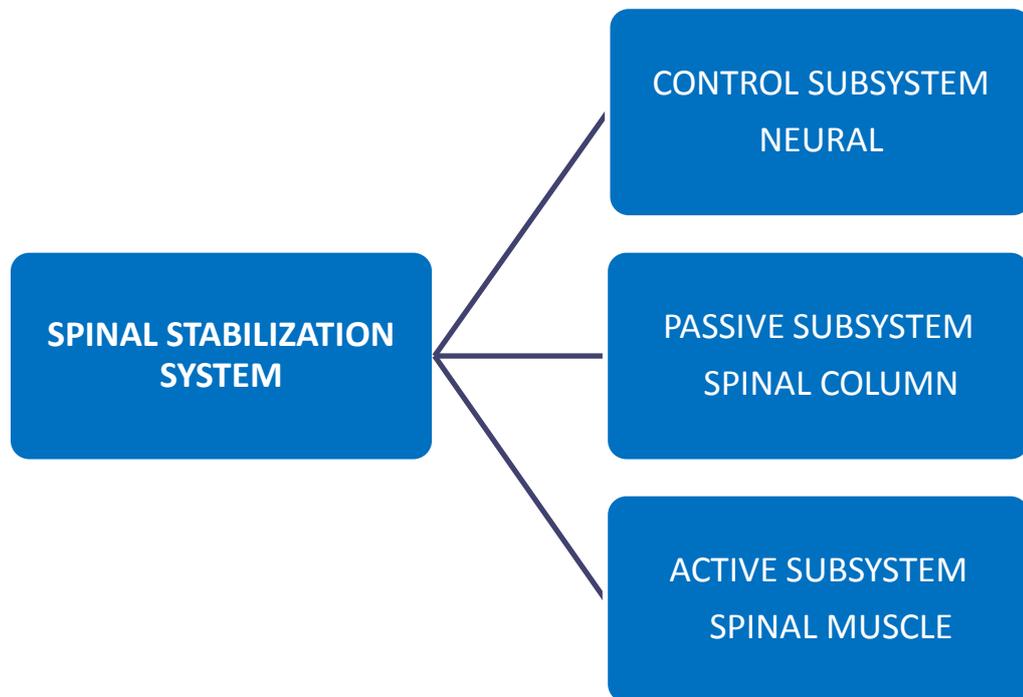


Fig. 2 – Spinal Stabilization System

1.2.1 SOTTOSISTEMA PASSIVO

E' formato dalle superfici ossee, dal disco, dai legamenti vertebrali, dalle articolazioni zigo – apofisarie, che con la loro morfologia ed i loro rapporti articolari stabiliscono la forma e la funzione cosiddetta osteo ed artrocinematica.

Tale sistema risulta importante alla fine della "zona neutrale", ossia quella parte del ROM (Range Of Motion) fisiologico intervertebrale, in cui il movimento viene prodotto con la minima resistenza interna (64) e che, in caso di patologie degenerative o disfunzionali, comporta un notevole incremento di tensione delle strutture connettive.

In esso, i legamenti vertebrali possiedono numerosi propriocettori in grado di informare il sistema nervoso centrale circa la posizione e il movimento della colonna vertebrale, costituendo così un feedback sensoriale fondamentale per stimolare gli specifici pattern neuromuscolari del core.

Se considerato isolatamente dagli altri due sottosistemi ha un potenziale limitato nella stabilizzazione lombo – pelvica, tollerando fino a circa 90 N (64), ovvero un carico ben inferiore a quelli normalmente richiesti nella pratica quotidiana o nell'attività sportiva.

All'interno di questo sottosistema un ruolo primario è svolto dalla fascia toraco – lombare, una utile "cintura naturale" situata nella zona posteriore del tronco, che collega arti inferiori e superiori. Vista la sua intima relazione con il muscolo trasverso dell'addome, essa sostiene la zona lombare del rachide e la muscolatura addominale, intervenendo come "propriocettore attivo" nei meccanismi di regolazione nervosa.

1.2.2 SOTTOSISTEMA ATTIVO

Tale sottosistema è costituito da tutte le strutture muscolo – tendinee che agiscono sul complesso lombo pelvico. In particolare Bergmark (13) ha classificato tali strutture in:

- Locali: muscoli profondi e piccoli che agiscono da stabilizzatori locali o segmentari, adesi alla vertebra ed alle articolazioni posteriori, sono muscoli mono – articolari, che raramente attraversano più di due segmenti in moto, molto corti quindi, che sono controllati da fibre nervose toniche. Effettuano contrazioni lente non ad alta intensità, vengono utilizzati per la stabilizzazione e le posture prolungate, che talvolta sono una parte di un gruppo muscolare più grande ed hanno un'importante funzione propriocettiva lavorando in co – contrazione con il trasverso dell'addome.

- Globali: muscoli più superficiali e mobilizzatori globali, che s'inseriscono su anche e pelvi influenzando l'orientamento della colonna nello spazio e le forze esterne che agiscono su di essa. Sono muscoli plurisegmentari che possono attraversare più distretti rachidei, molto lunghi e controllati da fibre fasiche deputate al movimento, effettuando contrazioni anche ad alta intensità che permettono alla colonna di sopportare carichi statico – dinamici anche molto elevati.

A tali livelli si generano differenze di tensione elevate che consentono di mantenere un'adeguata stiffness vertebrale, assicurando stabilità e motilità al sistema.

I gruppi muscolari devono integrarsi correttamente e funzionare in modo adeguato perché sia conservato il mantenimento della postura e dell'assorbimento delle forze, così come la motilità.

La classificazione dei sottosistemi è stata ampliata da Gibbons e Comerford (26), relativamente alla funzione, nella quale i muscoli stabilizzatori locali e globali hanno caratteristiche distintive.

Gli stabilizzatori globali controllano continuamente la posizione del rachide lombare modificando la stiffness (al pari del modello di Punjabi), mentre gli stabilizzatori globali generano forze per controllare il range of motion (ROM), producendo movimento in condizioni di stabilità, principalmente con un lavoro eccentrico di decelerazione sul piano trasverso, mentre i mobilizzatori globali generano forze per permettere movimenti di ROM elevato, tramite un lavoro concentrico per produrre forza ed uno eccentrico per decelerare carichi importanti.

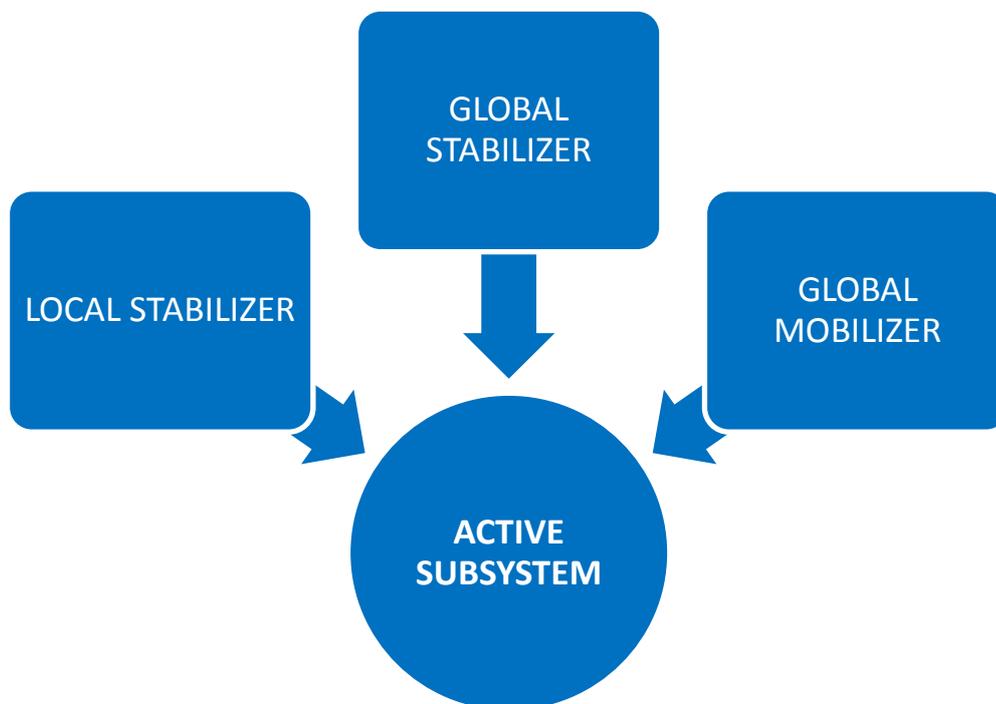


Fig. 3.1 e 3.2 – Classificazione e Strutture Muscolari del Sottosistema Attivo

LOCAL STABILIZER	GLOBAL STABILIZER	GLOBAL MOBILIZER
<ul style="list-style-type: none"> - Trasverso addominale - Multifido, interspinali - Psoas (fasci posteriori) - Diaframma - muscoli pavimento pelvico 	<ul style="list-style-type: none"> - Obliquo esterno - Obliquo interno - Gluteo medio - Quadrato dei lombi (fasci profondi) 	<ul style="list-style-type: none"> - Retto addominale - Ileocostale - Piriforme - Quadrato dei lombi (fascio ileo-costale) - Muscoli bi-articolari dell'anca

Molti studi confermano l'importanza della componente muscolare, sottolineando come il contributo di ciascun muscolo cambi continuamente all'interno di un compito motorio, così da rendere la discussione, circa quale sia quello più importante, una semplice osservazione transitoria che si evolve nel tempo (52), dato il fatto che le muscolature, a livello sia locale che globale, devono lavorare insieme per creare stabilità dinamica ed efficienti movimenti multiplanari a beneficio del rachide (23).

Nello sviluppo e nella cura della muscolatura, tramite esercizio, bisogna porre molta attenzione alla sufficiente funzionalità dei muscoli locali, senza eccedere con il training della muscolatura globale, per non creare una situazione di disequilibrio, in cui gli elevati livelli di forza prodotta non possono essere controllati segmentariamente.

L'approccio globale alla "core muscolature" risulta fondamentale durante la pianificazione di un protocollo di lavoro, senza però escludere l'indagine analitica dei singoli muscoli, ed in particolare dei muscoli addominali (retto addominale, obliquo esterno, obliquo interno e trasverso dell'addome) e paraspinali (erettori spinali toracici e lombari, tra cui ileo costale e lunghissimo, muscoli profondi del rachide, tra cui rotatori, intra – trasversali e multifido) che rappresentano una componente vitale del core, risultando i più studiati e dibattuti (3,31,42,23).

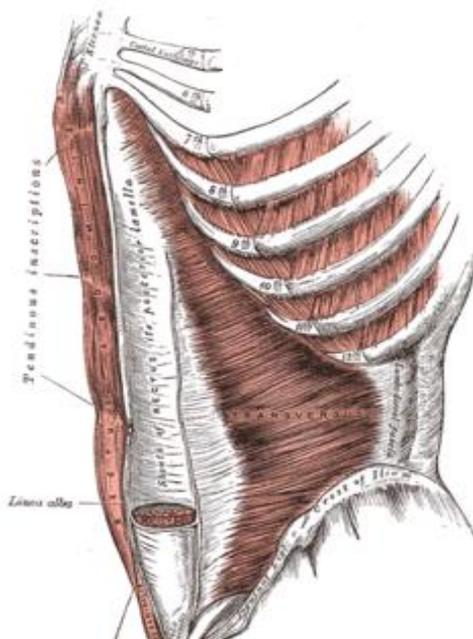


Fig. 4 – Muscolo trasverso dell'addome (TrA)

Il muscolo trasverso dell'addome è di fondamentale importanza, dato i suoi rapporti anatomici con rachide e fascia toraco – lombare, per il condizionamento del core.

Alcuni studi (52,34) hanno evidenziato come tale muscolo aumenti la pressione intra – addominale, aumentando la stiffness e riducendo i carichi compressivi lombari, si attivi prima di movimenti inattesi del tronco e di movimenti degli arti superiori (30 ms) o inferiori (110 ms), indipendentemente dalla direzione del movimento stesso, sia continuamente utilizzato dai meccanismi di controllo neuromuscolare in

preparazione a carichi esterni ed aggiustamenti posturali e in soggetti con low back pain (LBP), presenti un timing di attivazione ritardato.

Alcuni studi mostrano, tra le cause di LBP, la debole condizione della muscolatura addominale, oltre al deficit di forza della muscolatura dell'apparato estensorio (1,54).

Con la collaborazione degli obliqui e del retto addominale, consente di creare un "cilindro rigido" che funge da base di supporto per i movimenti degli arti (42).

Per quanto riguarda i paraspinali, il multifido garantisce una stabilizzazione segmentaria, essendo ricco di fusi neuromuscolari: il suo ruolo principale è quello di fornire un adeguato feedback sensoriale che faciliti la co-attivazione degli stabilizzatori globali. Inoltre è stato osservato come soggetti con LBP presentino una atrofia di tale muscolo (32).

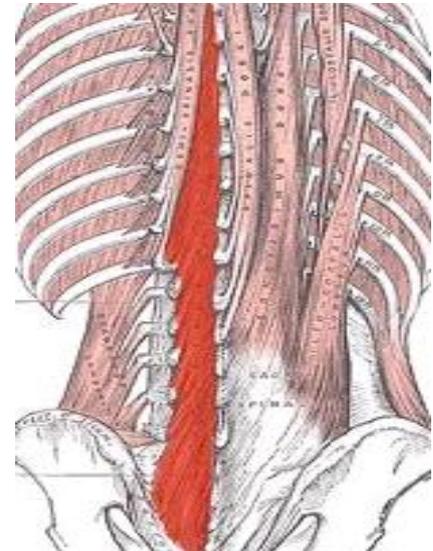


Fig. 5 – Veduta posteriore del muscolo multifido



Fig. 6.1 – Posizione del quadrato dei lombi con visione anteriore del corpo

Il quadrato dei lombi è un muscolo largo, sottile e quadrangolare, in cui il tratto superiore ed il longitudinale stabilizzano l'ultima costa durante la respirazione, mentre l'inferiore agisce come debole flessore laterale.



Fig. 6.2 – Zoom anteriore del quadrato dei lombi

Tale muscolo è un potente stabilizzatore isometrico della colonna in grado di sostenerla in tutti i piani di movimento (51).

La volta della core muscolature è costituita dal diaframma che assume una caratteristica forma a paracadute, la cui contrazione, simultanea e coordinata

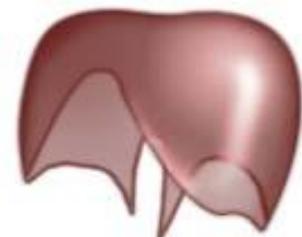


Fig. 7 – Muscolo diaframma



Fig. 8 – Muscolo diaframma in posizione anatomica

con i muscoli del pavimento pelvico e i muscoli addominali, è necessaria per garantire un aumento della pressione intraddominale, garantendo un cilindro muscolare più rigido per supportare il tronco e diminuendo il carico sulla colonna vertebrale. Il diaframma contribuisce all'aumento della pressione intraddominale prima dell'inizio dei movimenti degli arti indipendentemente dall'attività respiratoria (37). Il fatto che persone con dolore sacroiliaco abbiano un diminuito reclutamento del diaframma e del pavimento pelvico, giustifica lo svolgimento di esercizi respiratori per migliorare la funzionalità del sistema, ponendo attenzione sia agli

aspetti propriocettivi, che alla variazione di frequenza ed ampiezza del respiro ed utilizzando un'adeguata progressione di esercizi finalizzati ad apprendere la corretta tecnica (62).

La muscolatura che si trova nella regione pelvica e delle anche, comprese le strutture associate, vanno a formare il supporto statico di base della "core muscolature".

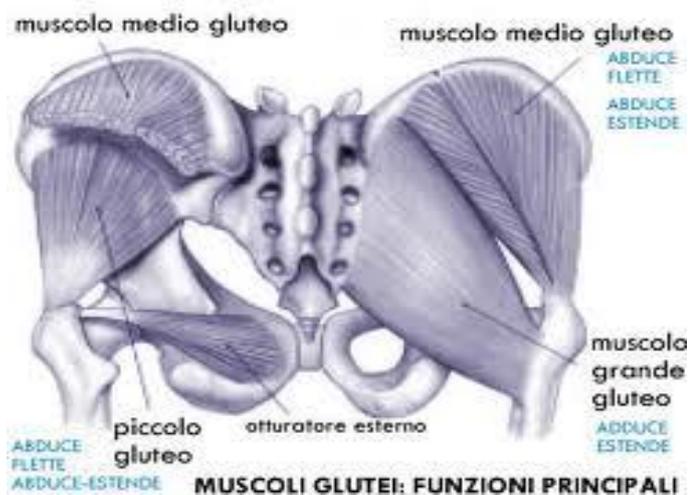


Fig. 9 – Muscolatura glutea vista posteriormente

Fondamentali per il funzionamento di base di tale zona sono i glutei, che hanno aree di sezione trasversali larghe, tali da garantire sia stabilità, che generare forza e

potenza nei gesti sportivi specifici. I glutei sono stabilizzatori del tronco quando si generano movimenti in catena cinetica chiusa e al contempo garantiscono energia e forza per promuovere i movimenti degli arti inferiori.

Studi di Nadler et al. (55,56) hanno trovato un' associazione tra calo di forza a livello di grande e medio gluteo e presenza di LBP, mostrando una significativa asimmetria nella funzionalità del complesso estensorio dell'anca.

Il pavimento pelvico ha una forma di losanga ed è delimitato anteriormente dalla sinfisi pubica, posteriormente dal coccige e ai lati dalle tuberosità ischiatiche (Fig. 10). Esso è formato dalle seguenti strutture anatomiche:

- Bulbospongioso;
- Ischiocavernoso;
- Trasverso del perineo;
- Sfintere dell'ano;
- Otturatore dell'ano;
- Cocigeo;
- Otturatore interno.

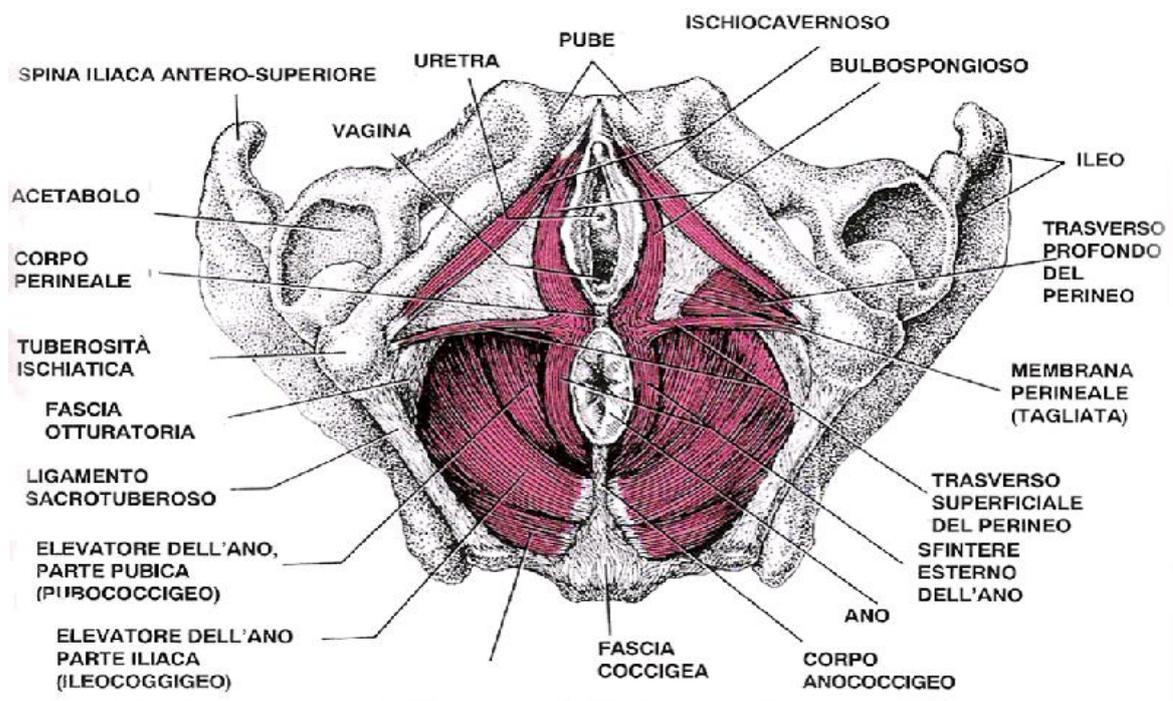


Fig. 10 – Muscoli del pavimento pelvico di un soggetto femminile visti da sotto

Lo psoas è il più largo muscolo nella parte inferiore del rachide lombare, non provvede ad una notevole stabilizzazione ad eccezione di movimenti con una accentuata flessione del tronco (51). Eccessive richieste di stabilità o un ipertono di tale muscolo possono però causare aumentati e nocivi carichi alla colonna lombare.

Tutte le componenti agiscono sinergicamente per generare movimenti multi – planari a livello del rachide che siano efficienti, assicurando stabilità statico – dinamica e funzionalità. Un deficit a uno o più degli elementi costituenti il sottosistema comporta la possibile alterazione della capacità di controllo neuromuscolare, con la compromissione della condizione stabile, favorendo problematiche disfunzionali (23).

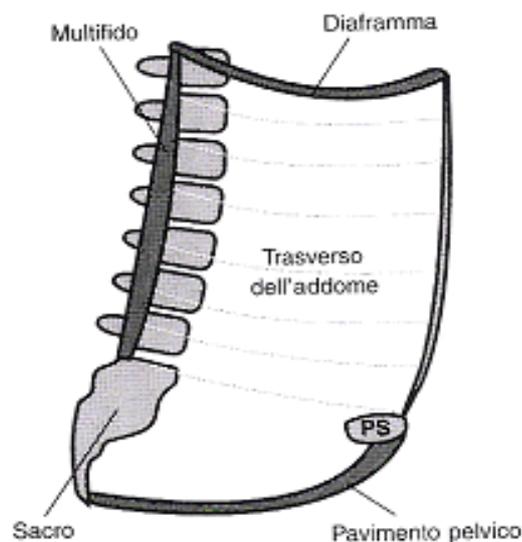


Fig. 11 – Unità della "core muscolature"

1.2.3 SOTTOSISTEMA NEURALE

Il sottosistema in questione controlla il reclutamento della muscolatura del core tramite meccanismi a feedforward o a feedback. Ha lo scopo di coordinare i vari sottosistemi e d'integrare i messaggi che provengono dai recettori periferici (prevalentemente meccanocettori) con le finalità del movimento che è stato programmato in quel momento dal sistema nervoso centrale (SNC).

Questa funzione di controllo avviene a tre livelli del SNC:

- A livello midollare per le risposte automatiche che necessitano di un arco riflesso semplice, come possono essere le reazioni protettive da perturbazione articolare.
- A livello sotto – corticale dove le attività automatiche integrano le varie informazioni esteroceettive e propioceettive come, per esempio, l'equilibrio e la coordinazione neuro – muscolare.
- A livello corticale dove vengono integrate tutte le informazioni provenienti dai vari sottosistemi lasciando al soggetto la possibilità d'interferire inibendo e/o facilitando le risposte dopo un'analisi ed una programmazione del movimento da effettuare.

Circa i meccanismi feed – forward, notevole importanza è legata al muscolo trasverso, in grado di contrarsi celermente e prima di movimenti degli arti superiori ed inferiori in preparazione ad un compito specifico, mentre il multifido garantisce notevoli informazioni a feedback.

1.3 ASPETTI FISIOLÓGICI

L'attivazione della muscolatura che costituisce il core (circa 29 paia di muscoli), nelle catene cinetiche funzionali, è basata su patterns pre – programmati di movimento che hanno funzioni specifiche per eseguire gesti motori ed atletici orientati ad uno specifico obiettivo.

- Patterns lunghezza – dipendenti: danno stabilità all'articolazione, coinvolgono muscoli con bracci di leva corti, sono mediati da afferenze gamma e coinvolgono l'inibizione reciproca dei muscoli per garantire ed incrementare la "stiffness" ai movimenti di ogni singola articolazione.

- Patterns forza – dipendenti: integrano l'attivazione di differenti muscoli per mantenere il controllo su più articolazioni e sviluppare la forza e sono mediati dai recettori tendinei del golgi.

Secondo Kibler et al. (42) questi pattern appresi tramite l'allenamento, possono essere sviluppati e migliorati con notevole impatto tramite lo stesso.

In molti gesti motori degli arti superiori, ma anche in attività sportive che prevedono la gestualità degli arti inferiori correlati al core, sono stati valutati e controllati i patterns di movimento forza – dipendenti. I risultati scaturiti da tali valutazioni mostrano, per i patterns associati a movimenti rapidi degli arti inferiori, che i primi muscoli ad attivarsi sono il gastrocnemio ed il soleo controlaterali, per poi procedere verso l'alto con l'attivazione dei muscoli del braccio, attraverso la muscolatura del tronco. La massima velocità nel calciare un pallone è strettamente correlata di più ai muscoli flessori di anca, che ai muscoli estensori del ginocchio (31).

I lanci o i rapidi movimenti delle braccia sono caratterizzati da sequenze di attivazioni che originano nell'obliquo esterno controlaterale o nell'arto superiore controlaterale (84), trasferendo il movimento al segmento avente il ruolo di motore primario tramite il tronco e, in modo contingente, al core.

Nel "pitch" del baseball c'è un trasferimento di forze e di momenti angolari dalle estremità inferiori a quelle superiori attraverso il bacino, tronco e spalla dominante: se ci fosse la presenza di una certa debolezza nella regione del core, si potrebbe interrompere tale sequenza di attivazione, riducendo l'efficacia del gesto e causando un over – work di compenso nelle altre zone corporee.

Questi patterns si manifestano con aumentati livelli di attivazione nelle estremità del corpo, migliorando di conseguenza la loro capacità di esprimere forza. Un esempio è dato dalla contrazione massima del gastrocnemio, che durante la flessione plantare della caviglia genera la massima potenza grazie ad un sinergismo con la muscolatura flessoria dell'anca, consentendo un 26% di attivazione in più, come conseguenza

dell'intervento motorio a livello prossimale (78). Un aumento del 23 – 24% nell'attivazione della muscolatura rotatoria delle spalle è possibile quando la scapola è stabilizzata dal trapezio e dal romboide (40). In aggiunta a questo, un'attivazione muscolare delle estremità può essere più precisa e controllata soprattutto quando è concomitante una contrazione massimale dei muscoli prossimali con funzione stabilizzante. Ciò può essere visto durante il lancio nell'attivazione muscolare a livello del gomito (42).

Il core può generare quindi effetti di torsione a livello della colonna. I patterns ivi coinvolti sono differenti per timing e intensità di attivazione muscolare, creando comunque forze e rotazioni che originano spesso dalla zona controlaterale (37).

Le attivazioni che vengono generate modificano i momenti angolari che s'integrano sviluppando tensione e movimento secondo una direzione prossimo – distale, sollecitando in modo sinergico il core. Il singolo muscolo viene quindi considerato come l'appropriata sequenza di attivazioni, in grado di garantire ed ottimizzare la corretta esecuzione, mantenendo la colonna in condizioni stabili.

1.4 STABILITY O STRENGTH

Del Core sono presenti in letteratura diverse visioni e concezioni, intendendolo come "trunk stabilization", "lumbar stabilization", "neuromuscular control" o "dynamic stabilization" (2). I concetti di "core stability" e "core strength" costituiscono altri due termini caratterizzati a loro volta da molta controversia, circa il significato ed il contesto applicativo in cui s'inseriscono, con diversi sviluppi.

Nell'intervento rieducativo funzionale, l'obiettivo che un programma chinesilogico si prefigge è limitare il dolore (LBP) o le alterazioni vertebrali e muscolo – scheletriche, cercando la riattivazione mobile e stabile della colonna, per riuscire a compiere le attività quotidiane.

I livelli di core strength e stability sono in tal caso notevolmente differenti da quelli necessari per controllare pelvi e arti superiori e/o inferiori durante gesti dinamici come quelli sportivi, il più delle volte eseguiti in presenza di carichi esterni anche notevoli, inoltre vengono attivate e coinvolte parti anatomiche periferiche, le quali contribuiscono al trasferimento di forze attraverso il corpo per produrre richieste specifiche, elemento non prettamente presente nel settore rieducativo e/o riabilitativo.

La core stability secondo Kibler (42) è "l'abilità di controllare la posizione ed il movimento del tronco sopra il bacino per permettere una ottimale produzione, trasferimento e controllo di forze e movimento ai segmenti distali in attività atletiche integrate." Una definizione che ben si integra con l'ambito sportivo.

Faries e Greenwood (23) definiscono invece la core stability come "l'abilità di stabilizzare la colonna come risultato dell'attività muscolare", mentre la core strength come "la capacità della muscolatura di produrre potenza attraverso la forza contrattile e la pressione intra – addominale".

Akuthota e Nadler (2) definiscono la core strength come "il controllo neuromuscolare richiesto intorno al rachide lombare per mantenere la stabilità funzionale", mentre Lehman (46) come "la massima forza che può essere generata ad una specifica velocità da un muscolo o un gruppo muscolare".

Oltre alle definizioni risulta importante sottolineare come possedere ed esprimere buoni livelli di forza e controllo del corpo, sia nello svolgimento delle attività quotidiane, che nella pratica sportiva, è fondamentale (19).

Le richieste fisiche e funzionali all'attività sono varie e così anche i protocolli di allenamento proposti risultano essere complessi e basati solitamente su movimenti dinamici con carichi esterni, come nello sci alpino, anche se non sempre, ma anche rispetto a quelli utilizzati per il condizionamento di soggetti normali, che per la maggior parte sono composti di esercizi statici.

Per identificare la posizione prevalente di core stability o core strenght bisogna identificare l'impatto dell'allenamento nelle due aree, sportiva e rieducativa.

"Core stability" così sembra più appropriato se riferito a soggetti "normali o patologici", "core strenght" al contesto sportivo, così come la definizione di "core endurance" nella gestualità sportiva di resistenza allo sforzo. Il concetto di "core ability" deriva invece dall'unione delle due definizioni principali (31,82) e inquadra tutti gli aspetti del nucleo centrale.

1.5 CORE STABILITY TRAINING



Fig. 12 – Componenti del core training

L'allenamento della core stability ha delle forti basi teoriche sia nella prevenzione degli infortuni, che nel miglioramento della performance sportiva, come discusso in precedenza. L'identificazione di precisi programmi di training nell'ambito sportivo non è però supportata da sufficienti studi, mentre sarebbe importante effettuare ricerche in questo campo, soprattutto per andare ad identificare i reali effetti dell'allenamento della "core muscolature" nello sport.

Utile e propedeutico è l'allenamento in condizioni instabili per condizionare la "core musculature" sia in situazioni atletiche, che non atletiche (10).

In un programma di allenamento periodizzato risulta importante lo svolgimento di un training di resistenza con superfici instabili, associato a carichi di lavoro bassi e velocità di esecuzioni lente, così come l'uso di Fit Ball se raccomandata in discipline sportive come il nuoto o lo sci alpino (81). In questi sport infatti il core diventa un punto di riferimento fondamentale per i movimenti, essendo le basi variabili ed in continuo divenire, nel caso dello sci alpino, mentre nel caso del nuoto non sono solide.

Comerford (19) ritiene fondamentale eseguire allenamenti combinati con soglie di carico differenti, identificando le seguenti aree di training:

- motor control stability: stabilità a bassa soglia di carico, dove il sistema nervoso centrale (SNC) modula l'efficiente integrazione e il reclutamento di muscoli globali e locali;
- core strenght training: carico ad alta soglia della muscolatura stabilizzatoria globale che porta ad ipertrofia, come adattamento funzionale a tale livello;
- systematic strenght training: carico tradizionale ad alta soglia della muscolatura mobilizzatoria globale.

Secondo uno studio in soggetti con LBP è fondamentale il ri - apprendimento del controllo motorio di muscoli inibiti o silenti rispetto alla core strenght (2).

E' possibile che benefici nella performance e nell'efficienza corporea possano essere il risultato di migliorati meccanismi di controllo e reclutamento neuro - muscolare, piuttosto che d'incrementi di core strenght.

Un ruolo fondamentale è rappresentato dalla scelta degli esercizi, così come l'ampiezza dell'attivazione muscolare e i pattern sollecitati sono variabili a seconda del carico e dell'obiettivo voluto (core stability o core strenght).

Varie sono le tipologie che autori e studiosi propongono:

- Vezina e Hubley Kozey (80) suggeriscono come nel caso di "core strenght" occorra lavorare con attivazioni maggiori del 60% della massima contrazione volontaria (MVC) per ottenere incrementi di forza, mentre in quello di core stability con valori < 25% MVC, per benefici a livello di endurance e di controllo neuromuscolare. Nel loro studio hanno analizzato tramite EMG di superficie (3 muscoli addominali e 2 lombari) tre esercizi comuni di "core training" quali: il "pelvic tilt" (retroversione del bacino da supini), l' "abdominal hollow" (movimento di avvicinamento dell'ombelico alla colonna vertebrale dalla posizione supina creando una "concavità" addominale) ed il primo livello del "trunk stability test" (combinazione di abdominal hollow e flessione unilaterale dell'anca da supini). In tale studio è stato osservato come i valori di attivazione più alti siano nell'obliquo esterno durante il pelvic tilt; la conclusione, dunque, sottolinea come l'effetto degli esercizi investigati possa permettere una valutazione del livello di "core stability" della persona, ma non risulta particolarmente efficace per il "core strenght".
- Secondo Comeford (19) il "core stability" training dovrebbe riguardare sia isolate attivazioni della muscolatura profonda locale, che la pratica con pesi su superfici irregolari, per stimolare in modo globale la stabilità del core, in tutta la sua tri – planarità.
- Lehman (46,47) reputa fondamentali i seguenti esercizi:
 1. curl up (crunch addominale da supini);
 2. bird dog (estensione gamba e braccia opposti in quadrupedia);
 3. side bridge (posizione di "ponte" da decubito laterale);
 4. prone bridge (posizione di "ponte" da decubito prono);
 5. squat con sovraccarico.

Questi esercizi permettono di lavorare con tutta la muscolatura senza creare eccessiva compressione e forze di taglio sul rachide. L'importante è focalizzarsi sul controllo del corpo, sulla propriocezione e sui meccanismi di base della sua funzionalità (23).

L'ottimizzazione ed il condizionamento di "core stability" e "core strenght" passano attraverso una stimolazione coerente di fibre sia lente che veloci, tramite la modifica delle variabili quali velocità, carico e direzione del movimento. Infatti gesti eseguiti ad alta soglia reclutano unità motorie veloci, mentre eseguiti a bassa soglia quelle lente, per cui modulare tali parametri ha un'importanza fondamentale.

In letteratura, ma non solo, è chiaro il legame tra variazioni nell'attività muscolare periferica e le risposte nella "core musculature", ma rimane non chiaro quale debba essere la direzione e la velocità ottimale del carico.

Studi confermano come il tipo di allenamento dipenda dal modello prestativo (46, 45), mentre la condizione durante il training, migliora grazie all'alternarsi di fasi di stimolazione delle fibre veloci e lente.

Nel corso degli anni è stata fatta confusione sul tipo di approccio ed il metodo da utilizzare per sviluppare un "core training" nei settori rieducativo e sportivo, che molto spesso ha portato a pianificazioni non idonee all'ambito richiesto e, soprattutto, all'individuo da trattare e/o rieducare.

Occorre perciò attuare un'attenta valutazione dell'individuo, del suo stato, delle eventuali disfunzionalità fisiche e/o patologiche, tenendo conto di limitare il dolore come primo punto, per incrementare successivamente la performance.

1.6 SETTORE RIEDUCATIVO

L'individuazione delle metodologie più appropriate per la rieducazione della funzionalità della colonna vertebrale risulta essere di primaria importanza, considerando che il 60 – 80% delle persone accusa dolori lombari, che il 30 – 70% subisce recidive più o meno ricorrenti e che donne e uomini sono affetti equamente.

La presenza di un programma rieducativo, perciò, non deve essere limitata alla fase tardiva del processo di guarigione, ma svolge un ruolo di notevole importanza sin dalla fase acuta dell'evento traumatico. Essa deve accompagnare, ordinare e stimolare fisiologicamente il processo di guarigione della sede tissutale in cui l'evento traumatico ha provocato il danno primario e, come scienza del movimento, deve anche prendere in considerazione e trattare le conseguenze tessutali e funzionali che l'evento traumatico ha provocato nei distretti anatomici strettamente connessi alla zona lesionata.

Il programma deve essere preciso e personalizzato, mirando all'identificazione ed al ripristino della qualità mancante del sistema muscolo – scheletrico, senza limitarsi alla pura e semplice risoluzione della sintomatologia, ma puntando al completo recupero della funzionalità, che differisce a seconda delle reali possibilità di recupero di ogni singolo paziente. Per ottenere il recupero funzionale completo, non bisogna finalizzare le terapie ad un determinato distretto anatomico o al tipo di patologia, ma è necessario focalizzarsi sul paziente nel suo complesso ed agire in modo che il recupero della funzionalità coinvolga l'individuo nella sua totalità.

L'approccio terapeutico al paziente deve essere suddiviso in due momenti: uno sintomatico volto alla risoluzione della sintomatologia dolorosa, l'altro causale atto a rimuovere la causa scatenante il dolore.

La definizione d'instabilità vertebrale clinica più accettata nel mondo scientifico in questi anni è quella di Punjabi (64) che la definisce come "una significativa diminuzione nella capacità di stabilizzare il sistema vertebrale (segmento di moto)

mantenendo la zona neutra intervertebrale entro i limiti fisiologici, con il risultato di manifestazioni cliniche quali il dolore e disabilità”.

In generale a scopo didattico è possibile parlare d’instabilità meccanica quando vengono a mancare per una lesione traumatica (siti di sub/lussazione o frattura/lussazione) o malattia degenerativa (discopatia), i freni legamentosi e discali al normale al normale gioco articolare, d’instabilità funzionale quando si ritiene deficitario il controllo muscolare e quindi una carente stabilizzazione dinamica, d’instabilità clinica quando il paziente riferisce sintomatologia dolorosa e disabilità funzionale che interferiscono con le attività della vita quotidiana, di relazione, lavorative e sportive.

I più recenti studi, anche sperimentali in vivo, hanno dimostrato come l’instabilità clinica, quindi funzionale, della colonna lombare, sia correlata ad una disfunzione della stabilità dinamica che è ottenuta attraverso l’attivazione simultanea (co – attivazione e co – contrazione) dei muscoli obliquo interno, trasverso dell’addome e multifido. Gli addominali profondi tendono la fascia toraco – lombare e spingono i visceri contro la colonna lombare dando un effetto compressivo sul tratto lombare della colonna e stabilizzando i vari segmenti di moto, permettendo loro di espletare la funzione richiesta lavorando all’interno della zona neutrale (64).

Il ruolo della core stability è stato studiato tramite indagini sugli effetti di molti tipi di allenamento ed esercizi dell’addome. Una colonna più stabile ed un condizionamento della zona lombare ci può essere attuando esercizi di rinforzo della zona addominale, ma anche degli arti inferiori, il che potrebbe aumentare il livello di prevenzione e ridurre le problematiche connesse alle patologie del rachide. In questo contesto appare chiaro che nel processo rieducativo il trattamento della “core stability” gioca, più o meno direttamente, un ruolo molto importante.

Secondo Pollock (63) l’allenamento integrato di pesi e stabilizzazione della fascia lombo – pelvica può portare ad uno sviluppo della forza di estensione lombare, collegata probabilmente alla prevenzione del LBP. In numerosi lavori è stato

osservato come la contrazione del muscolo trasverso, in soggetti sani, preceda quella di arti superiori ed arti inferiori (rispettivamente di 30 e 100 ms), suggerendo la funzione preparatoria di stabilizzazione del tronco e di facilitazione dell'azione degli arti (66,34,36,37). Il trasverso dell'addome è attivo indipendentemente dalla direzione dei movimenti corporei, al contrario di retto addominale, obliquo esterno ed interno, per cui allenare tali muscoli per aumentarne la forza potrebbe avere effetti benefici su stabilità e rendimento.

La Fitball è la base d'uso dei programmi rieducativi, come superficie instabile per stressare maggiormente il core richiedendo livelli di equilibrio e controllo neuromuscolare maggiori, ma non risulta ottimale per l'allenamento della forza.

E' conosciuta per lo più come uno strumento riabilitativo a bassa soglia, utile per migliorare senso di posizione articolare, equilibrio, postura e propriocezione ed il suo ampio uso in moltissimi settori è la dimostrazione dei vantaggi legati a questo strumento.

Cosio – Lima (20), confrontando due training eseguiti a terra e con Fitball, ha riportato maggiore attività EMG nei muscoli del tronco ed incrementi d'equilibrio nel secondo rispetto al primo. L'autore ha indagato l'effetto di 5 settimane di lavoro con volume di carico crescente basato su due esercizi comunemente diffusi quali il "sit up" e "l'estensione del tronco da prona", eseguiti su di una superficie instabile (15 soggetti: gruppo sperimentale) o sul tappetino da palestra (15 soggetti: gruppo di controllo); ogni partecipante si è allenato per 5 volte a settimana, impiegando circa 15' per terminare il protocollo, evidenziando nei test post – training differenze significativamente maggiori nel gruppo sperimentale rispetto al quello di controllo.

Nella rieducazione grande enfasi è stata sempre rivolta agli esercizi d'irrobustimento della muscolatura deputata alla stabilizzazione della colonna vertebrale, ma non sufficiente attenzione è stata dedicata alle discriminanti relative alle regioni muscolari che devono usufruire di maggior cura, nonché della valutazione dell'equilibrio di forza tra i muscoli flessori e i muscoli estensori del busto.

Il deficit dei muscoli estensori costituisce uno dei fattori di rischio per l'insorgenza di problematiche a carico della spondilo (1,54).

Nella maggior parte delle esercitazioni finalizzate all'irrobustimento dei muscoli estensori del tronco, si realizza una sollecitazione della muscolatura lunga del dorso senza interessare adeguatamente quella più debole, come il multifido, che è spesso causa dell'insorgenza di patologie lombari. Arokoski (7) afferma che "essendo il muscolo multifido composto principalmente da fibre di tipo 1, solo carichi di bassa entità possono migliorare la sua funzione".

La definizione dei moderni programmi di rieducazione si basa per questo sulla multifattorialità del core training. Una volta superata la fase dolorosa acuta, il trattamento d'elezione dovrebbe mirare a recuperare la flessibilità, la forza e la resistenza della muscolatura del tronco (70), con risultati che raggiungono la positività nel 96% dei casi, secondo quanto dimostrato da Saal (69).

Il successo di ogni esercizio applicativo alla core stability dipende dal livello di funzionalità, dall'intensità, dalla specificità, dalla frequenza di svolgimento a cui un soggetto s'interfaccia. Studi mostrano dunque che la valutazione di esercizi di "core stability" a bassa soglia di carico hanno un'influenza positiva nel ridurre il livello di infortuni e nella capacità di recupero dell'LBP.

1.7 SETTORE SPORTIVO: SCI ALPINO

Sempre più atleti di alto livello e professionisti partecipano ad allenamenti per migliorare la loro "core stability", anche come misura preventiva. Più la zona lombo – pelvica risulta stabile e resistente, tanto maggiore è la capacità dell'atleta di esercitare su di essa forze, così da eccellere nelle prestazioni e simultaneamente minimizzare il rischio di infortunio.

Non ci sono evidenze scientifiche tali da confermare con certezza una relazione core training – performance, ma sicuramente la disciplina sportiva necessita di buona capacità di stabilizzazione e controllo neuromuscolare, data la natura tridimensionale di molti movimenti che richiedono notevole forza nel tronco e nel “lower limb” (67).

Nello sci alpino il LBP è un problema sempre presente, in cui la componente rotatoria del tronco, associata a movimenti di flessione ed estensione, configura una situazione potenzialmente problematica, se si aggiunge poi anche la complessità di variabili che contraddistinguono la disciplina in questione.

Interessante è la relazione ambivalente tra fisiologia – biomeccanica del disco intervertebrale e sci alpino (48):

1. Da un punto di vista lo sci può essere considerato come l'attività scatenante la patologia, anche discale, la quale, a sua volta, condiziona in modo rilevante i movimenti fondamentali dello sci (flessione, torsione e traslazione) e riduce quindi la prestazione, soprattutto durante l'esecuzione della curva.
2. Dall'altro punto di vista lo sci può essere considerato terapeutico negli esiti di patologia discale; infatti se praticato in condizioni facilitate (lievi pendenze, velocità ridotte e condizioni ideali del manto nevoso) determina modeste roto – traslazioni del disco, con conseguente effetto benefico sul nutrimento del nucleo polposo, sulla cicatrizzazione dell'anulus fibroso e sulla centralizzazione meccanica del disco.

L'allenamento di “core strenght” e “stability” dovrebbe quindi portare ad una generazione maggiore di forza e potenza nei muscoli interessati diminuendo di conseguenza il rischio d'infortuni e incrementando velocità e potenza (77).

I programmi di allenamento dovrebbero essere anche finalizzati a correggere le debolezze locali dell'organismo migliorando il controllo segmentario e globale tramite lavori alla giusta soglia di training, per il recupero neuromotorio e per ricondizionare i

piccoli muscoli tonici stabilizzatori locali, al fine di ritrovare con sicurezza la corretta posizione del baricentro durante l'esercizio specifico sul campo, mantenere il centramento articolare, per esprimere la forza esplosiva dei muscoli fasici mobilizzatori globali lungo assi corretti, allo scopo di ottimizzare la prestazione ed evitare cadute o patologie da sovraccarico.

Tipicamente, i protocolli utilizzati dovrebbero quindi seguire come obiettivi:

- Incremento ROM articolare;
- Incremento stabilità articolare;
- Incremento della performance muscolare;
- Ottimizzazione della funzionalità.

Comerford (19) suggerisce dunque di lavorare sia con carichi a bassa soglia, che ad alta soglia, utili per incrementare entrambe le componenti; i primi si focalizzano principalmente sul controllo posturale, reclutamento muscolare ed efficienza motoria; i secondi invece su esercizi con sovraccarico in grado di stressare maggiormente la muscolatura per indurre cambiamenti strutturali.

Le tappe d'intervento sulla stabilità e sulla rieducazione sportiva dell'atleta dovrebbero sempre rispettare i punti sopra indicati, attuando un'educazione attiva dei vari distretti che mantengono e migliorano la muscolatura del core e non solo, effettuando anche, a titolo preventivo, lavori a basso carico e a velocità ridotte.

1.8 FUNZIONE D'INTERIORIZZAZIONE E CORE

Lo schema corporeo costituisce un referenziale cinestesico che risponde in ogni istante alla situazione presente del corpo è suscettibile a variazioni ad ogni cambiamento di attitudine e rappresenta per questo il supporto fondamentale per le funzioni di aggiustamento.

L'accesso delle afferenze periferiche di origine propriocettiva alle zone di analisi corticale è però facoltativo ed è quindi possibile realizzare ottimi aggiustamenti senza

una presa di coscienza del corpo. È la ragione per la quale questa funzione percettiva è rimasta svaloriata nell'ambito dell'educazione fisica che fa più riferimento alla meccanizzazione, che alla presa di coscienza e che ben si adatta in tutti i settori a partire da quello rieducativo.

La funzione d'interiorizzazione è una forma di attenzione percettiva centrata sul corpo che permette alle informazioni da esso provenienti, di giungere a livello cosciente grazie all'analisi percettiva e ciò consente, secondo l'espressione usata da Wallon, che "l'immagine visiva e quella cinestetica del corpo si sovrappongano".

Nel settore sportivo si può parlare di apprendimento per dissociazione: per comprenderne il significato bisogna riferirsi ai lavori di Head, il quale designa così l'insieme delle strutture neurologiche che trattano l'informazione propriocettiva.

All'origine di questo tipo d'informazioni risiedono numerosi recettori sensoriali:

- Fusi neuromuscolari: posti in quasi tutti i muscoli umani, sono sensibili alle "variazioni in allungamento delle fibre muscolari e alla velocità con la quale tale allungamento si determina".
- Moto – neurone gamma: afferente – propriocettiva.
- Moto – neurone alfa: motoneurone.
- Organi tendinei del Golgi: siti nelle giunzioni muscolo tendinee, hanno il compito d'informare circa il grado di tensione, ossia sull'entità di lavoro o sforzo prodotto, sia nell'allungamento, che nella contrazione del muscolo. La risposta prodotta dagli organi del Golgi consiste nel realizzare, a fronte di un eccessivo grado di tensione muscolo – tendineo, uno stimolo facilitante il rilasciamento muscolare, un'azione opposta a fusi.
- Corpuscoli del Pacini e terminazioni di Ruffini: sono entrambi siti all'interno delle capsule articolari e i secondi anche nel tessuto connettivo profondo,

soprattutto nelle articolazioni intracarpali, intratarsali e costo sternali. Danno informazioni sul "senso di posizione" e direzione dei movimenti degli arti.

- Recettori del Pacini: hanno la capacità di percepire la pressione cutanea il che permette di sensibilizzare i sistemi di controllo (cervelletto) sulla posizione delle estremità e delle articolazioni più distali.
- Recettori vestibolari: siti nell'orecchio interno in prossimità dei recettori acustici, occupano il labirinto vestibolare che è costituito da utricolo, sacculo e dai canali semicircolari. I tre canali semicircolari sono orientati singolarmente su uno dei tre piani dello spazio. Questa disposizione consente ai recettori di rilevare i movimenti angolari della testa, e in particolare, le sue accelerazioni angolari. Il sacculo e l'utricolo invece, rilevano le accelerazioni lineari.

La corteccia cognitiva partecipa alla strutturazione dello schema corporeo, partendo dalla funzione d'interiorizzazione, che è di tipo percettivo. L'esercizio di questa funzione è la condizione necessaria per il passaggio dall'apprendimento per tentativi ed errori, all'apprendimento secondario di Hebb, che è chiamato "apprendimento con rappresentazione mentale".

1.9 RUOLO DELLE INFORMAZIONI PROPRIOCETTIVE E MECCANISMI DI CONTROLLO

La presa di coscienza facoltativa contraddistingue le informazioni propriocettive da quelle esteroceettive. Bisogna dunque fare uno sforzo particolare per permettere la loro analisi corticale, (verosimilmente a livello delle aree parietali – area di associazione n° 7) perché possano diventare vere percezioni, risultanti dal passaggio di un'informazione a livello cosciente, grazie all'analisi corticale. È quello che noi otteniamo attraverso la messa in gioco della funzione d'interiorizzazione che rende possibile la percezione del corpo.

Questo sforzo percettivo non ha risultato immediato sull'efficacia dell'aggiustamento, ma al contrario, ha spesso come conseguenza quella di far abbassare il livello di prestazione.

In realtà il vero obiettivo dell'educazione percettiva in questione, non è in rapporto all'efficacia dell'aggiustamento del momento, ma è quello di far entrare le strutture cognitive nell'organizzazione dello schema corporeo.

L'attenzione si discosta dallo scopo da raggiungere e si concentra sulle sensazioni provocate dal movimento, sia a livello degli appoggi, sia a livello del gioco delle articolazioni, per poter meglio fissare un automatismo. Quest'attenzione, posta su un solo dettaglio alla volta, non deve provocare tensioni o sineresie. Lo sforzo così prodotto conduce a due risultati centrali:

1. Un risultato funzionale: l'arricchimento dello schema corporeo;
2. Un risultato d'efficacia: modificare l'automatismo. Cambiare un dettaglio del movimento produce, a causa dell'intervento dei circuiti di retroazione riflessa, una modificazione del movimento nel suo insieme.

Per quanto riguarda il controllo automatico si possono distinguere varie tipologie.

1. Il controllo spinale
 - Riflesso da stiramento: è un sistema per permettere al nostro organismo di mantenere una posizione statica nello spazio. Stringendo, ad esempio, i muscoli al di sopra del ginocchio con un cuscino, si bloccano anche le fibre afferenti provenienti dai fusi neuromuscolari che controllano la posizione della caviglia, aumentandone le oscillazioni. Questo significa che esiste un deficit nel mantenimento della posizione nello spazio e spiega l'importanza dei fusi neuromuscolari in questo contesto.

- Riflessi tonici del collo: i riflessi tonici del collo dipendono dall'interazione d'informazioni dei fusi neuromuscolari paravertebrali del collo con informazioni provenienti dall'apparato vestibolare. Il movimento della testa comporta una serie di reazioni a livello degli arti che conseguono all'attivazione dei recettori da stiramento:
- Reazioni positive e negative di sostegno;
- Riflesso estensorio crociato.

2. Il controllo vestibolare

- Riflessi vestibolari originati dalle macule di sacculo e otricolo;
- Riflessi posturali originati dai canali semicircolari;
- Interazione tra riflesso vestibolare e riflessi tonici del collo: il movimento della testa determina una variazione del tono dei muscoli flessori ed estensori del corpo al fine di consentire una posizione in equilibrio.

3. Il controllo visivo

- Reazioni visivo – posturali: chiudendo gli occhi le capacità di mantenimento dell'equilibrio sono sensibilmente ridotte.

4. Interazione tra controllo spinale, vestibolare e visivo

- Aggiustamenti posturali in movimento;
- Aggiustamenti anticipatori e pre – compensatori al movimento;

La nostra capacità di mantenere la postura nello spazio o di muoverci nello spazio senza cadere (e quindi incentrare la nostra attenzione solo sull'esecuzione del movimento) dipende interamente dall'interazione di questi tre gruppi di strutture, spinale, vestibolare e visiva.

Le vertigini, il mal di mare, il mal d'auto sono alterazioni che conseguono ad un'incapacità di collegare insieme questi tre sistemi.

Generalmente, nel caso delle vertigini, viene meno il riferimento visivo perché il punto di riferimento è talmente lontano che il nostro SNC non è in grado di codificarlo in modo specifico.

Le strutture citate in precedenza, interagendo tra loro ed al loro interno, danno origine ad una serie di risposte riflesse. Queste sono dette "riflessi posturali" e sono originate dai recettori cutanei posti vicino alle articolazioni.

Esistono riflessi distinti:

A. Riflessi posturali statici

Riguardano il mantenimento della posizione nello spazio e, a loro volta, si dividono in:

- locali : interessano un arto;
- segmentali: interessano più muscoli di arti diversi o del tronco;
- generali : interessano tutto l'organismo o parti consistenti di esso. Sono i riflessi tonico del collo, causati da ventro e dorsi – flessione del capo con variazioni del tono muscolare degli arti; i riflessi tonici labirintici che si sommano a quelli del collo; le reazioni compensatorie degli occhi; i riflessi di raddrizzamento cervicali, labirintici, del corpo sul corpo, del corpo sul capo, visivi; i riflessi posturali corticali non visivi che richiedono l'integrità della corteccia cerebrale e sono il riflesso di piazzamento, il riflesso di saltellamento, il riflesso di prensione.

B. Riflessi posturali stato – cinetici

Riguardano il mantenimento della posizione durante l'esecuzione del movimento e si dividono in:

- riflessi di accelerazione angolare : movimenti rotatori;
- riflessi di accelerazione lineare : movimenti di progressione lineare;
- riflessi di movimenti di parti del corpo : movimenti alterni di flessioni ed estensioni durante la marcia, la corsa e il salto.

L'integrità di tutti questi sistemi è alla base del buon mantenimento della postura, ma si deve tener presente che è grazie all'interazione dei meccanismi in toto che deriva la capacità dell'individuo di trasformare le informazioni che riceve circa la posizione del corpo, in gestione e ottimizzazione del movimento.

1.10 LE AZIONI MUSCOLARI ATTIVE NEL MANTENIMENTO DELLA STAZIONE ERETTA

Solo qualche anno fa si pensava che l'equilibrio di un'articolazione fosse mantenuto da un gioco di equilibratura dalle tensioni, tra un lato e l'altro dell'articolazione.

È stato dimostrato da Hellebrandt nel 1973 che grazie ai muscoli antigravitari è possibile il mantenimento della posizione per mezzo dei riflessi di stiramento.

La linea di gravità del corpo passa 1,5 cm davanti alla linea dell'articolazione delle anche, davanti alle ginocchia, per poi proiettarsi parecchi centimetri davanti all'articolazione delle caviglie. La posizione che ne risulta è mantenuta dall'azione dei muscoli posteriori (44).

Gli studi elettromiografici lo dimostrano e mettono in evidenza, nella stazione eretta descritta precedentemente, un'azione sinergica di:

- Gemelli;
- Ischio – tibiali, muscoli posteriori della coscia che rivestono un ruolo fondamentale nella stazione eretta abituale;
- Muscoli lombari;
- Muscoli delle docce vertebrali.

Il legamento di Bertin dell'articolazione coxo – femorale ha inoltre una funzione di bloccaggio della posizione.

1.10.1 AZIONE DEI MUSCOLI ISCHIO – TIBIALI

Sono muscoli estensori dell'anca che assicurano la stabilizzazione del bacino, nel senso antero – posteriore, nel momento in cui si assume l'atteggiamento descritto precedentemente che è quello correntemente adottato. Il lungo bicipite, il semi membranoso e il semitendinoso (muscoli ischio – tibiali), s'inseriscono da una parte sull'ischio, dall'altra parte sulla tibia e sul perone. Entrano in azione quando il centro di gravità del corpo passa sul davanti della linea delle anche, cioè quando il bacino va in antiversione ed è quindi la loro tensione che limita tale movimento, ciò spiegando come questi muscoli siano sede di sineresie frequenti anche al di là della stazione eretta e che abbiano tendenza ad accorciarsi.

Gli ischio – tibiali sono muscoli particolari e la loro efficacia sull'anca dipende dalla posizione del ginocchio: il bloccaggio del ginocchio in estensione favorisce quindi la loro azione; questo bloccaggio è anche facilitato dall'extrarotazione dei piedi.

In questa stazione eretta il bacino è collegato in maniera stabile alle cosce per mezzo della tensione dei muscoli ischio – tibiali, la cui efficacia d'azione deriva dal bloccaggio delle ginocchia. Si stabilisce così uno stereotipo di posizione che tende alla contrazione muscolare appena descritta.

L'estensione, che inizialmente non era altro che una condizione economica, diventa allora una necessità, poiché quando bisogna flettere gli arti inferiori per effettuare un aggiustamento motorio dinamico o spostamento, gesto professionale, tecnica sportiva, gli ischio – tibiali sono distesi e non possono più esercitare la loro funzione di fissazione del bacino alle cosce. Il soggetto si sente in posizione instabile, il suo bacino diventa molto mobile ed ha la tendenza a ricercare rapidamente l'estensione degli arti inferiori.

Il passaggio dalla posizione ad arti inferiori distesi, alla posizione flessa, sconvolge completamente l'equilibrio delle azioni muscolari. Nel momento della flessione delle ginocchia, l'azione degli ischio – tibiali, che assicurava la stabilità del bacino, viene

soppressa. La maggior parte dei soggetti reagiscono a questa sensazione di instabilità con un irrigidimento volontario dell'insieme della muscolatura delle cosce.

Alla posizione naturale in estensione si sostituisce una posizione contratta in flessione.

L'ipotesi di lavoro diventa la seguente: la stabilizzazione del bacino, punto di appoggio delle catene muscolari riflesse, è assicurata non più dalla solidarizzazione con le cosce, ma da una solidarizzazione stabile con il tronco.

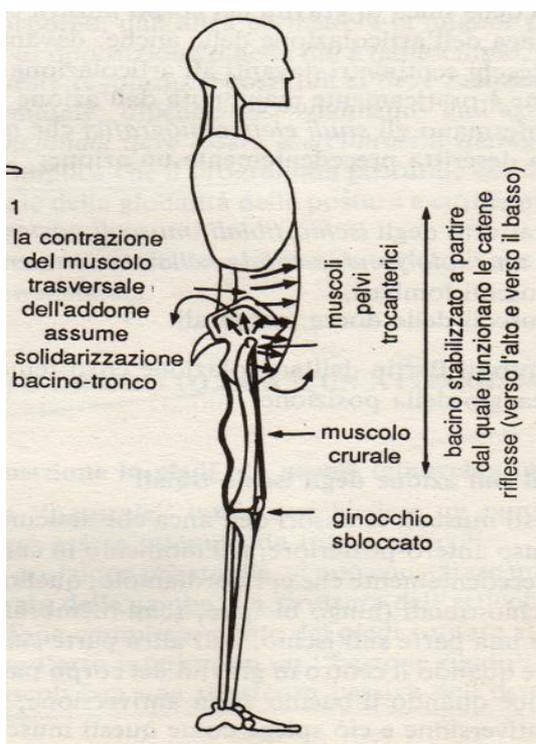


Fig. 13 – Ruolo dei muscoli nella stabilizzazione

Nella posizione propizia allo sforzo sportivo, il bacino appartiene all'asse corporeo e non agli arti inferiori (Fig. 7). A livello muscolare infatti sono gli addominali profondi ed essenzialmente il trasverso dell'addome che possono avere questa funzione.

È appoggiandosi sul bacino così stabilizzato che le due catene riflesse, l'una discendente verso i piedi, l'altra ascendente verso la testa, regolano l'insieme della stabilità posturale assicurando l'equilibrio.

L'attività del core è strettamente correlata in molte attività sportive che comprendono il movimento delle estremità come la corsa, il nuoto, il calcio, il tennis e lo sci alpino.

Considerando che il core è centrale in tutte le catene cinetiche delle attività sportive, il controllo della forza, dell'equilibrio e del movimento del core può ottimizzare la funzionalità di tutte le catene cinetiche che comprendono le estremità inferiori e superiori.

Rimane un'opinione comune tra i vari autori, come sottolineato da Borghuis et al. (16), che il controllo senso motorio svolge un ruolo fondamentale nella performance della "core stability", anche se non sono ancora stati effettuati sufficienti studi che dimostrino la relazione intercorrente tra questo fattore e la performance sportiva.

1.11 POSTURA E CARATTERE

Lo psicologo Wilhelm Reich (65) che ha introdotto il concetto di "armatura caratteriale", sosteneva che il carattere si esprime negli atteggiamenti posturali, nelle posizioni che si assumono e non solo nelle espressioni e comportamenti tipici della persona. L'armatura caratteriale influenza lo sguardo, il tono della voce, il ritmo delle parole e altrettanto può fare con la respirazione, provocando rigidità muscolari croniche.

Lowen ha perfezionato tale concetto, evidenziando come ogni blocco emotivo possa comportare un blocco nel flusso di energia, ostacolando respiro e movimento.

I "conflitti" si strutturano nel corpo sotto forma di tensioni muscolari croniche costituendo delle armature; quella caratteriale limita la motilità e la sensibilità e attraverso una respirazione inadeguata causa un aumento dell'ansia e dell'irritabilità.

Il lavoro sul corpo aiuta a percepire la propria rigidità come limitazione all'auto – espressione. Questa "armatura" spesso impedisce la fuoriuscita delle emozioni che sono state congelate, trattenendo energia. È come se il corpo si rifiutasse di crescere, di svilupparsi, di vivere a causa di blocchi del passato, creati per proteggersi da esperienze negative, ma che persistono come se il pericolo fosse ancora in agguato.

La ginnastica propriocettiva, con l'aiuto di trattamenti psicologici, aiuta a togliere questa armatura.

- **CAPITOLO 2: L'UTILIZZO DI SUPERFICI INSTABILI COME ALLENAMENTO NELLO SCI ALPINO**

La posizione seduta è stato l'assetto posturale sempre più utilizzato dall'essere umano e anche oggi caratterizza gran parte della postura assunta giornalmente, in ufficio, in automobile, davanti alla tv, a tavola ecc.

L'evoluzione è stata fisicamente contraddistinta dalla stazione eretta, infatti l'uomo ha rafforzato le sue articolazioni e la sua schiena imparando ad utilizzare tale postura. La vita moderna agevola la comodità, ma di contro si è assistito ad un aumento dell'indebolimento delle zone coinvolte in questa posizione con conseguenti manifestazioni di dolori.

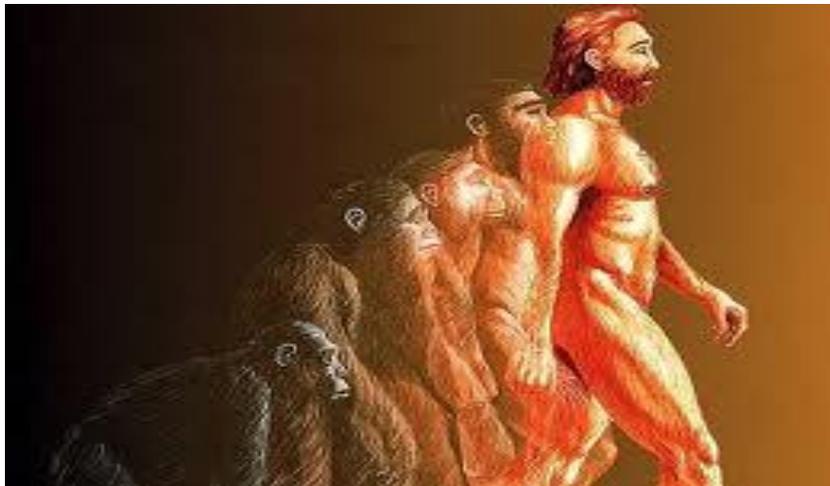


Fig. 14 – Evoluzione dell'uomo

Tramite l'uso di superfici instabili la sollecitazione propriocettiva e neuromotoria è notevolmente maggiore ed inoltre permette di allenare la muscolatura interessata, rafforzandola ulteriormente, evitando conseguenze future.

Ancora di più lo è per uno sport come quello dello sci alpino in cui si assiste ad una grandissima variazione delle situazioni spaziali del tracciato di gara, che determina una successione, il più veloce possibile, di variazioni temporali dei rapporti angolari degli arti inferiori (lineari ed in torsione) e del busto, così da trasmettere agli sci

l'impulso ($d \text{ Forza} / d \text{ Tempo}$), allo scopo di deformare la struttura (sci) in relazione alle variazioni del raggio della curva e della pendenza.

Le zone maggiormente esposte e coinvolte sono appunto la schiena, ma anche gli arti e tutte le articolazioni che vengono sollecitate considerevolmente e che debbono essere allenate e stimolate con specificità ed efficienza.

2.1 LOCOMOZIONE E PRESTAZIONE NELLO SCI ALPINO



Fig. 15 - Didier Cuche (Streif Kitzbüel, wintersport - news.it)

La Coppa del Mondo che consente punteggi in tutte le specialità, raramente ha trovato fenomeni che, in tempi recenti di alta specializzazione, siano stati in grado di imporsi in tutte le discipline (è più facile trovare un decatleta di altissimo livello sia negli ostacoli sia nel giavellotto che nei salti, che un slalomista e discesista da podio mondiale). In ordine alla "tecnicità" possiamo dire che il più alto grado si trova nello Slalom

Gigante e nello Slalom Speciale, quindi nel Super Gigante e nella Discesa. La discesa libera e il supergigante sono caratterizzate da una performance volta alla capacità di mantenere una posizione corretta e più aerodinamica possibile. Nello SL e nel GS la capacità di effettuare numerose curve strette, in rapida successione, acquista maggiore importanza.

Haymes E.M. e Dickinson A.L. nel 1980 (29), attraverso una serie di test comprendenti: V_{O2max} , forza isometrica e potenza delle gambe, tempo di reazione, agilità, equilibrio, body fat, hanno trovato che il parametro che meglio predice la prestazione è il V_{O2max} sia per la DH, che per il GS. Le buone caratteristiche aerobiche dello sciatore agonista sono dovute non a specifiche esercitazioni aerobiche (corsa prolungata, ciclismo, nuoto, lavori lunghi a bassa intensità, ecc...) bensì alle conseguenze del continuo affaticamento organico generale dovuto al

costante e prolungato allenamento in altura (tra i 2000 ed i 3000 mt) . Questo stress prolungato induce nell'organismo degli atleti un adattamento delle capacità cardiocircolatorie, quindi aerobiche, tale da favorire un rapido recupero dopo le serie ripetute di discese con sforzi di tipo anaerobico.

Per quanto riguarda la Forza isometrica sviluppata dai muscoli estensori delle cosce e delle gambe, essa è anche superiore a quella dei sollevatori di pesi. Astrand e Rodahl nel 1977 (8) misurarono oltre 2500 N sugli sciatori svedesi.

Uno studio svedese condotto da Hans Berg e Ola Eiken del 1999 (12) ha dimostrato che la performance dello sci in particolare nella specialità del gigante è dominata da una contrazione muscolare eccentrica, richiesta per resistere alla forza G, indotta dalla curva intorno alle porte, con contrazione volontaria vicina al massimale. La velocità angolare del ginocchio è rispettivamente di di: 17°/s in super gigante, 34°/s in slalom gigante, 69°/s in slalom speciale.

Hans Berg impiega l'approccio sperimentale più semplice e relativamente costoso. Utilizza goniometri elettromeccanici per monitorare l'angolo del ginocchio (in un lavoro precedente anche dell'anca) i potenziali elettronici che si formano in un muscolo durante la contrazione (EMG) del muscolo quadricipite.

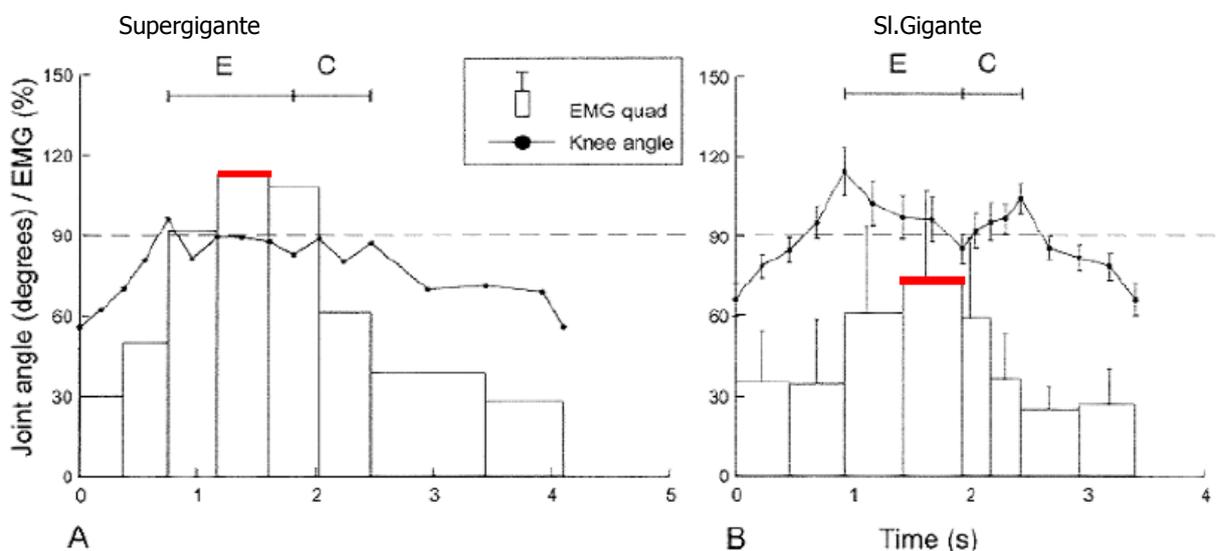


Fig. 16 – Variabili di forza (EMG%) e angolari (joint angle) di sciatori di alto livello

Tale attività è espressa in percentuale massima (EMG) rilevata durante massima contrazione isometrica del quadricipite con 90° di angolo articolare (180° estensione completa). L'EMG è proporzionale alla forza sviluppata.

Il primo risultato rilevante dello studio di Berg ed Eiken è che in tutte le discipline (SG,GS,SL) gli angoli minimi e massimi del ginocchio e dell'anca si presentano contemporaneamente.

Il secondo risultato sta nella variabilità interindividuali degli angoli minimi della gamba esterna (sopporta il massimo sforzo), maggiore per il GS ($114^{\circ}-86^{\circ}=28^{\circ}$), rispetto al SG ($96^{\circ}-83^{\circ}=13^{\circ}$) o al SL ($111^{\circ}-98^{\circ}=13^{\circ}$).

Terzo punto, se si osservano i valori angolari medi di tutti i soggetti (sciatori d'élite), si nota che gli angoli minimi sono inferiori durante SG e GS rispetto a SL. Durante SL infatti in massimo piegamento l'angolo non scende sotto i 90°.

Come quarto risultato si evince come la durata di un intero ciclo (curva destra – curva sinistra) è proporzionalmente decrescente passando dal SG, al GS, al SL.

Quinto punto, in tutte le discipline la gamba è meno flessa quando è esterna e sopporta il massimo sforzo.

Come sesto risultato si denota la variabilità della velocità angolare del ginocchio esterno: 17°/s per SG, $34^{\circ}\pm 2^{\circ}/s$ per GS, $69^{\circ}\pm 11^{\circ}/s$ per SL. (Allargando le mani giunte ci si rende conto che i movimenti sono relativamente lenti. In ogni caso si tratta di velocità angolari molto basse rispetto alla massima velocità angolare che nella corsa può raggiungere i 1000°/s). La variabilità interindividuale di velocità è superiore per SL, rispetto a GS.

Settimo risultato: durante GS e SL la massima EMG è circa il 73 – 74% di quella durante massima contrazione volontaria. Durante SG sfiora il 100%.

Ottavo risultato: la EMG del muscolo estensore è più alta nella fase di contrazione eccentrica, quando l'angolo diminuisce e l'articolazione si flette. Il picco di EMG si presenta nella parte finale della contrazione eccentrica.

Da tali studi si capisce che SG, GS e SL sono caratterizzati da una marcata predominanza della contrazione eccentrica sulla concentrica sia in termini di intensità come durata. Poiché la produzione della forza è maggiore durante la contrazione eccentrica che durante la concentrica per una data attività EMG, la forza sviluppata deve essere considerevolmente maggiore durante la contrazione eccentrica. Questa caratteristica dello sci alpino è unica rispetto a qualsiasi altra attività.

Inoltre durante lo slalom gigante, ancor più importante nel super gigante, la postura è accucciata. Di conseguenza mentre si percorre una curva l'angolo minimo del ginocchio esterno è inferiore nelle specialità dove la velocità è più alta (ovvero angolo del ginocchio $SG < GS < SL$). Lo sciatore sceglie una posizione muscolarmente svantaggiata allo scopo di ridurre l'attrito con l'aria. Per quanto riguarda la velocità angolare del ginocchio si nota che è tanto più bassa quanto maggiore è la velocità della specialità.

Sicuramente in tutto questo gioca un ruolo importante la capacità di resistere maggiormente alle forze, allenando la muscolatura del tronco, dell'addome e della schiena, in modo tale da avere la possibilità di gestire con relativa facilità situazioni di disequilibrio e di instabilità, che contraddistinguono tale sport ad alto livello e non solo.

Un bacino stabile (core) permette di prevenire situazioni potenzialmente dannose per la performance e per il fisico stesso, permette di gestire e promulgare un'azione efficace per i movimenti fondamentali che l'atleta deve compiere, nonché incrementa le possibilità di miglioramento fisico, ma soprattutto tecnico.

Altri studi condotti per scoprire la tipologia d'impegno muscolare (33), hanno dato evidenza all'ipotesi di un importante impegno di tipo isometrico, ma se la tipologia e

l'intensità della contrazione muscolare sembra essere stata abbastanza definita, non c'è una definizione precisa delle fibre muscolari che vengono attivate nella prestazione.

Studi condotti (75) sottolineano l'utilizzo di fibre lente ST, ma queste conclusioni si fondavano su informazioni raccolte in sciatori di basso livello e non agonisti. Tutti gli studi effettuati sul reclutamento durante gli sforzi molto brevi e intensi (10 s) o moderati e prolungati (1 h) suggeriscono che l'attivazione delle fibre avviene rispettando il principio della dimensione di Henneman, cioè aumentando l'intensità dell'esercizio le fibre attivate per prime sono le tipo I, seguite dalle IIa e dalle IIx.

La produzione di forza può però anche essere modulata cambiando la frequenza di scarica delle unità motorie, come durante gli esercizi non massimali (5). Se si pensa che non è stato definito il meccanismo di reclutamento per le contrazioni eccentriche, allora inquadrare la tipologia di fibre attivate nella performance, risulta complicato.

I livelli di forza che lo sciatore esprime comportano un aumento della pressione intramuscolare e la riduzione o interruzione del flusso di sangue (71) e con ciò si riduce l'ossigenazione e il muscolo subisce un'ischemia. I livelli di saturazione dell'ossigeno nel muscolo del quadricipite, secondo studi recenti, hanno tendenza a ridursi maggiormente in GS rispetto allo SL (74) e questo potrebbe essere dovuto al maggior numero di fasi isometriche richieste e determinate dalla "tenuta" della posizione. Tali condizioni di occlusione dei vasi muscolari potrebbero influenzare il reclutamento delle fibre muscolari.

E' risaputo che nello svolgere un esercizio ad alta intensità il flusso di sangue si riduce e tende ad aumentare l'attività sia delle fibre di tipo I, che di quelle di tipo II (43). Quindi nello sci alpino, la combinazione di elevati livelli di forza e le condizioni di ischemia muscolare suggeriscono un coinvolgimento durante la prestazione sia delle fibre di tipo I che di quelle di tipo II, anche se questo aspetto deve essere chiarito da ulteriori ricerche in questo ambito.

2.2 EFFETTI FUNZIONALI DELL'INSTABILITA'

L'utilizzo dell'instabilità come stimolo allenante risale alla prima metà del secolo scorso in cui chinesologi e terapisti della riabilitazione di Svizzera e Germania cominciarono ad introdurre lo strumento Fitball all'interno dei loro protocolli di attività fisica per ottenere risultati ottimali in ambito sportivo o terapeutico.

Nel corso dei decenni tale strumento ha assunto, seppur in maniera variabile e a seconda dei contesti, un'importanza crescente soprattutto nel settore della rieducazione motoria, fino ad occupare un ruolo primario nel mondo del fitness e dell'allenamento sportivo, dagli anni 90' ad oggi. La sua diffusione ha conseguentemente giustificato il suo studio scientifico al fine di capirne i reali benefici sul corpo umano.

L'utilizzo delle superfici instabili ha determinato il nascere di un settore di ricerca specifico basato sul principio dell' "instability training", ovvero un metodo di allenamento peculiare tale da renderlo, nei tempi moderni, oggetto d'interesse.



Fig. 17 – Vari attrezzi e superfici instabili

Gli strumenti presi in considerazione sono in grado di indurre un effetto destabilizzante, stressando il sistema neuro – muscolare in maniera superiore rispetto alle normali condizioni di stabilità. L'esecuzione del movimento su superfici come Fitball, Bosu o tavolette propriocettive basculanti determina "output" motori complessi e "patterns" di attivazione specifici, allo scopo di stabilizzare il corpo, in risposta alle perturbazioni della base d'appoggio, adattando continuamente il sistema

alla situazione voluta, per mantenere un adeguato controllo funzionale. Ultimamente viene utilizzata anche un'attrezzo specifico chiamato slackline, un nastro stretto, con larghezza variabile, dove l'atleta si può destreggiare come un vero acrobata e rappresenta un training di altissimo livello per il controllo posturale. Tali meccanismi richiedono alti livelli di propriocezione, equilibrio, coordinazione motoria ed efficienti sinergismi muscolari, componenti fondamentali di molti esercizi allenanti e rieducativi.

Varie sono le tipologie motorie per ampliare tali meccanismi in modo sistematico:

- eseguire gesti con pesi liberi, rispetto alle macchine di muscolazione;
- compiere movimenti in maniera unilaterale;
- eseguire esercizi con velocità elevate.

Le proposte applicative all'interno dell' "instability training" sono molteplici, in diverso modo efficaci e soprattutto mantengono come focus l'amplificazione delle risposte cinestesiche rispetto ad un allenamento tradizionale o noto.

Esercizi su superfici instabili come "fitball" o "bosu" rappresentano una componente primaria nei programmi di "core stability" e "core strenght" per la disciplina in questione, essendo basati su richieste di stabilità lombo – pelvica e controllo neuromuscolare notevole.

Da un lato "instability" significa sempre sollecitare la regione del "core", dall'altro "core" non esclude la stabilità come forma di condizionamento. Tali esercizi vengono svolti principalmente per indurre attivazioni muscolari superiori e di vario genere a livello della muscolatura del tronco, ma nonostante ciò oggi la ricerca sta definendo con maggior precisione i reali vantaggi derivanti dall' "instability training", confutando alcune credenze ed approfondendo scientificamente i veri benefici.

L'azione dinamica della palla, che ad ogni movimento "avvolge" tutte le parti del corpo a contatto con essa, costringe i recettori propriocettivi dell'organismo ad attivarsi per determinare le contrazioni muscolari necessarie a compensare le

improvvisi variazioni della posizione del corpo nello spazio e a mantenerlo sempre in equilibrio. Ciò riproduce in qualche modo quello che avviene nello sci alpino, in cui le richieste morfologiche di tracciato e pendio creano, come conseguenza, adattamenti diversissimi, sempre nuovi e una capacità di reagire velocemente con il tronco e con il corpo, per riassetto il baricentro, curva dopo curva, risulta fondamentale.

Instability resistance and balance training effects	Rehabilitation	Musculoskeletal health	Sports performance
↑ trunk activation when compared to similar intensity stable activities	*	*	*
↑ limb muscle activation when compared to similar intensity stable closed kinetic chain exercises (i.e., squats)	* ↓ loads used to prevent injury	*	↑ Near-maximal or maximal activation can be achieved with high loads
↓ limb muscle activation when compared to similar stable open kinetic chain conditions	‡	‡	‡
↑ cocontractions with acute exposure to instability	* ↑ cocontractions increase joint protection	†	† Unknown whether chronic instability training will reduce cocontractions
↑ agonist stabilization functions	* ↑ agonist stabilization may increase joint protection	†	‡ Unknown whether chronic instability training will transfer agonist stabilizer to motive functions
↓ force and power output	‡	‡	‡
↑ static balance	† Limited or unknown application to dynamic balance	†	† Specific sport practice may provide sufficient dynamic balance training effect
Action specificity	?	?	?

* Significant benefit.
† Minimal benefit.
‡ No benefit.

Fig. 18 – Effetti dell'allenamento in condizioni d'instabilità (Behm)

L'allenamento con esercizi mirati e a maggiore velocità, migliora l'efficienza cardiovascolare e rimodella la figura, operando "brucia" i grassi, perché come tutte le attività aerobiche di bassa o media intensità e lunga durata, spinge l'organismo ad attingere alle riserve di grassi, anziché di zuccheri, per ricavare l'energia necessaria al movimento. Questo aspetto, unito all'innalzamento del metabolismo generale e locale, dovuto al lavoro, consente di ridurre il tessuto in eccesso, ma per ottenere tutti questi benefici è necessario impegnarsi con gradualità e costanza.

2.3 L'ALLENAMENTO DELLA MUSCOLATURA DEL TRONCO IN CONDIZIONI DI INSTABILITA': EFFETTI SULLA REGIONE DEL "CORE"

L'effetto di esercizi specifici rivolti alla regione del tronco può essere notevolmente aumentato introducendo strumenti citati, come Bosu e Fitball, all'interno dei programmi di lavoro, dato che l'instabilità determina un aumento dell'attivazione globale della muscolatura, grazie alle aumentate richieste di stabilità.

Un elevato numero di autori ha osservato come la muscolatura del "core" possa essere condizionata, tramite esercizi analitici e globali, in posizioni differenti, sfruttando sia la componente instabile come superficie di appoggio, sia come vincolo parziale degli arti (83).

E' infatti possibile ottenere aumenti nell'attivazione di tale zona attraverso:

- Esercizi specifici "isolati" come crunch, curl up, estensioni del busto da proni;
- Esercizi rivolti in primis agli arti superiori e alla regione superiore del tronco come push up, bridge prono o laterale, distensioni del bilanciere da supino;
- Esercizi allenanti principalmente gli arti inferiori come squat, affondi, stacchi da terra.

La ricerca in tale direttiva si è focalizzata inizialmente sul confronto tra esercizi di flessione ed estensione del tronco eseguiti a terra e su Fitball, per poi passare all'analisi di movimenti più complessi (come le posizioni di bridge supino, prono, laterale) ed infine alla valutazione di movimenti utilizzati comunemente per gruppi muscolari più "periferici" al core (arti inferiori e superiori), ma eseguiti utilizzando

strumenti come Bosu, Dyna Disc, Skimmy, tutti in grado di fornire al sistema una componente destabilizzante variabile.

Quando esercizi per la regione addominale sono effettuati su uno degli strumenti sopra elencati, il tronco è soggetto a continui disequilibri che stimolano la co – attivazione muscolare e la propriocezione; tale co – attivazione aumenta la “stiffness” vertebrale migliorando i meccanismi di controllo lombo-pelvico, utili per prevenire e migliorare problematiche disfunzionali del rachide nell’attività e al di fuori di questa.

Vera – Garcia (79) ha confrontato il movimento di curl – up (flessione del tronco dalla posizione supina) a terra e su Fitball riportando aumenti nell’attivazione EMG della porzione superiore ed inferiore del retto addominale dal 20% al 50% e dell’obliquo esterno dal 5% al 20%, quando l’esercizio è eseguito su superficie instabile. Clark (18), confrontando la flessione del tronco a terra o con strumenti specifici, ha osservato i valori EMG maggiori nel retto addominale superiore ed inferiore nel crunch, eseguito su Fitball.

Recentemente, Duncan (22) riporta aumenti nell’attività di retto addominale e obliquo esterno rispettivamente del 23% e 14% nel medesimo confronto.

Per quanto riguarda la muscolatura posteriore del tronco, Drake (21) analizza movimenti di estensione di busto o arti inferiori attraverso il medesimo paragone stabile vs instabile: dai suoi risultati, in maniera opposta rispetto alla regione addominale, emerge invece come le attivazioni EMG di erettore spinale toracico (EST) e lombare (ESL) siano analoghe o ridotte quando l’esercizio viene eseguito su Fitball, con una co – contrazione media inferiore del 30%, riportando valori in linea con Mori (53). Quest’ultimo insieme a Stevens (73) e Arokoski (7) affermano come tali attivazioni oscillino tra il 20% ed il 60% della massima contrazione volontaria (MVC), mentre nella muscolatura flessoria il coinvolgimento risulta essere minimo.

Eseguire esercizi comunemente svolti in palestra come "bench press" (movimento di spinta degli arti superiori contro una resistenza), distensioni bilanciere da supini o "push up" (piegamenti sugli arti superiori) variando la condizione di stabilità può determinare incrementi significativi nell'attivazione della muscolatura del "core".

Norwood (60) ha investigato le risposte EMG durante un movimento di distensione del bilanciere da supino effettuato:

- 1) in maniera tradizionale (su una panca);
- 2) con instabilità singola superiore (dorso in appoggio su una Fitball e piedi a terra);
- 3) con instabilità singola inferiore (dorso su panca e piedi su Bosu);
- 4) con instabilità duplice (dorso su Fitball e piedi su Bosu), riportando valori EMG crescenti in maniera proporzionale al livello di destabilizzazione nell'obliquo interno, erettore spinale lombare e bicipite femorale.

Marshall (50) ha analizzato il medesimo esercizio a carico costante eseguito con due manubri (invece di un bilanciere) su panca e su Fitball, osservando un notevole aumento nell'attivazione EMG di retto, obliquo interno e deltoide anteriorie sia nella fase concentrica, che in quella eccentrica, sottolineando conseguentemente come tale esercizio rientri a pieno titolo nei programmi di "core training".

In un altro studio (39) il medesimo autore osserva come anche il mantenimento isometrico della posizione prona su Fitball, con le mani in appoggio, consenta di raggiungere attivazioni EMG superiori rispetto alla condizione stabile, con valori rispettivamente maggiori di 2,5 volte o 4 volte, al contrario del "bridge prono" isometrico, con i piedi in appoggio sulla Fitball, in cui i risultati sono simili.

Marshall (50,89) suggerisce come esercizi con appoggio parziale del corpo su una superficie instabile, causino continui adattamenti del tronco in risposta alla componente destabilizzante, in maniera proporzionale alla distanza tra il centro di gravità corporeo e l'appoggio.

Anderson e Behm (6,11) hanno indagato il movimento di squat, osservando le differenti risposte neuromuscolari nell'esecuzione:

- 1) a terra con bilanciere guidato;
- 2) a terra con bilanciere libero;
- 3) su due cuscinetti gonfiabili con bilanciere libero.

Nell'ultimo caso nella condizione di maggiore instabilità i valori EMG della muscolatura del tronco aumentano del 20 – 30%, ad evidenziare il ruolo di tale regione nella stabilizzazione del corpo.

Hamylin (30) ha confrontato le attivazioni EMG della zona anteriore e posteriore del "core" (stabilizzatori inferiori dell'addome, obliquo esterno, erettore spinale lombare superiore ed inferiore) tra esercizi quali lo "squat" e il "dead lift" (stacchi da terra con bilanciere), comunemente praticati per allenare globalmente l'arto inferiore e due esercizi su Fitball rivolti alla muscolatura estensoria, quali il "superman" (ipertensione da proni con addome sulla palla e avampiedi in appoggio) ed il "side bridge" (bridge dalla posizione laterale con gomito in appoggio e piedi incrociati a terra). Dall'analisi emerge come sia lo squat che il dead lift, eseguiti con un carico pari all'80% 1 RM, consentano di ottenere attivazioni EMG superiori dal 53% al 68% a livello di erettori spinali, mentre non vi sono differenze nella muscolatura anteriore.

In maniera simile, Nuzzo (61) ha studiato lo squat e il dead lift con % di carico del 50, 70, 90 e 100% confrontandole con 3 esercizi su Fitball quali il "bridge supino" (sollevamento bacino dalla posizione supini a terra con piedi sulla palla), la "back extension" (posizione prona sulla palla, iperestensione del tronco) ed il "bird dog" (estensione gamba e braccio opposti da proni sulla palla con mani e ginocchia a terra). L'indagine EMG a livello di erettori spinali e multifido ha evidenziato valori variabili tra il 29% e il 67% della MVC nei 3 esercizi con Fitball, valori tra il 78% e il 129% MVC nello squat e valori tra il 101% e il 163% nel dead lift in base alla percentuale di carico utilizzata.

Conseguentemente, i due autori dimostrano come attivazioni muscolari notevolmente superiori nei muscoli nella regione posteriore del "core" possano essere facilmente

raggiunte con esercizi aventi focus primario l'arto inferiore in condizioni di stabilità, consentendo un lavoro globale di tutto il corpo. Tali esercizi causano infatti un aumento nella risposta del "core" al fine di controllare le oscillazioni e le torsioni indotte dal carico esterno, poichè la rotazione pelvica è l'elemento primario alla base di una corretta postura e di una tecnica efficace; durante l'azione di muscoli bi – articolari, come quelli degli arti inferiori, l'intervento dei flessori ed estensori del tronco viene sollecitato in seguito a qualunque perturbazione della stabilità (10), come nel caso di squilibri posturali durante la discesa in allenamento o gara, che vanno corretti, per il mantenimento dell'inclinazione equilibrata del busto, contro le sollecitazioni che vengono dal mutare del pendio e del suolo.

Le co – attivazioni della muscolatura agonista ed antagonista di anca, ginocchia e caviglia indotte da superfici quali Bosu e Skimmy (dischi gonfiabili di ridotte dimensioni per l'equilibrio monopodalico) risultano essere inoltre efficaci per la prevenzione di molteplici problematiche a carico di arti inferiori, schiena e per il recupero post – infortunio, grazie alla elevata sollecitazione dei meccanismi di controllo neuromuscolare nelle varie articolazioni (17).

2.4 PROPRIOCCEZIONE POST – INFORTUNIO NELLO SCI ALPINO

L'incidenza di gravi infortuni soprattutto al ginocchio è aumentata drasticamente negli ultimi anni (rappresentando il 35% degli infortuni complessivi che accadono nello sci) e la rottura del LCA è attualmente l'infortunio serio più comune (58).



Fig.19 – Caduta sci alpino

A seguito dell'intervento di LCA le fasi della riabilitazione sono costituite, nel loro progressivo piano di recupero, da esercitazioni di controllo propriocettivo e neuromuscolare, prima del ritorno alle competizioni e alla pratica sportiva, vincolate principalmente dal raggiungimento di tre principali obiettivi (14):

- Il recupero funzionale del ginocchio infortunato;

- Il recupero completo dell'atleta dal punto di vista cardio – vascolare e muscolo scheletrico globale;
- Il recupero delle gestualità specifiche dello sci alpino.

Nella prima fase della riabilitazione (durata 1 mese circa) le sedute si svolgono in palestra ed in piscina, con esercizi che utilizzano appoggi, tipo bosu, anche in acqua.

Gli obiettivi sono:

- la completa estensione del ginocchio;
- la flessione del ginocchio a 120° – 130°;
- no gonfiore;
- assenza di dolore al carico;
- deambulazione corretta.



Fig. 20 – Esercizi della fase 1

Nella fase due (durata di circa 40 giorni) sono previste sedute specifiche, in palestra e in piscina, per il raggiungimento di particolari obiettivi. Prima di affrontare questa fase il soggetto deve avere raggiunto gli obiettivi stabiliti nella fase precedente.

Gli obiettivi qui sono:

- buona esecuzione della maggior parte degli esercizi propriocettivi;
- aumento della forza e resistenza, da verificare con test isocinetico;

- inizio di utilizzo degli scarponi in esercizi statici e dinamici.



Fig. 21 – Particolari esercizi della fase 2

Nella terza fase (durata di circa 1 mese) si cominciano ad effettuare esercizi sul campo (pista da sci), alternati a sedute in palestra. È importante che l'individuo raggiunga una buona esecuzione degli esercizi di controllo propriocettivo e neuro – muscolare (stabilità dinamica).

All'interno della quarta fase (durata di circa 1 mese) viene effettuato lavoro sugli sci in campo libero, non tra i pali, supportato dall'attività in palestra per il controllo della forza e della flessibilità, per prevenire i sovraccarichi e il rischio di recidiva, per le necessarie supervisioni mediche. Nel piano si evidenziano due punti principali.



Fig. 22 – Esercizi sulla neve



Fig. 23 – Esercizi propriocettivi complessi con attrezzi vari

Il primo riflette il risultato di uno studio che suggerisce come i pazienti – sciatori agonisti sottoposti ad intervento di ricostruzione di LCA possono rientrare in squadra e alle competizioni entro 4 mesi dall'intervento, mentre i non agonisti necessitano di 6 mesi per tornare alla pratica

sciistica (14). Il secondo punto accentua la fondamentale importanza della pratica propriocettiva come mezzo basale per il ripristino delle qualità che uno sciatore, ma non solo, un individuo deve ottenere, tramite un adeguato programma riabilitativo.

L'utilizzo di attrezzi propriocettivi è fondamentale e può trovare applicazione anche in condizioni particolari, come nel caso di riabilitazione in uno sciatore di terza età, come avviene in uno studio di Rossellini M. (68), il cui paziente con età anagrafica di 78 anni, a seguito di trauma discorsivo al ginocchio, è stato riabilitato sin dalle prime fasi con esercizi propriocettivi, quando il paziente stesso ancora non caricava.

Le sedute si sono svolte in palestra e in piscina con lavori di articolarietà, di rinforzo muscolare, in catena cinetica chiusa, esercizi per la ripresa di una corretta deambulazione ed incremento progressivo dei carichi e di ricondizionamento atletico inserendo esercizi in sospensione e di fluidità articolare ed esercizi di core stability.

Gli esercizi inseriti per la propriocezione con bosu, attrezzo definito "dalla ottima valenza funzionale", sono stati sviluppati tenendo conto della forza muscolare, di estensori e flessori, raggiunta dal soggetto.

Il focus è stato sulla core stability, sulla coordinazione, sul controllo motorio, sulla trasformazione motoria, su esercizi con perturbazioni e resistenza elastiche ed in seguito esercizi di equilibrio e destrezza fine, per la ritmizzazione del movimento.

Il bosu si dimostra ancora una volta un attrezzo facile da usare in varie situazioni ed inoltre offre la possibilità di gestire i singoli esercizi o combinare gli stessi, con una modalità di scelta e di complessità davvero ampia.

2.5 METODI PRINCIPALI PER IL CONTROLLO PROPRIOCETTIVO

L'innovazione elettronica delle tavole basculanti ha rappresentato un passo importante nell'evoluzione tecnologica e conoscitiva di uno strumento semplice e notevolmente utilizzato per la sua elevata fruibilità.

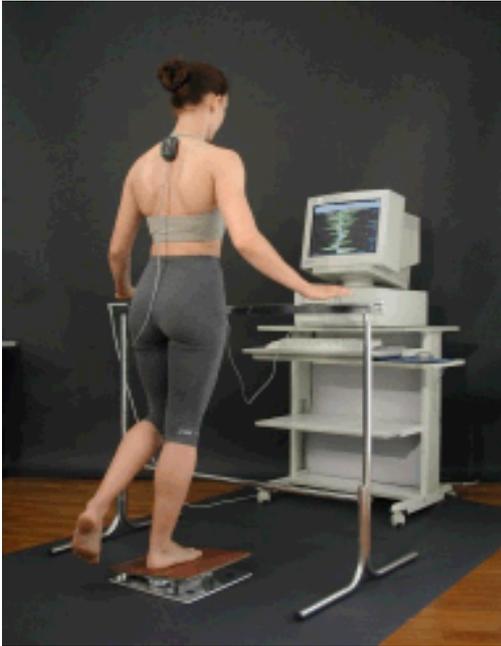


Fig. 24 – Delos Equilibrium Board, prodotta da Delos s.r.l., attualmente l'unica tavola basculante elettronica disponibile a livello mondiale.

Dal punto di vista fisiologico l'abbinamento tra una tavola basculante e un apparato elettronico è di notevole impatto.

L'aspetto centrale risiede nella peculiarità del supporto elettronico, il quale fornisce in tempo reale il feed – back visivo sull'inclinazione della tavola è ciò aumenta notevolmente il numero di situazioni biomeccaniche che il soggetto, in appoggio, deve gestire nell'unità di tempo.

Tale gestione è espressa dall'inclinazione della tavoletta comunicata nell'unità di tempo attraverso il monitor.

Il canale visivo assume un ruolo centrale in quanto permette di abbinare la percezione visiva dell'inclinazione della tavola basculante con la percezione propriocettiva corrispondente.



Fig. 25 – Particolare della tavoletta Delos

La frequenza di momenti e situazioni biomeccanicamente rilevanti è la conseguenza di un elevato flusso di segnali diretto verso i centri nervosi, impegnati in tal modo ad interpretarli correttamente e sempre più rapidamente.

Il maggior flusso di segnali, che raggiunge i segmenti spinali, consente di attivare risposte riflesse efficaci e ed efficienti, per gestire le situazioni che hanno reso possibile la loro attivazione.

In modo simile un discesista migliora le sue prestazioni, solo se percorre una discesa di una certa difficoltà, che gli permetta di raggiungere elevate velocità di percorrenza anche in curva. Esercitarsi lungo un percorso pianeggiante e facile potrebbe essere invece meno utile, in certe situazioni, per il basso numero e basso contenuto tecnico di situazioni da gestire nell'unità di tempo.

Da un punto di vista biomeccanico, solo se lo strumento consente tempi di arresto e inversione molto brevi, che risultano peraltro possibili solo quando la latenza meccanica è nulla, possono essere gestiti un'alta frequenza di compiti nell'unità di tempo, per attivare in modo massimale, oltre alla componente cosciente della propriocezione, i riflessi spinali propriocettivi, indispensabili e fondamentali, per la stabilità funzionale delle articolazioni.

A livello propriocettivo lavorare sulla componente incosciente sottocorticale migliora anche la componente cosciente (un milione di riflessi), ma non è vero il contrario (è molto più difficile), sottolinea Riva D.

E' molto importante che la gestione della verticale sia di tipo propriocettivo, il sistema propriocettivo, se non lo uso in modo raffinato, non serve.

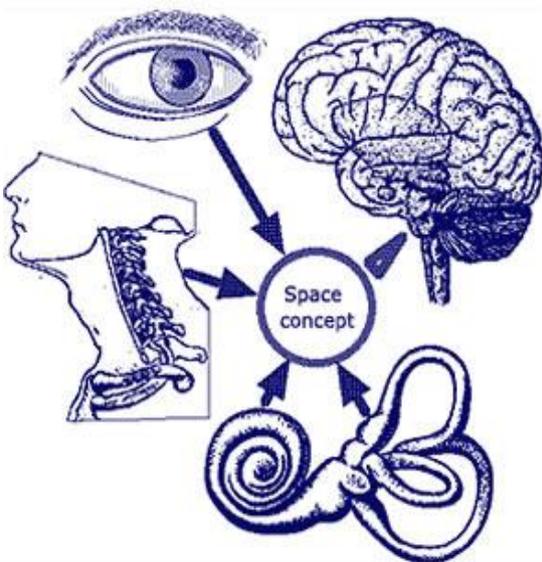
La propriocettività è uno stabilizzatore primario (più rapido), il sistema visivo è uno stabilizzatore secondario (più fragile), mentre il sistema vestibolare è uno stabilizzatore di emergenza. Il controllo posturale propriocettivo si disattiva facilmente per il non uso e viene sostituito dal sistema visivo e ciò avviene anche negli sportivi d'alto livello.

Se un canale sensoriale venisse escluso, ciò determinerebbe sicuramente un maggior impegno da parte degli altri analizzatori, ma in assenza del feed -back visivo, il

numero di situazioni biomeccaniche, che vengono gestite nell'unità di tempo, viene notevolmente ridotto, con conseguente riduzione del flusso di segnali propriocettivi.

Successivamente all'addestramento con il feed – back visivo è possibile affinare e ampliare l'utilizzo del segnale propriocettivo, o meglio la capacità di rilevare e trasformare il segnale in esercizio, tramite l'istituzione di limiti alle informazioni che questo fornisce.

All'utilizzo del feed – back visivo per lo svolgimento di un esercizio preciso, può



seguire la ripetizione dello stesso con l'esclusione dell'informazione istantanea relativa all'inclinazione della tavola (sul monitor), fornendo soltanto l'informazione relativa al compito da svolgere in ogni istante (il soggetto non viene informato su cosa sta eseguendo).

L'assenza dell'informazione visiva comporta la massima utilizzazione dei segnali propriocettivi, per svolgere adeguatamente il compito.

Fig. 26 – Elaborazione delle informazioni spaziali a livello centrale

Il soggetto deve interfacciarsi in modo diretto con i propriocettori periferici, con i segnali afferenti a livello cosciente, ottimizzando così sia l'afferenza stessa, che la produzione di risposte motorie di carattere volontario.

Per ottenere la massima efficacia nella stimolazione dei riflessi propriocettivi, è necessario ridurre al minimo i movimenti delle parti superiori del corpo.

Così facendo i centri nervosi che controllano i segnali afferenti in arrivo dall'arto inferiore in appoggio e le risposte muscolari efferenti, sono costrette alla risposta

massima, attuando e gestendo micro – contrazioni di agonisti e antagonisti per assicurare la gestione dell'equilibrio.

In pratica la massima attivazione del sistema propriocettivo e delle risposte muscolari riflesse si ottiene nella gestione del sistema/corpo umano, come un sistema rigido con un unico punto di snodo a livello della caviglia.

In tal modo la verticalità viene modulata utilizzando micro – correzioni di posizione dei segmenti più vicini al punto d'appoggio.

Anche se l'articolazione della caviglia è quella meccanicamente più sollecitata, tutte le articolazioni dell'arto inferiore emettono un altissimo flusso di segnali afferenti e la frequenza delle risposte riflesse è massima anche a livello del ginocchio e dell'anca, perché le articolazioni dell'arto inferiore rappresentano un' unità funzionale in comunicazione funzionalmente costante, cosicché una perdita o una carenza di motilità produce un deficit riflesso alle strutture connesse.

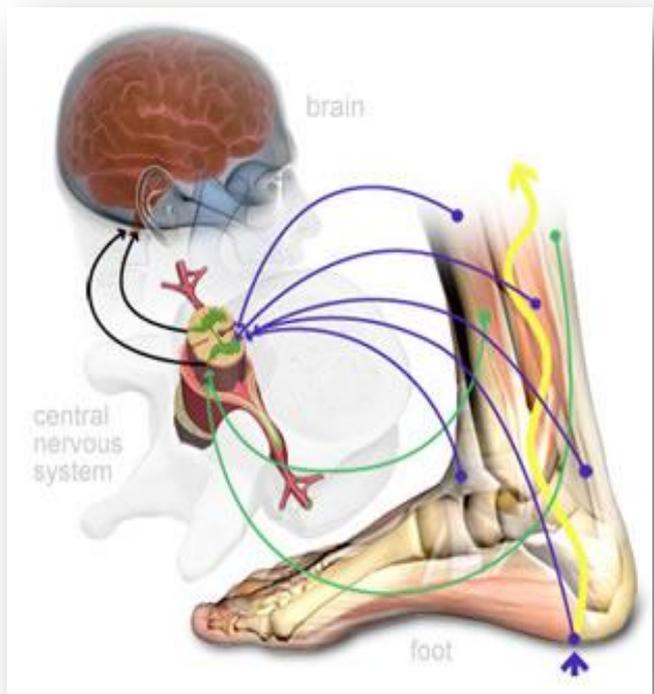


Fig. 27 – Connessioni nervose a livello tibio – tarsico

In appoggio mono – podalico sulla tavola basculante, possono essere distinti vari vincoli:

- a. senza vincolo;
- b. con vincolo totale: mani ai fianchi e foglio tra le ginocchia;
- c. con vincolo degli arti superiori o inferiore (vincolo parziale);

- d. con “vincolo virtuale” (il soggetto cerca di mantenere passivi e rilassati l’arto libero, il tronco e il cingolo scapolo – omerale).

L’obiettivo dei vari livelli di vincolo e del “vincolo virtuale” è quello d’indurre il soggetto a usare micro – movimenti a livello dei segmenti vicino al punto di appoggio, per mantenere la verticalità del suo corpo e controllare l’inclinazione della tavola, eliminando i macro – movimenti superiori.

2.6 IL CONTROLLO POSTURALE TRAMITE ALLENAMENTO SU SLACKLINE

Molti sciatori di alto livello da qualche anno utilizzano il cosiddetto “slacklining” come attrezzo e mezzo di allenamento per mantenere impegnato il loro fisico in una condizione complessa di disequilibrio.



Fig. 28 – Pacchetto slackline

L’attrezzo in questione è davvero fruibile e utilizzabile in spazi diversi, meglio se all’aperto, si fissa legandolo a due punti di ancoraggio fissi e si trazona la corda per metterla in tensione.

L’altezza dal suolo può essere varia, anche se durante le prime fasi di apprendimento dell’attrezzo risulta sicuro cercare un luogo con suolo morbido, se ci si trova all’esterno, mentre se la pratica è indoor è utile appoggiare al suolo superfici morbide

tipo tappetini e tappeti di gomma piuma e posizionare la slackline a pochi centimetri dal suolo.



Fig. 29 – Soggetto in equilibrio su slackline

Dai primi allenamenti su slackline la difficoltà è il controllo dell'oscillazione laterale sull'arto di supporto. Il training diminuisce le oscillazioni e migliora quindi il controllo posturale, con un'attivazione continua della muscolatura del core.

Keller (41) ha evidenziato gli adattamenti della colonna vertebrale che scaturiscono con allenamenti su slackline. In particolare lo studio ha coinvolto ventiquattro soggetti, facenti parte di un gruppo di controllo ed è stato osservato il controllo posturale, valutato prima e dopo dieci sessioni di allenamento.

È stato sottoposto a controllo il muscolo soleo, per verificare la reazione dei riflessi di Hofmann (H reflex), allo scopo di valutare le variazioni nell'eccitabilità dei circuiti di riflesso spinale. Soggetti allenati erano in grado di mantenere l'equilibrio sulla slackline per almeno 20" ($P < 0,001$) e movimenti ridotti sulla balance board ($P < 0,05$). Gli H – riflessi erano significativamente diminuiti ($P < 0,05$), mentre nessun cambiamento si è verificato nel background dell'elettromiografia ("bEMG").

Il gruppo di controllo non ha mostrato cambiamenti significativi. Da un punto di vista funzionale la riduzione del riflesso verificatasi potrebbe servire per sopprimere incontrollabili riflessi mediati dalle oscillazioni articolari. Il valore "bEMG" è rimasto invariato, mentre i meccanismi pre – sinaptici piuttosto che post – sinaptici è ipotizzabile siano responsabili del cambiamento di trasmissione afferente.

L'allenamento su slackline favorisce il miglioramento propriocettivo tramite l'instabilità, ma anche significativi aumenti nell'espressione della forza dinamica, nonché rappresenta un valido mezzo e metodo di allenamento per la promozione dell'equilibrio in prevenzione degli infortuni. Infatti i consueti allenamenti di forza, diversificati per periodi di lavoro nella programmazione atletica annuale, non risultano essere un sufficiente aiuto di supporto alla prevenzione del danno, che nello sci alpino è purtroppo facile subire (27).

2.7 APPLICAZIONI PRATICHE NELLA PREPARAZIONE FISICA DELLO SCIATORE DI LIVELLO

All'interno della vasta gamma di esercitazioni scandite nella programmazione estiva ed autunnale dello sciatore di alto livello, comprendente strategie di allenamento varie, da quelle multiformi a quelle specifiche, è importante inserire una progressione di esercizi di "core training" e propriocezione in varie combinazioni, come giusto presupposto per una perfetta acquisizione delle tecniche esecutive dei singoli movimenti e per il miglioramento propulsivo della performance.

Le esercitazioni in questione possono essere svolte a carico naturale e con l'ausilio di attrezzi coadiuvanti il lavoro specifico, con esercizi che condizionano lo stato di equilibrio, creando instabilità partendo da posizioni statiche e dinamiche.

Le situazioni che si creano di volta in volta modificano lo status fisico dell'atleta e ne migliorano la capacità di adattamento successivo, tramite un processo di sviluppo muscolare che gradualmente conduce alla "stability", progredendo con "core training" e propriocezione anche con esercizi citati nei precedenti paragrafi.

Il tutto poi si conclude con l'attività pre – acrobatica importante per sviluppare le capacità acrobatiche fondamentali per lo sciatore, quando deve far fronte a tutte le sollecitazioni a livello di busto, tronco ed arti inferiori, in fase di gara, tendenti a modificare lo stato di equilibrio dinamico.

2.7.1 CIRCUITS TRAINING

Nella programmazione sono previste diverse tappe con esercitazioni – tipo, che tengono conto delle caratteristiche che un atleta dovrebbe sviluppare nel corso della preparazione propriocettiva e per il core.

Vengono di seguito illustrati e descritti circuiti propedeutici allo sviluppo delle componenti citate.

- Circuito basato su esercizi propriocettivi

Isometria su due gambe per due gradi di appoggio su tavoletta basculante (anche con bastoncini)



Balzelli + isometria con arresto a 90° in posizione su trampolino elastico



Isometria su due tavolette basculanti in posizione



Skip su trampolino con bastoncini



Inclinazione laterale con bastoncini effettuando piccoli spostamenti



Isometria su tavole morbide in gomma e mantenimento della posizione



Corsa su 5/6 tavole morbide e ritorno; coordinazione agonisti e antagonisti



- Circuit training di equilibrio (prevalente statico) con introduzione di esercizi per il core.

Equilibrio isometrico su un solo arto con mantenimento della posizione



Equilibrio su ceppi anche con bastoncini



Equilibrio su tavola oscillante o bosu in decubito prono



Equilibrio su tavolette morbide con occhi chiusi; alternare il passaggio su arto destro e sinistro



Balzelli su trampolino con salto e arrivo
in piedi sopra materassone



Equilibrio su tavolette morbide alternando
il passaggio su arto destro e sinistro; mi
slaccio e riallaccio una scarpa



Isometria su pedana bosu su due piedi



Isometria su arto destro e poi arto
sinistro su di un piano rialzato



Curl up o crunch su fitball



Back extension su fitball



- Circuito propriocettivo e di equilibrio con esercizi multilaterali

Isometria su piano inclinato



Isometria su di un solo arto su tavoletta;
alternare arto destro e sinistro



Crunch su fitball



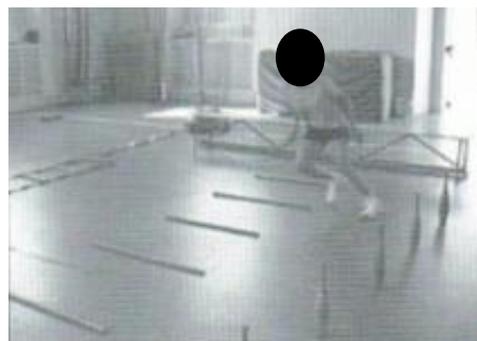
Isometria su pedana bosu su due piedi



Isometria su di un solo arto su tavoletta
con posizione arretrata; alternare arto
destro e sinistro



Corsa zig zag tra bastoni e conetti ed
arresto in isometria su materassone



- Circuito con esercizi di core stability specifici e con l'utilizzo di superfici instabili

Superman ad arti alternati



Mantenimento della posizione a candela



Crunch su bosu



Curl up su fitball



Dal crunch alla candela con palla medica



Bridge laterale con piedi in appoggio su fitball



Twist dinamico su fitball



Bridge supino con piedi in appoggio su fitball



Bridge supino con un piede in appoggio su fitball



Bridge prono con mani in appoggio su fitball



Bridge prono con gomiti in appoggio su fitball

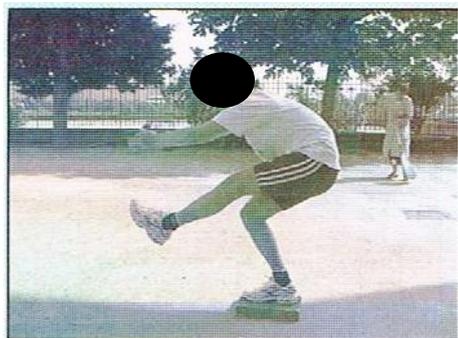
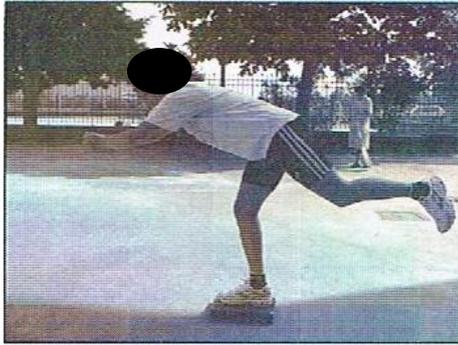


Bridge prono con piedi in appoggio su fitball

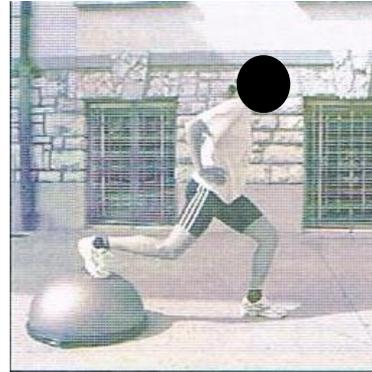


-Circuito costituito da esercizi dinamici con l'utilizzo di superfici instabili e slackline

Esercizio con passaggio di posizione dal vasto mediale al vasto laterale su di un arto in appoggio su superficie instabile



Esercizio di step su pedana bosu con arresto in affondo e ritorno



Corsa slalom tra birilli



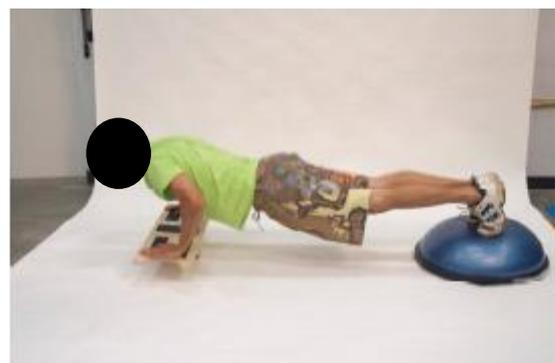
Esercizio di push-up su bosu



Piegamenti su vari angoli di 1/2 squat su bosu (120°-90°-60°)



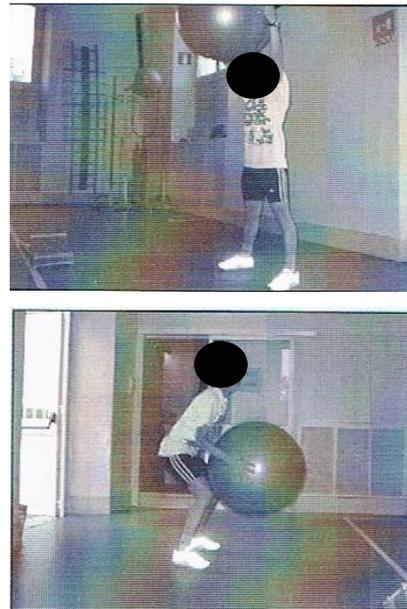
Esercizio di push-up con piedi in appoggio su bosu e mani in appoggio su tavoletta oscillante



Twist dinamico con elastico



Girata slancio con palla medica



Esercizio di camminata su slackline



Esercizio di stazionamento su slackline effettuando piegamenti in 1/2 squat



Esercizio di stazionamento su slackline in appoggio monopodalico



Esercizio di affondo su slackline



Esercizio in accosciata completa su slackline



Camminata su doppia slackline



Effettuare balzi da e su slackline



Come acquisizione finale delle capacità di movimento globale, che uno sciatore dovrebbe possedere per il controllo del proprio corpo, le combinazioni di esercizi acrobatici rappresentano un valido metodo di lavoro.

I percorsi iniziali vengono raggiunti dopo l'acquisizione delle tecniche corrette su capovolte, traslocazioni, salti ed atterraggi. Esempio di una combinazione acrobatica può essere la seguente: stazionamento in equilibrio su bosu mono – podalico, rincorsa con tuffo e capovolta, cammino sulla trave (o slackline per i più esperti), salita scala curva con tuffo su materassone, traslocazione su spalliera, capovolte avanti con mani alle caviglie e salto su trampolino elastico con tuffo su materassone.

- **CAPITOLO 3: RISPOSTE DELLE STRUTTURE MUSCOLARI DEL CORE E STUDI SULLA CORE STABILITY**

Diversi studi EMG sono stati condotti nell'ultima decade, per quantificare e convalidare gli esercizi di core stability. Gli studi controllati di riferimento sono pochi, come del resto i risultati ottenuti con esercizi che prevedono l'uso della fitball, ma certamente indicativi.

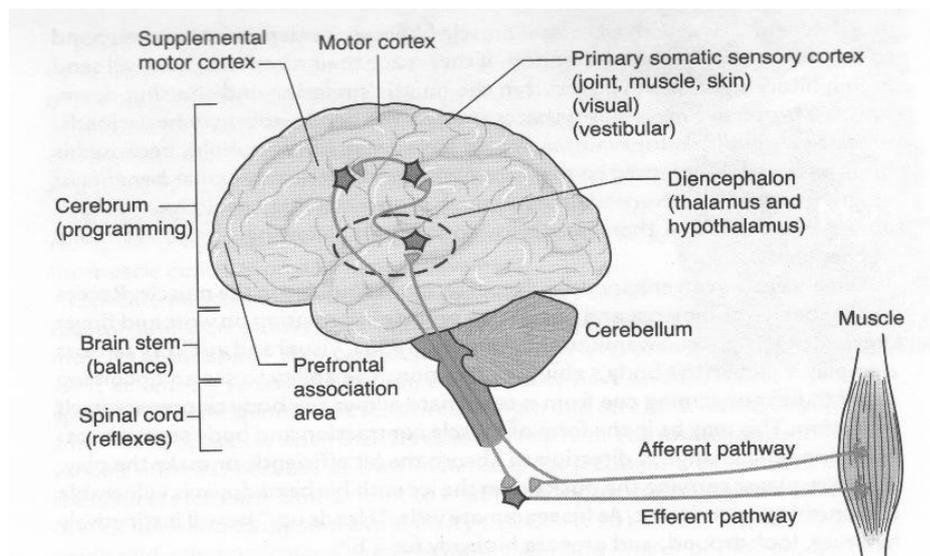


Fig. 30 – Circuito neurale che interessa un allenamento su Fitball. Le informazioni d'instabilità vengono percepite dal sistema propriocettivo e inviate al SNC che una volta analizzate si preoccuperà di fornire una risposta motoria il più efficiente possibile sotto forma di efferenza.

La core stability ha ormai preso piede, quale importante focus d'allenamento per molte attività fisiche e discipline sportive

3.1 VALUTAZIONI ELETTROMIOGRAFICHE DELLA "CORE MUSCOLATURE"

Un esercizio fornisce un'attivazione EMG sufficiente per l'allenamento di forza e superiore al 60% della contrazione massimale, mentre se è un esercizio basato sull'endurance meno, del 25%.

In un articolo pubblicato sul "Journal of Strength e Conditioning Research", i ricercatori erano interessati alla determinazione dei livelli di EMG di esercizi "avanzati" con l'uso della palla o fitball.

Gli autori hanno notato che la maggior parte degli studi EMG sugli esercizi con la palla, hanno valutato esercizi base, trovando così pochi esercizi che attivano la "core musculature", oltre ai tradizionali esercizi di resistenza, per quanto riguarda i livelli d'effetto dell'allenamento.

Nello studio (49) sono stati coinvolti 14 soggetti, i quali hanno eseguito esercizi di carattere avanzato in ordine casuale. Gli esercizi riguardavano il corpo nella sua interezza e non erano specifici per il core. Comunque sono stati rilevati dati EMG della parte superiore del corpo (deltoide, gran pettorale, tricipite), della zona del core (estensori lombari, retto dell'addome, obliquo esterno) e degli arti inferiori (vasto laterale e bicipite femorale).



Fig. 31 – Prone roll - out bridge

L'esercizio migliore è risultato il bridge, durante il quale il retto addominale è stato attivato al 61% della massima contrazione (MVC). Gli erettori spinali sono stati attivati di più durante l'esercizio "rolls", con il 54% di attivazione.

Questo esercizio ha sollecitato in modo interessante la parte superiore ed inferiore del corpo a livello di valori EMG. Il gran pettorale (41%), il muscolo deltoide (38%), il tricipite (73%), il vasto laterale (84%) e il bicipite femorale (54%).

Secondo gli autori di tale studio il roll – out da prona (vedi fig. 31) è stato il solo esercizio in grado di suscitare livelli di attività muscolare, associata ad un effetto allenante per il retto dell'addome. Hanno suggerito che esercizi avanzati con la fitball eseguiti da basso a moderato livello, non hanno la stessa efficacia sull'aumento dei livelli di forza come panca, squat e stacco da terra.

Questi risultati suggeriscono dunque che l'uso della fitball è più efficace per la stabilizzazione e le attività di resistenza (endurance), piuttosto che per l'allenamento della forza. È perciò importante sia per i medici ed i professionisti del settore, scegliere lo strumento e l'esercizio appropriato, per vantaggi in termini di risultato.

Altri studiosi (34) hanno indagato la funzione dei muscoli profondi e l'attivazione EMG del muscolo trasverso, uno dei principali muscoli, se non il principale, della "core musculature". In particolare la funzione che il muscolo in questione ha nella stabilità della colonna lombare durante il movimento dei lombi. Le due differenti funzioni del muscolo trasverso sono state valutate in 15 pazienti, 6 dei quali accusavano dolori lombari e altri 9 con nessun trascorso di problemi lombari. Il risultato di questo studio indica che una riduzione nella capacità di contrarre la parete addominale è legata ad alterazioni nella coordinazione del trasverso addominale, sebbene non si sia verificata una correlazione con l'intensità di tali alterazioni.

Come espresso nei capitoli precedenti, il ruolo del sistema nervoso centrale (SNC) è di fondamentale importanza nel controllo e nella decisione dell'azione motoria.

Il sistema nervoso centrale è coinvolto nella stabilizzazione della colonna tramite l'attivazione dei muscoli addominali e del multifido, in anticipo rispetto alle forze di reazione prodotte dal movimento dei lombi. In particolare il trasverso (TrA) e la muscolatura obliqua degli addominali si attivano in modo quasi indipendente dalla direzione di queste forze di reazione.

Ciò distingue il ruolo di trasverso e obliqui, che a livello di motilità profonda vengono interessati ed interfacciati per primi come protagonisti della stabilità dinamica, ma anche statica, tramite un'attivazione del SNC.

Normalmente il sistema neuro – muscolare (NMS) assicura la stabilità della colonna tramite appropriate tempistiche di reclutamento tra i muscoli che sono in grado di produrre grandi forze (sistema globale) e quei muscoli adibiti, invece, a garantire controllo e stabilità alla colonna (sistema locale).

La manifestazione di questi complessi schemi caratterizzati da co – contrazione, varia in base all'intensità ed al tipo di carico applicato alla colonna vertebrale stessa, implicando un grado d'indipendenza tra il controllo neurale di questi due sistemi.

Il sistema neuro – muscolare fornisce stabilità controllando la lordosi lombare e la zona segmentale neutra, tramite il meccanismo di pressione endo – addominale e l'applicazione di forze di compressione lungo la colonna in modo da irrigidirla e renderla stabile.

Molti studi comprendenti l'attività del core e le implicazioni che i vari muscoli hanno nella funzionalità del movimento, analizzano l'associazione tra muscoli addominali e/o del tronco con i movimenti delle braccia.

Hodges P. e Richardson (36) hanno verificato l'inefficienza di stabilizzazione della colonna nei casi di dolori lombari e valutato la funzione di controllo motorio del trasverso dell'addome, partendo da un'analisi della sequenza temporale dell'attività dei muscoli del tronco, associati al movimento del braccio. Il tutto per determinare se una disfunzione di tale attività fosse riscontrabile in pazienti affetti da dolori lombari.

I pazienti in posizione eretta hanno eseguito delle flessioni, abduzioni ed estensioni della spalla a velocità elevata e l'attività dei muscoli addominali, multifido e del deltoide controlaterale è stata registrata tramite EMG.



Fig. 32 – Lower Back Pain

I movimenti hanno provocato la contrazione dei muscoli del tronco generalmente prima o immediatamente dopo a quella del deltoide.

Il TrA è stato il primo muscolo ad attivarsi e ciò non veniva influenzato dalla direzione del movimento, supportando così l'ipotesi di un ruolo focale nella stabilizzazione della colonna. Inoltre la contrazione del muscolo trasverso nei pazienti

affetti da disturbi lombari, risulta significativamente ritardata in ciascuno dei movimenti imposti all'articolazione della spalla dei pazienti.

Il ritardo dell'inizio della contrazione del TrA indica un deficit di controllo motorio e s'ipotizza che sia causa di una stabilizzazione non efficiente della colonna

Anche l'attività respiratoria è molto importante e influenza la muscolatura addominale, soprattutto nei tempismi esecutivi. Analizzando i tempi di risposta degli addominali durante esercizi posturali Hodges ha verificato un aumento dell'attivazione dei muscoli addominali durante profonde inspirazioni ed espirazioni forzate, con svuotamento polmonare al di sotto della capacità residua funzionale (CFR) e manovre statiche di espulsione a glottide chiusa.

Quando invece l'attività respiratoria dei muscoli addominali aumenta, l'inizio della contrazione del trasverso dell'addome e dell'obliquo interno, rilevata dall'EMG, si registra significativamente prima nel caso in cui venga effettuata una flessione della spalla durante l'espirazione, in confronto all'inspirazione.

Hodges ha altresì valutato la risposta del diaframma a perturbazioni posturali prodotte da rapide flessioni delle spalle, in risposta ad uno stimolo visivo. Nello studio sono stati analizzati i soggetti in posizione eretta.

Sono state rilevate le pressioni gastrica, esofagea e trans – diaframmatica insieme alle registrazioni dell'attività elettromiografica (EMG) intramuscolare ed esofagea del diaframma.

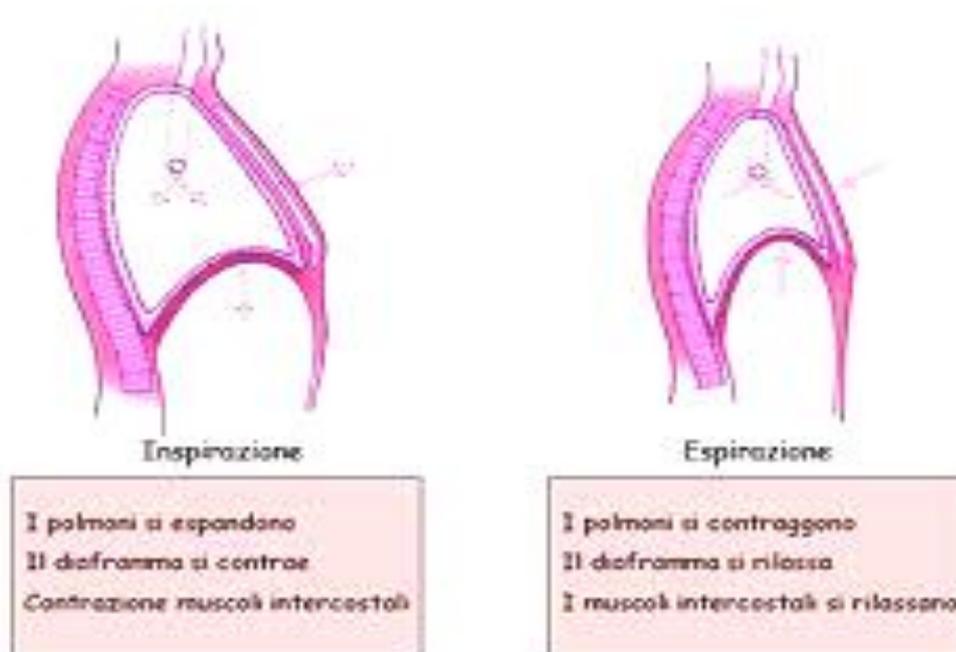


Fig. 33 – Meccanismi d'inspirazione ed espirazione

Per valutare i meccanismi di contrazione del diaframma e le sue variazioni dinamiche in lunghezza sono stati utilizzati gli ultrasuoni.

Durante i movimenti rapidi di flessione delle spalle, l'attività EMG del diaframma costale e crurale anticipa di circa 20ms quella del deltoide, indipendentemente dalla fase respiratoria, in cui inizia il movimento del braccio. L'attività elettromiografica del diaframma coincide con quella del muscolo Trasverso dell'Addome (TrA).

Questo studio fornisce prova evidente che il diaframma è coinvolto nel controllo della stabilità posturale durante improvvisi movimenti volontari dei lombi.

3.2 AGGIUSTAMENTI POSTURALI E CORE

Gli aggiustamenti posturali anticipatori sono involontari e gli aggiustamenti automatici alla postura intervengono, in modo primario e prioritario, per riferire delle perturbazioni posturali.

L'attività posturale dei muscoli è considerata anticipatoria se subentra in modo predominante all'attività focale dei muscoli, durante movimenti volontari.

C'è un dibattito continuo sullo specifico ruolo di pre – azione dell'attivazione dei patterns muscolari associata agli aggiustamenti posturali anticipatori (APA) (57), ai quali è stato attribuito il ruolo del controllo del centro di massa nella generazione del movimento.

Nell'ambito del Lower Back Pain (LBP) sembra esserci alla base una disfunzione della muscolatura addominale profonda (come visto in precedenza con gli studi di Hodges), causa di problemi anche abbastanza estesi ed intensi.

È stato proposto che queste disfunzioni scaturiscano in una sub – ottimale stabilità della colonna vertebrale nel tratto lombare e, forse, in un fattore meccanico nella patogenesi dell'LBP. Questi concetti vengono ripresi da numerosi programmi di core stability e di rieducazione funzionale, nonché di riabilitazione, con delle conclusioni che riconducono al ruolo di pre – azione e di pre – attivazione della muscolatura bilaterale del muscolo trasverso dell'addome (TrA).

L'attività spinale riesce a ottenere una sufficiente stabilità che conduce a miglior possibilità posturale sia in individui sani, che in individui che debbono ricorrere a cure per ristabilizzare i propri atteggiamenti corporei. Questo presuppone il ruolo predominante del TrA nel contribuire al controllo del centro di massa e alla mansione focale di perno della muscolatura del core (come nel movimento delle braccia).

Ci sono studi che avvalorano il ruolo del TrA di contribuire alla stabilità segmentale della colonna, mentre agendo bilateralmente in un'azione a corsetto in congiunzione con le leve ossee, stabilizza l'articolazione sacroiliaca, o attraverso un tensionamento della fascia toraco – lombare (9,76).

Alcuni autori utilizzano modelli ingegneristici per trovare dei paragoni e similitudini circa la capacità magnetica di stabilizzazione dell'attivazione bilaterale del TrA (28), ciò dimostra come in letteratura sia difficile trovare valori del TrA nella sua funzione multilaterale e correlare l'attivazione di tale muscolo nei vari movimenti.

Pochi studi analizzano e dimostrano i patterns di attivazione bilaterale degli addominali profondi, ma molti attestano che la stabilità si manifesta ed è supportata grazie all'attivazione della muscolatura addominale profonda.

Il ruolo del trasverso è comunque ampiamente dimostrato, nelle sue attivazioni bilaterali, o meno, come avviene, per esempio, durante movimenti degli arti superiori.

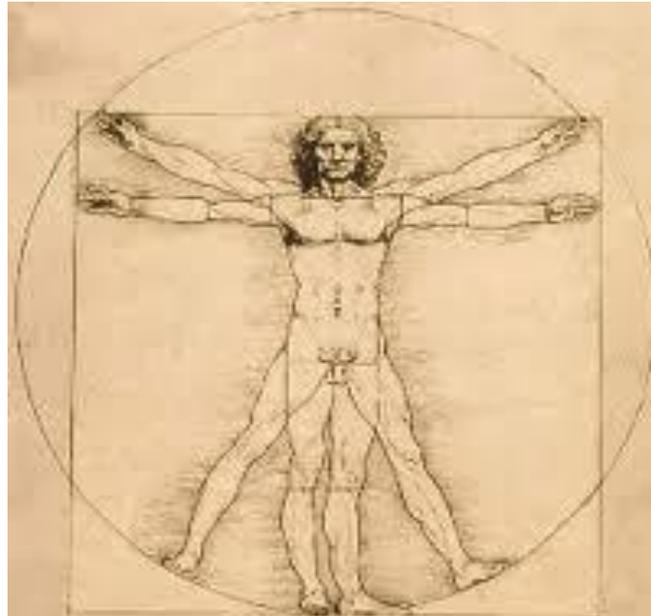


Fig. 34 – Uomo vitruviano (Leonardo da Vinci).
Celeberrima rappresentazione delle proporzioni ideali del
corpo umano

Nel proporre un programma di training che tenga conto di corretti atteggiamenti posturali bisogna ricordare il ruolo del core nella stabilità della colonna vertebrale, per cui occorre allenare la muscolatura profonda dell'addome, prendere coscienza e sensibilità della propria postura per cambiare in meglio la funzionalità posturale della colonna, associando esercizi a carico basso (4), così è possibile avere elementi corretti per un programma di allenamento di successo, fatto di carichi differenti e di un trattamento completo, per il bene della postura (25).

Negli sport che comportano rotazione ed atterraggi, come lo sci alpino, le atlete soffrono d'infortunio al ginocchio con un tasso superiore ad atleti di sesso maschile.

Secondo Bohdanna T. Zazulak et al. (15), i deficit propriocettivi nel controllo del core possono influire sulla stabilità dinamica del ginocchio. La dimostrazione è giunta a seguito di uno studio effettuato su 277 atleti di college (140 femmine e 137 maschi), testati in modo prospettico per la propriocezione del core, sia durante esercizi attivi, che passivi. Gli atleti sono stati monitorati per 3 anni e i risultati sono stati davvero sorprendenti.

Venticinque atleti hanno subito infortuni alle ginocchia (11 donne, 14 uomini), ma quel che più è importante sta nel riscontro di deficit in attività di riposizionamento propriocettivo, che sono stati osservati nelle donne con lesioni del ginocchio ($2,2^\circ$) e lesioni legamentose o meniscali ($2,4^\circ$), rispetto alle donne che non hanno subito alcuna lesione ($1,5^\circ$, $P \leq 0,05$).

Non sono emerse differenze nella media d'errore di riposizionamento propriocettivo attivo tra uomini con danno al ginocchio e uomini illesi ($P \geq 0,05$). Le donne illese hanno dimostrato significativi errori minori in media nel riposizionamento propriocettivo attivo, rispetto agli uomini illesi ($1,5^\circ$ vs $1,7^\circ$, $P \leq 0,05$).

Il riposizionamento propriocettivo attivo del tronco ha predetto uno stato d'infortuni al ginocchio con il 90% della sensibilità ed il 56% della specificità nelle donne atlete.

Questo ha permesso di stabilire come una ridotta propriocezione del core, misurata tramite riposizionamento sia attivo, che passivo del tronco, comporti un aumento del rischio d'infortunio nelle donne atlete, ma non negli uomini.

• CONCLUSIONE

Cercare i mezzi ed i metodi di allenamento ottimali per ottenere aumenti delle prestazioni e miglioramenti strutturali e funzionali del fisico comporta la capacità d'individuare delle caratteristiche tipiche e peculiari delle componenti del lavoro che ben si abbinino e riescano ad essere modulabili all'attività praticata.

L'allenamento globale che si è delineato nel corso degli anni, anche per lo sci alpino, conviene alla filosofia scientificamente provata del "core training". La successione di sinonimi e di determinati vocaboli significanti il "core", apre un mondo di nozioni spesso confuse, per indicare modalità di lavoro o programmi allenanti, ma non risponde al reale valore implicito nel concetto stesso che porta alla "core stability".

La tesi in oggetto vuole essere un modo per rendere nitido, quanto possibile, il significato di core e la sua effettiva valenza, proponendo numerosi studi di settore, con analisi elettromiografiche e seguendo un filo comune con la propriocezione ed ho cercato di avvalorare una tematica così specifica e ancora poco approfondita, veramente vantaggiosa ed attuabile in molti settori, in particolar modo nel training per lo sci alpino.

L'utilizzo di superfici instabili è fondamentale nell'allenamento di una disciplina in cui la locomozione è caratterizzata da continui spostamenti spaziali in situazioni di equilibrio precario ed in cui serve una forza ed una capacità di risposta neuromuscolare a livello del tronco, tale per cui, risulta fondamentale allenare, con alto impatto nervoso, il centro focale del corpo, il core, in condizioni complesse d'instabilità.

Le condizioni di somministrazione del carico variano e debbono essere modulate, con sequenze di allenamento razionali e coerenti, verso un determinato obiettivo, ma anche per prevenire eventuali e possibili squilibri posturali o infortuni, che compromettano la stabilità della colonna vertebrale.

Gli aspetti caratterizzanti la specificità dell'allenamento in riferimento alla pratica di discipline sportive diverse, trova nella "core stability", una situazione importante per

rendere globale, il più possibile l'espressione della forza dell'individuo, ma studi dovranno approfondirne le particolarità muscolari e le possibilità di manovra, anche e grazie al supporto della tecnologia.

• BIBLIOGRAFIA

- 1) Addison R., "Trunk strenght in patients seeking hospitalization for chronic low – back disorders". Spine, 1980; 5: 539 – 544.
- 2) Akuthota V, Nadler SF., "Core strengthening". Arch Phys Med Rehab 2004 Mar;85(3 Suppl 1):S86-92.
- 3) Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, Fredericson M. "Core stability exercise principles". Curr Sports Med Rep 2008 Feb;7(1):39-44.
- 4) Allison GT., "Delayed transversus abdominis onsets can be normal: choice of movement changes feedforward responses". Biennial state conference of the Australian Physiotherapy Association. Fremantle, Western Australia: Australian Physiotherapy Association; 2005.
- 5) Altenburg, T. M., Degens, H., van Mechelen, W., Sargeant, A. J. and de Haan, A. (2007). "Recruitment of single muscle fibers during submaximal cycling exercise". J.Appl Physiol.
- 6) Anderson KG, Behm DG. "Trunk muscle activity increases with unstable squat movements". Can J Appl Physiol 2005; 30(1):33-45.
- 7) Arokoski JP, Valta T, Kankaanpaa M et al. "Back and abdominal muscle function during stabilization exercises". Arch Phys Med Rehabil 2001; 82(8):1089-1098.
- 8) Åstrand PO and Rodahl K (1986) "Textbook of work physiology" (3rd ed.) New York: Mc Graw Hill.
- 9) Barker PJ., Guggenheimer KT., Grkovic I., et al., "Effects of tensioning the lumbar fasciae on segmental stiffness during flexion and extension". Young Investigator Award winner, Spine. 2006; 31: 397 – 405.
- 10) Behm DG, Drinkwater EJ, Willardson JM, Cowley PM. "The use of instability to train the core musculature". Appl Physiol Nutr Metab 2010; (35): 91-108.
- 11) Behm DG, Wahl MJ, Button DC, Power KE, Anderson KG. "Relationship between hockey skating speed and selected performance measures". J Strenght Cond Res 2005; 19(2):326- 331.
- 12) Berg, H. E. and Eiken, O. (1999). "Muscle control in elite alpine skiing". Med Sci Sports Exerc.

- 13) Bergmark A. "Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering". Acta Orthop Scand Suppl 1989; 230:1-54.
- 14) Bigliadori M., Antoniol C., Baroli M., Botto F*, Lameri E., Tellatin E.; "Riabilitazione e ritorno alla pratica dello sci alpino dopo ricostruzione del LCA"; Sport Reconditioning Center Isokinetic, Cortina d'Ampezzo; *Unità Operativa Chirurgica del Ginocchio, Padova – Italy. Book: "The rehabilitation of winter and Mountain Sports Injuries 2006"; XV International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology.
- 15) Bohdanna T. Zazulak, Timothy E. Hewett, N. Peter Reeves, Barry Goldberg, Jacek Cholewicki, "The Effects of Core Proprioception on Knee Injury: A Prospective Biomechanical – Epidemiological Study". Am. J. Sports Med. 2007; 35; 368 originally published online Jan 31, 2007.
- 16) Borghuis J, L. Hof, K. A.P.M. Lemmink; "The importance of sensory-motor control in providing Core Stability". Sport Medicine. 38 (11): 893-916. 2008.
- 17) Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, Aisa G Rizzu A. "Prevention of anteriori cruciate ligament incurie in soccer: a prospective controller study of proprioceptive training". Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1996; 4:19-21.
- 18) Clark EM, Holt LE, Sinyard J. "Electromyographic comparison of the upper and lower rectus abdominis during abdominal exercises". J Strenght Cond Res 2003; 17(3):475-483.
- 19) Comerford MJ. "Performance stability, module 1: stability for performance. Course 1: core stability concepts". Ludlow: Comerford e performance stability 2007.
- 20) Cosio – Lima LM, Reynolds KL, Winter C et al. "Effects of a physioball and conventional floor exercises on early phase adaptations in back and abdominal core stability and balance in women". J Strenght Cond Res 2003; 17:721-725.
- 21) Drake JD, Fischer SL, Brown SH, Callaghan JP. "Do exercise balls provide a training advantage for trunk extensor exercises?" A biomechanical evaluation". J Manipulative Physiol Ther 2006; 29(5):354-362.
- 22) Duncan M., "Muscle activity of the upper and lower rectus abdominis during exercises performed on and of a swiss ball". J Bodyw Mov Ther 2009;doi:10.1016/2008.11.008.
- 23) Faries MD, Greenwood M. "Core training: stabilizing the confusion". Strenght Cond J 2007; 29 (2): 10-25.
- 24) Fig G. "Sport specific conditioning: strength training for swimmers – training the core". Strenght Cond J, 2005; 27(2): 40-42.

- 25) Gary T. Allison, Sue L. Morris, Brendan Lay, "Feedforward Responses of Transversus Abdominis Are Directionally Specific and Act Asymmetrically: Implications for Core Stability Theories". *J of Orthop & Sports Physical Ther*, n°5, volume 38, May 2008.
- 26) Gibbons SGT, Comerford MJ. "Strenght versus stability: part 1: concept and terms". *Orthop Div Review* 2001; march/april: 21-27.
- 27) Granacher U., Iten N., Roth R., Gollhofer A., "Slackline training for balance and strength promotion". University of Basel, Institute of Exercize and Health Sciences, Basel, Switzerland. *Int J Sports Med*. 2010 Oct;31(10):717-23. Epub 2010 Jul 30.
- 28) Grenier SG., McGill SM., "Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies". *Arch Phys Med Rehabil*. 2007; 88; 54 – 62.
- 29) Haymes EM., Dickinson AL. (1980); "Characteristics of elite male and female ski racers". *Med Sci Sports Exerc*; 12(3):153-158.
- 30) Hamlyn N, Behm DG, Young WB. "Trunk muscle activation during dynamic weighttraining exercises and isometric instability activities". *J Strenght Cond Res* 2007; 21(4):1108-1112.
- 31) Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. "Optimizing performance by improving core stability and core strength". *Sports Med* 2008;38(12):995-1008.
- 32) Hides JA, Richardson CA, Jull GA. "Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first episode low back pain". *Spine* 1996; 21:2763-2769.
- 33) Hintermeister RA, O'Connor DD, Dillman CJ, Suplizio CL, Lange GW, Steadman JR (1995) "Muscle activity in slalom and giant slalom skiing". *Med Sci Sport Exerc.*: 27(3):315- 322.
- 34) Hodges PW, Richardson CA. "Contraction of the abdominal muscle associated with movement of the lower limb". *Phys Ther* 1997; 77(2):132-144.
- 35) Hodges PW, Richardson CA. "Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement". *Exp Brain Res* 1997; 114(2):362-370.
- 36) Hodges PW, Richardson CA. "Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speed". *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80(9):1005-1012.
- 37) Hodges PW. "Core Stability exercise in chronic low back pain". *Orthop Clin N Am* 2003; 34: 245-254.

- 38) Hodges PW. "Core Stability exercise in chronic low back pain". *Orthop Clin N Am* 2003; 34: 245-254.
- 39) Holtzmann M, Gaetz M, Anderson G. "EMG activity of trunk stabilizers during stable and unstable push-ups". *Can J Appl Physiol* 2004; 29:S55.
- 40) Kebatse M, McClure P, Pratt N. "Thoracic position effect on shoulder range of motion, strength, and 3-D scapular kinematic". *Arch Phys Med Rehabil* 1999; 80: 945-950.
- 41) Keller M., Pftustershmied J., Buchecker M., Müller E., Taube W., "Improved Postural Control after Slackline Training is accompanied by Reduced H – reflex". *Scand J Med & Sci Sports* 2011.
- 42) Kibler WB, Press J, Sciascia A. "The role of core stability in athletic function" . *Sports Med*, 2006;36(3):189-198.
- 43) Krustup, P., Soderlund, K., Relu, M. U., Ferguson, R. A. and Bangsbo, J. (2009). "Heterogeneous recruitment of quadriceps muscle portions and fibre types during moderate intensity knee-extensor exercise". *Scand J Med Sci Sports*.
- 44) Le Boulch J., "Sport Educativo. Psicocinetica e Apprendimento Motorio" Armando Editore (collana "I problemi dell'educazione") 1990, 288p.
- 45) Leetun DT, Irelan ML, Willson JD et al., "Core stability measure as risk factors for lower extremity injury in athletes". *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36(6):189-198.
- 46) Lehman GJ, "Resistance training for performance and injury prevention in golf". *J Can Chiropr Assoc* 2006; 50(1): 27-42.
- 47) Lehman GJ, Gordon T, Langley J, Pemrose P, Tregaskis S., "Replacing a swiss ball for an exercise bench causes variable changes in trunk muscle activity during upper limb strength exercises". *Dyn Med* 2005; Jun 3, 4:6.
- 48) Magalini M, Gnoato G., Centro di Riabilitazione Magalini Medica, Bassano del Grappa (VI); "Interpretazione e trattamento della lombalgia nello sciatore". Abstract Book: "The rehabilitation of winter and Mountain Sports Injuries" 2006; XV International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology; 87 – 88.
- 49) Marshall PW, Desai I. "Electromyographic analysis of upper body, lower body, and abdominal muscles during advanced Swiss ball exercises". *J Strength Cond Res*. 2010 Jun;24(6):1537-45.
- 50) Marshall P, Murphy BA. "Changes in muscle activity and perceived exertion during exercises performed on and off a swiss ball". *Appl Physiol Nutr Metab* 2006; 31(4):376-383.

- 51) McGill SM. "Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation". *Exerc Sport Sci Rev* 2001; 29(1): 26-31.
- 52) McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. "Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine". *J Electromyogr Kinesiol* 2003; 13:353-359.
- 53) Mori A. "Electromyographic activity of selected trunk muscles during stabilization exercises using a gym ball". *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2004; 44:57-64.
- 54) Nachemson A, Lindh M. "Measurement of abdominal and back muscle strength with and without low back pain". *Scand J Rehabil Med* 1969; 1: 60 – 65.
- 55) Nadler SF, Malanga GA, DePrince M, Stitik TP, Feinberg JH. "The relationship between lower extremity injury, low back pain, and hip muscle strength in male and female collegiate athletes". *Clin J Sport Med* 2000; 10:89-97.
- 56) Nadler SF, Malanga GA, Feinberg JH, Prybicien M, Stitik TP, DePrince M. "Relation between hip muscle imbalance and occurrence of low back pain in collegiate athletes: a prospective study". *Am J Phys Med Rehabil* 2001; 80:572-577.
- 57) Nardone A., Schieppati M., "Postural adjustments associated with voluntary contraction of leg muscles in standing man". *Exp Brain Res.* 1988; 69: 469 – 480.
- 58) Natri A. et al.; "Alpine Ski Bindings and injuries" *Sport Med* 28 (1); 35 – 48, 1999.
- 59) Neumayr G. et al. "Physical Profile of Elite Skiers". *Int J Sports Med* 2003.
- 60) Norwood JT, Anderson GS, Gaetz MB, Twist PW. "Electromyographic activity of the core stabilizer during stable and unstable bench press". *J Strength Cond Res* 2007; 21(2):343-347.
- 61) Nuzzo JL, McCaulley GO, Cormie P, Cavill MJ, McBride JM. "Trunk muscle activity during stability ball and free weight exercises". *J Strength Cond Res* 2008; 22(1): 95-102.
- 62) O'Sullivan PB, Beales DJ, Beetham JA et al. "Altered motor control strategies in subjects with sacroiliac joint pain during the active straight-leg-raise test". *Spine* 2002; 27:E1-8.
- 63) Pollock ML, Leggett SH, Graves JE et al. "Effect of resistance training on lumbar extension strength". *Am J Sport Med* 1989; 17(5):624-629.
- 64) Punjabi M. "The stabilizing system of the spine, part 1: function, dysfunction, adaptation and enhancement". *J Spinal Disord* 1992; 5:383-389 80.

- 65) Reich W., "Analisi del carattere" (1933) (tr. Furio Belfiore e Anneliese Wolf, SugarCo Milano 1973 ISBN 88-7198-209-6).
- 66) Richardson C, Jull G, Hodges P, Hides J. "Therapeutic exercise for spinal segmental stabilization in low back pain: scientific basis and clinical approach" . Edinburgh (NY): Churchill Livingstone,1999.
- 67) Roetert PE. "3D balance and core stability". In: Foran B, editor 2001 ; High Performance sports conditioning: modern training for ultimate athletic development. Champaign (IL), Human Kinetics.
- 68) Rossellini M., "Protocollo Riabilitativo con l'utilizzo del bosu nel recupero di un trauma discorsivo del ginocchio in uno sciatore di terza età";Fitness Sport Club Studio fisioterapico e Ambulatorio di medicina Sportiva, Magione, Perugia. Abstract Book: "The rehabilitation of winter and Mountain Sports Injuries" 2006; XV International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology.
- 69) Saal JA, Saal JS."Nonoperative treatment of herniated lumbar intervertebral disc with radiculopathy: an outcome study". Spine 1989; 14 (4):431-437.
- 70) Salsi A., Centro di Riabilitazione Sportiva Isokinetic, Bologna " Treatment of spine incurie: kinesitherapy". Abstract Book: "The rehabilitation of winter and Mountain Sports Injuries" 2006; XV International Congress on Sports Rehabilitation and Traumatology; 54 – 55.
- 71) Sjogaard, G., Savard, G. and Juel, C. (1988). "Muscle blood flow during isometric activity and its relation to muscle fatigue". Eur J Appl Physiol Occup Physiol.
- 72) Stephenson J, Swank AM. "Core training: desing a program for everyone". Strenght Cond J, 2004; 26(6): 34-37
- 73) Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NM, Coorevits PL et al. "Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises". BMC Muscoskelet Disord 2006; 7:75.
- 74) Szmedra, L., Im, J., Nioka, S., Chance, B. and Rundell, K. W. (2001). "Hemoglobin/myoglobin oxygen desaturation during Alpine skiing". Med Sci Sports Exerc.
- 75) Tesch, P., Larsson, L., Eriksson, A. and Karlsson, J. (1978). "Muscle glycogen depletion and lactate concentration during downhill skiing". Med Sci Sports.
- 76) Tesch KM., Hodges PW., "Immediate changes in feedforward postural adjustment following voluntary motor training". Exp Brain Res. 2007; 181: 537 – 546.

- 77) Tse MA, McManus AM, Masters RS. "Development and validation of a core endurance intervention program: implications for performance in college-age rowers". *J Strength Cond Res* 2005; 19(3):547-552
- 78) Van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, Rozenthal RH. "The unique action of bi-articulate muscles in complex movements". *J Anatom* 1987; 155:1-5.
- 79) Vera-Garcia FJ, Grenier SG, McGill SM. "Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces". *Phys Ther* 2000;80: 564-569.
- 80) Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. "Muscle activation in therapeutic exercise to improve trunk stability". *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81(10):1370-1379.
- 81) Willardson JM, Fontana F, Bressel E. "Effect of surface stability on core muscle activity for dynamic resistance exercises". *Int J Sports Physiol Perform* 2009; 4:97-109.
- 82) Willardson JM. "Core stability training: applications to sports conditioning programs". *J Strength Cond Res* 2007 Aug;21(3):979-985.
- 83) Willson JD, Dougherty CP, Ireland ML, Davis IM. "Core stability and its relationship to lower extremity function and injury". *J Am Acad Orthop Surg* 2005; 13(5): 316-325.
- 84) Zattara M, Bouisset S. "Posturo-kinetic organization during the early phase of voluntary limb movement". *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988; 52: 956-965.