

POTENZIAMENTO FUNZIONALE ED ALLENAMENTO DELLA FORZA

Aspetti fisiologici ed anatomo-funzionali dello sviluppo della forza

Di Karl Peter Knebel

I mezzi d'allenamento della forza si propongono generalmente due obiettivi: il mantenimento e il miglioramento della forza muscolare per l'incremento dei risultati sportivi nello sport di alto livello, il mantenimento e miglioramento della forma fisica, nello sport per tutti. Spesso però nella scelta e nell'esecuzione degli esercizi utilizzati per tali scopi non si tiene adeguatamente conto del funzionamento dell'unità biologica "muscolo scheletrico - articolazione". Questo concetto viene chiarito con l'esempio degli esercizi utilizzati per l'allenamento della forza dei muscoli estensori degli arti inferiori. Il mancato rispetto delle condizioni cinetiche delle loro esecuzione può condurre ad alterazioni ed a fenomeni d'usura, causa di infortuni e di lesioni a lungo termine, che provocano spesso abbandoni della carriera sportiva. Ulteriore fonte di rischi è la mancata considerazione del mantenimento di uno stato funzionale proporzionato della muscolatura di una articolazione, in particolare del rapporto tra muscolatura agonista ed antagonista, con il determinarsi di squilibri muscolari, che aggravano i già considerevoli eccessi di carico dell'apparato motorio locomotore e di sostegno passivo. Oltre a quello della muscolatura estensoria e flessoria degli arti inferiori, viene fatto un altro esempio tipico di tale disfunzione muscolare all'interno di una catena articolare, rappresentato dai rapporti esistenti a livello del bacino e del tratto lombare della colonna vertebrale. A tale proposito vengono mostrate modalità scorrette e corrette di potenziamento della muscolatura addominale e dorsale. Ricordata ancora una volta l'importanza di non trascurare i rapporti esistenti nell'unità biologica "muscolo articolazione" viene affermato che per un allenamento funzionale della forza sono imprescindibili sia il potenziamento, che l'allungamento ed il rilassamento. Infatti solo migliorando l'insieme delle capacità del muscolo è possibile assicurarne il pieno rendimento e prevenire a lungo termine lesioni e danni dell'apparato motorio passivo.

Nello sport esistono molteplici forme di manifestazione della forza. Non meno numerose sono le varianti dei metodi, degli esercizi e degli attrezzi che vengono utilizzati in allenamento per cercare di intervenire su quella componente della *capacità di prestazione muscolare* costituita dalla forza dei movimenti, nell'intera gamma delle sue forme d'espressione.

Tutti i mezzi di *allenamento della forza* utilizzati nelle varie forme di pratica sportiva perseguono, di regola, due obiettivi:

1. *il mantenimento ed il miglioramento della forza muscolare, finalizzati all'incremento del risultato sportivo* (aspetto inerente allo sport di alto livello);
2. *il miglioramento ed il mantenimento dello stato di forma fisica* (aspetto proprio dello sport per tutti e dello sport che ha per finalità il mantenimento della salute).

Soprattutto le condizioni dello sport agonistico nel settore dell'alto livello portano allenatori ed istruttori a valutare la *qualità della forza muscolare esclusivamente in termini di risultato sportivo raggiunto*.

Una conseguenza di questo modo di vedere il problema è il fatto che ci si spinge sempre oltre nello stabilire record sportivi, conformemente al motto olimpico "*citius, altius, fortius*". Ma con

questo continuo miglioramento del risultato si accrescono anche, in maniera esponenziale, i rischi per l'atleta.

A questo proposito le esperienze dell'ultimo decennio mostrano chiaramente quanto segue: *il principale fattore limitante della prestazione è soprattutto la capacità di carico dell'apparato motorio passivo (con le sue strutture di tessuto connettivo), soprattutto quando, in allenamento, nella scelta e nell'esecuzione degli esercizi per la forza non vengono prese in considerazione adeguata le funzioni dell'unità biologica "muscolo scheletrico - articolazione"* (cfr. anche Tittel 1986).

Questo concetto può essere chiarito con un esempio, tratto dalla pratica dell'allenamento, che riguarda *l'allenamento della forza degli estensori degli arti inferiori*.

In tutti i settori dello sport (sport di alto livello, sport per l'acquisizione/mantenimento della forma fisica, ma anche nella riabilitazione) godono di grande popolarità le macchine per la *leg - extension*. Originariamente queste macchine sono state costruite per consentire lo sviluppo della forza dei muscoli estensori del ginocchio - un gruppo muscolare spesso importante nell'esecuzione di movimenti sportivi - evitando di sottoporre a carico la colonna vertebrale, sensibile a tali sollecitazioni. Si tratta, indubbiamente, di una riflessione encomiabile, nell'interesse della prevenzione. Però, per l'articolazione del ginocchio il "conto non torna" allo stesso modo, visto che le *condizioni cinetiche* di questa articolazione - che è la più complessa ed al tempo stesso quella, tendenzialmente, più sensibile alle sollecitazioni (ricordiamo che a questo proposito lo specialista statunitense del ginocchio J. A. Nicolas sostiene che si tratta dell'articolazione "peggio costruita di tutte") - non vengono adeguatamente valutate né da coloro che producono le macchine, né da allenatori ed istruttori. Nello sport essa viene spesso considerata una articolazione a "cerniera", mentre in realtà si tratta, di una articolazione trocoide scorrevole, cioè la meccanica del suo movimento consiste in rotolamento e scivolamento, la cui funzionalità e stabilità vengono garantite da un apparato capsulo - legamentoso estremamente complesso.

In base a questo tipo di funzione, estendendo il ginocchio dalla posizione seduta contro un'opposizione si sviluppa una *componente di forza di taglio* (cfr. figura 1 e 2). Il punto d'inserzione (punto C) di questo vettore di forza (J) e della direzione dell'azione dei legamenti del ginocchio (P) si trova all'esterno del "sistema".

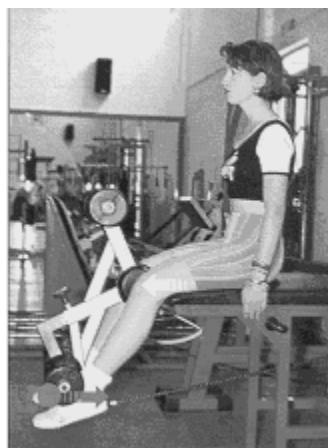


Figura 1 - Macchina per la leg - extension. Possibile componente di forza tagliente che agisce sui legamenti crociati anteriori.

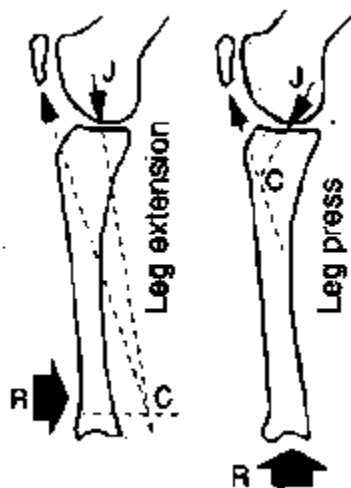


Figura 2 - Modificazione del carico a cui viene sottoposto il ginocchio nel caso dell'estensione (a sx) e della pressione (a dx).

Diversa è la situazione di carico dell'articolazione quando si usano le macchine per effettuare la cosiddetta *leg - prese* (cioè l'estensione eseguita spingendo, figure 3, 4). In questo caso la forza di taglio è notevolmente inferiore, il punto d'intersezione (C) si trova all'interno del sistema. Inoltre il vettore della forza (J) è più corto, e non può sottoporre ad un carico errato i legamenti crociati anteriori mediante un braccio di leva J - C lungo, come invece avviene nel caso della *leg - extension* (raffigurata nella parte sinistra della figura 2).

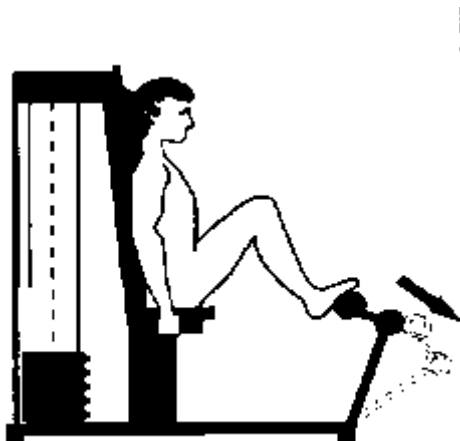


Figura 3 - Macchina funzionale per eseguire leg - press.

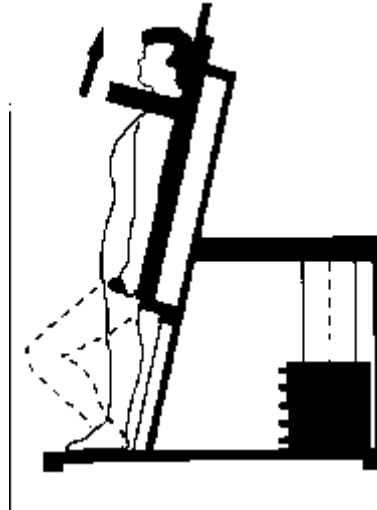


Figura 4 - Attrezzo per l'allenamento funzionale della forza degli arti inf., ideato da Hacklift. L'estensione delle articolazioni delle ginocchia e dell'anca in un unico tipo di azione tiene in considerazione la situazione biarticolare del ventre retto del quadricipite (*m. rectus femoris*).

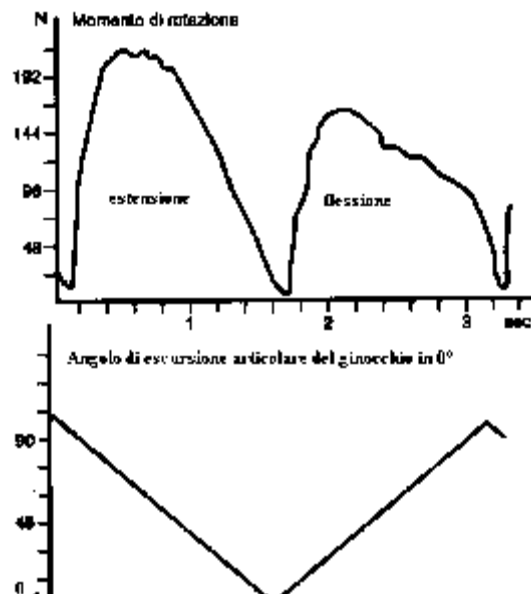


Figura 5 - Rappresentazione grafica dei risultati ottenuti da tennisti di livello mondiale in un test di forza massimale ($60^\circ / \text{sec.}$) dei mm. Estensori e flessori dell'articolazione del ginocchio.

Nell'allenamento sportivo, se vengono trascurate queste condizioni cinetiche si possono determinare *alterazioni o fenomeni da usura* con compromissione della stabilità, soprattutto a carico delle estremità scheletriche dell'articolazione. L'aspetto peggiore consiste nel fatto che l'atleta, per lungo tempo, non si accorge di nulla, in quanto, d'altro canto, la muscolatura dell'articolazione del ginocchio, che ne assicura la stabilità, viene rafforzata e quindi può compensare a lungo - talvolta per tutto l'arco della carriera sportiva - la perdita latente di stabilità dell'apparato legamentoso.

Le difficoltà iniziano quando avviene che lo stato funzionale della muscolatura del ginocchio subisce un calo, ad esempio con l'invecchiamento od a seguito di un infortunio, perché allora

l'atleta sconterà molto amaramente i "begli anni dei suoi successi sportivi".

Ma non sono soltanto le incompatibilità che si vengono a creare a carico della cinetica articolare a generare difficoltà per l'integrità, e quindi per la vita sportiva dell'atleta.

Anche uno stato funzionale non proporzionato - pur del tutto naturale - della muscolatura dell'articolazione, ad esempio di quella agonista ed antagonista, porta, talvolta, già di per se a considerevoli eccessi di carico dell'apparato locomotore e di sostegno passivo. Da una serie di ricerche, condotte dall'autore con sistemi computerizzati di valutazione funzionale, risulta che elevate percentuali di atleti vanno soggetti a tali problemi. La muscolatura flessoria e la muscolatura estensoria dell'articolazione del ginocchio si dovrebbero trovare in un rapporto di forza di 100: 67% (in un test di forza massimale con una velocità angolare di 60° /s.).

Nessuno degli atleti e delle atlete finora sottoposti a questo test, compresi anche molti atleti di alto livello ed atleti professionisti come calciatori, tennisti, ecc., che si guadagnano da vivere con i loro muscoli e le loro ossa, ha ancora raggiunto questo valore, ritenuto fisiologico (cfr. figura 5, figura 6).

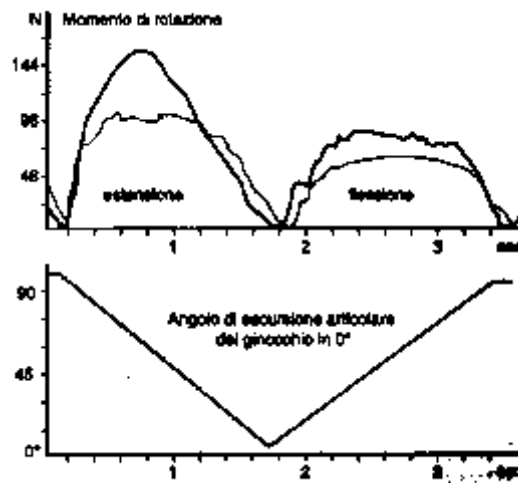


Figura 6 - Test di forza massimale (60° / sec.) dei mm. Estensori e flessori dell'articolazione ginocchio - arto inf. Dx di una tennista di livello mondiale (curva in grassetto) a confronto con quello di una atleta di categoria giovanile (curva sottile). Il confronto delle curve mostra un netto deficit di capacità di forza rapida della giocatrice di categoria giovanile. Entrambe mostrano già evidenti squilibri muscolari nel rapporto di forza dei mm. estensori e flessori (indice E/F). Un tale livello di sproporzione nel rapporto di forza dei mm. estensori e flessori del ginocchio non è fisiologico e comporta sempre un indebolimento dei rapporti funzionali fra articolazione e muscolo con una compromissione della capacità di prestazione sportiva.

L'esempio di un atleta di pattinaggio di figura di livello mondiale dimostra che, in allenamento, è del tutto possibile evitare tali *squilibri muscolari* (cfr. figura 7).

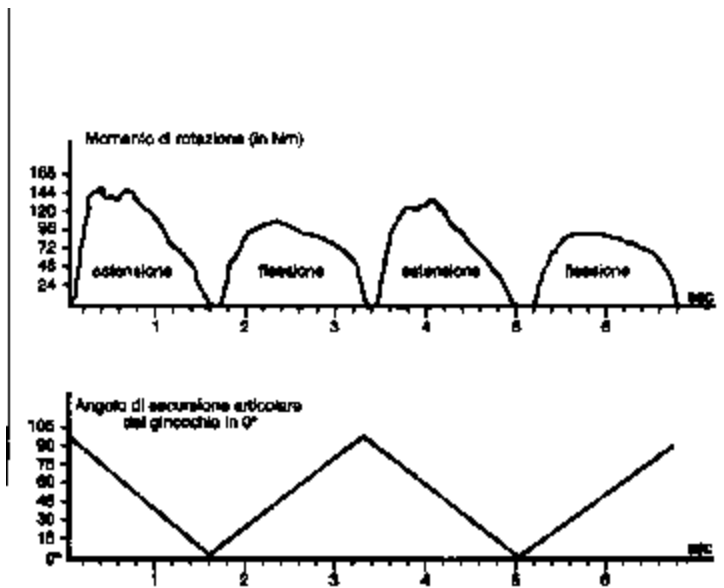


Figura 7 - Test di forza massima ($60^\circ / \text{sec.}$); l'arto di stacco è il sx (atleta di pattinaggio di figura su ghiaccio che ha partecipato ai giochi Olimpici del 1984).

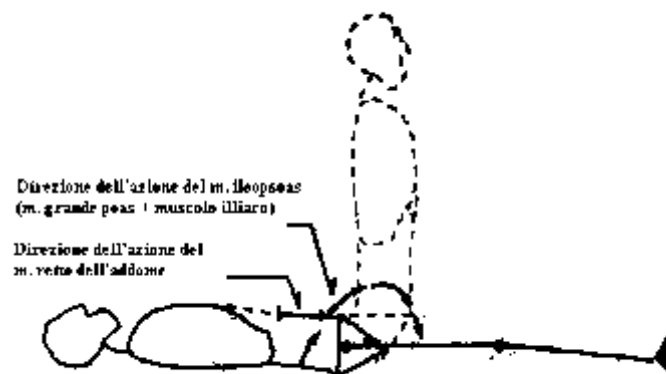


Figura 8 - Rappresentazione schematica del meccanismo di azione della muscolatura che interviene nel sit - up con gli arti inf. Estesi.

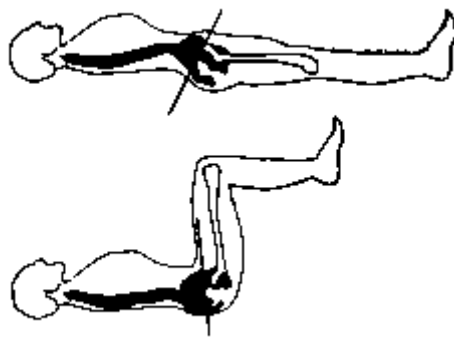


Figura 9 - Modificazione della posizione assunta dal bacino e dalla colonna vertebrale nel corso di esercizi diversi per la muscolatura addominale.

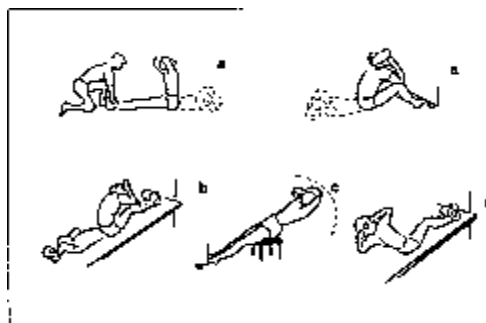


Figura 10 - Esecuzione non funzionale di esercizi per lo sviluppo della forza: esercizi di potenziamento dei muscoli del tronco che comportano un notevole carico per la colonna vertebrale. Se viene utilizzato anche un carico esterno, si corrono rischi di elevata entità.

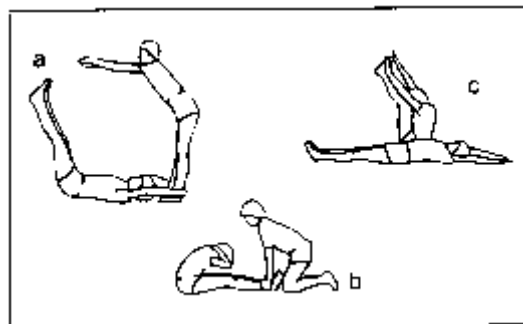


Figura 11 - Esercizi di potenziamento muscolare che mettono sotto carico la colonna vertebrale.

Un altro, tipico, esempio di *disfunzione muscolare* all'interno di una catena articolare è rappresentato dai rapporti esistenti a livello del bacino e del tratto lombare della colonna vertebrale. Poiché nello sport spesso non ci si occupa dei "rapporti esistenti tra articolazione e muscolo" e della capacità di carico degli elementi strutturali della colonna vertebrale ad essi connessa, si sono sviluppate forme di allenamento che comportano più danni che benefici per l'apparato locomotore. Anche in questo caso illustreremo questo fatto con degli esempi.

Uno riguarda quello dell'allenamento della muscolatura addominale (figure 8 -13).

Per potenziare il muscolo retto dell'addome (*m. rectus abdominis*) di preferenza vengono adottate

tutte le forme immaginabili di "sit - up" cioè di passaggio dal decubito supino alla posizione seduta, (cfr. figure). Si tratta, comunque, pur sempre di esercizi di *sit - up*, con uno stesso sinergismo muscolare, per cui il m. retto del femore entra in azione molto prima e può concorrere (intervento ausiliario), in misura determinante, all'azione del m. grande psoas sulla colonna lombare, che è quella di fletterla in avanti ed in basso (portandola, di fatto, in atteggiamento iperlordotico).

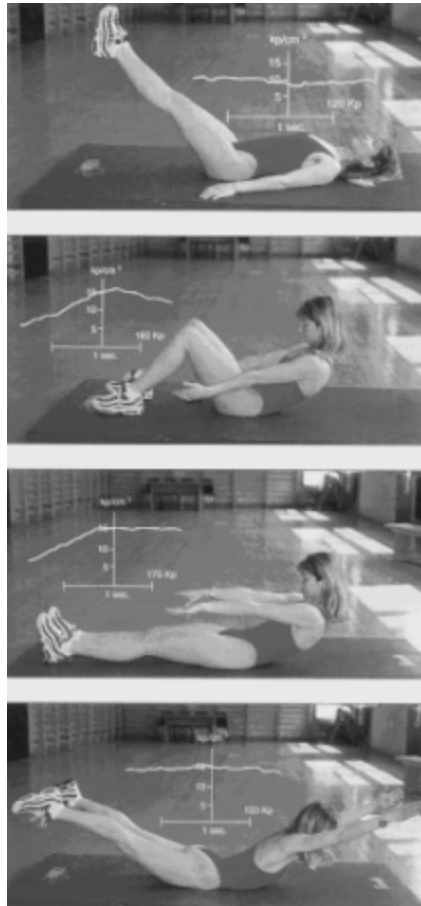


Figura 12 - Pressione alla quale sono sottoposti i dischi intervertebrali (espressa in kg/cm² e carico di compressione totale nel corso di esercizi fisici diversi (misurati in un individuo di circa 70 kg. di peso). A titolo comparativo: in stazione eretta il carico di compressione è di 70 kg ed in stazione seduta a busto eretto senza supporto è già pari a 100 kg..

Un ulteriore fattore che conduce ad un accentuarsi della lordosi lombare è rappresentato dalla *tendenza all'accorciamento* dei muscoli flessori dell'anca (*ileopsoas*), dovuta alla tipologia delle fibre di cui tali muscoli sono costituiti. Infatti si tratta di muscoli *basici*, con *elevata percentuale di fibre a contrazione rapida* (FTF, *fast twitch fiber*), che viene ulteriormente incrementata attraverso l'allenamento in taluni tipi di sport (cfr. figura 15, figura 16).

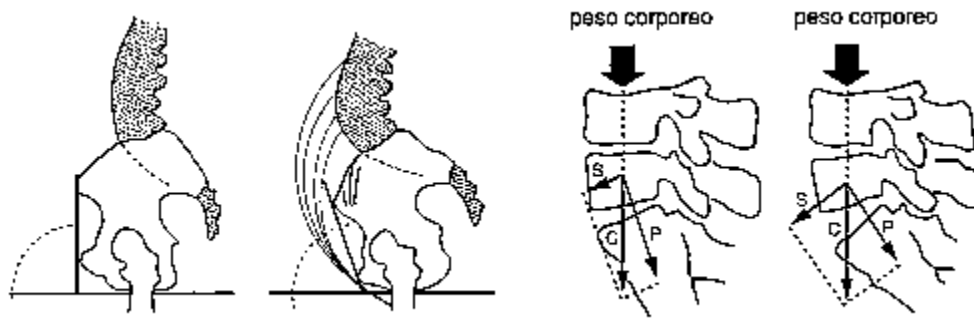


Figura 13 - Rappresentazione schematica della componente di spinta o di forza tagliente che si esercita a livello della quinta vertebra lombare, in funzione dell'angolo di inclinazione della base dell'osso sacro. C: carico dovuto al peso del corpo; S: vettore della forza di spinta; P: vettore della forza di compressione.

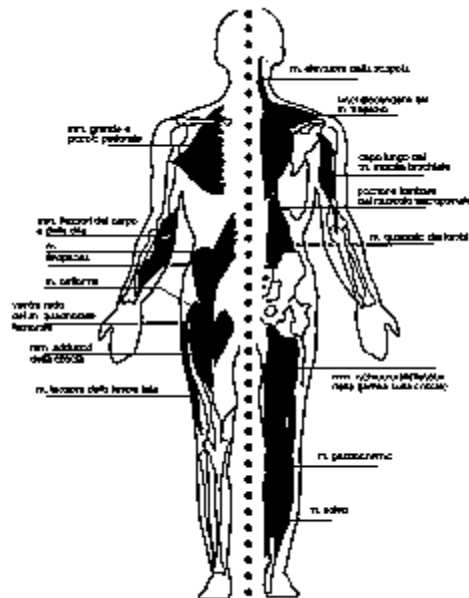


Figura 14 - Gruppi muscolari con tendenza all'accorciamento (parte sinistra della figura: posizione anteriore del corpo; parte destra: posizione posteriore del corpo).

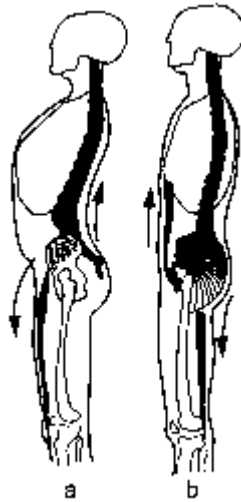


Figura 15 - Alterazione della statica della colonna vertebrale e del bacino a causa di squilibri muscolari nell'esempio di un calciatore: (a): forti mm. ileopsoas (che decorrono internamente al bacino, l'andamento delle cui fibre è rappresentato schematicamente con linee tratteggiate) in azione sinergica con il m. quadricipite femorale, estensore della gamba sulla coscia (precisamente del suo ventre retto, che è biarticolare ed esercita la propria azione sia sull'anca sia sul ginocchio) provocando l'introversione del bacino. Per compensare ciò la muscolatura dorsale modifica la propria lunghezza, si accorcia progressivamente e concorre così a tale anteroversione del bacino. (b): esercizi fisici finalizzati possono impedire che si determini tale squilibrio o compensarlo: 1. Esercizi di allungamento dei mm. anteroversori dell'anca (in particolare dell'ileopsoas). 2. Esercizi di allungamento dei mm. estensori del tronco (m. sacrospinale). 3. Esercizi di potenziamento del m. retto dell'addome. 4. Esercizi di potenziamento dei mm. flessori della gamba sulla coscia (mm. ischiocrurali). 5. Esercizi di potenziamento dei mm. glutei. Le frecce indicano la direzione d'azione dei muscoli.

Un altro esempio riguarda la muscolatura dorsale. Ciò che vale per il potenziamento dei muscoli addominali, vale anche per essa. Generalmente, nella prassi dell'allenamento non vengono presi in considerazione il *rapporto funzionale* che lega la muscolatura estensoria lunga del dorso (m. sacrospinale, tratto lombare) al suo antagonista (m. grande psoas), il *ruolo fondamentale* dei mm. glutei nell'estensione dell'anca, ed ancora, la *forte tendenza all'accorciamento* dei mm. flessori dell'anca (m. ileopsoas), sollecitata dalla pratica sportiva stessa.

Per questa ragione, gli esercizi ginnici per il potenziamento della muscolatura dorsale che vengono utilizzati, ad esempio, nella ginnastica correttiva e riabilitativa sono del tutto diversi dagli esercizi ginnici che vengono eseguiti con lo stesso obiettivo nello sport.

Ma ciò che vale per l'apparato locomotore non sano deve valere, in linea di principio, anche per quello sano.

E mentre gli enti di prevenzione degli infortuni sul lavoro, le compagnie d'assicurazione, le mutue ed altre istituzioni, tradizionalmente, sono impegnate nel ridurre i pericoli sul posto di lavoro, nello sport pochi se ne occupano. C'è solo la consapevolezza che in fondo, se non si praticasse alcuna attività sportiva la salute sarebbe ancora più compromessa: una ben magra consolazione.

Comunque finché... "allenatori e medici sportivi non saranno padroni dell'anatomia, della teoria

funzionale del movimento e della biomeccanica e non possederanno competenze adeguate in materia di fisiologia, biochimica e teoria dell'allenamento, la medicina dello sport, nell'assistenza agli atleti continuerà ad attingere da una botte senza fondo" (Klumper 1985).

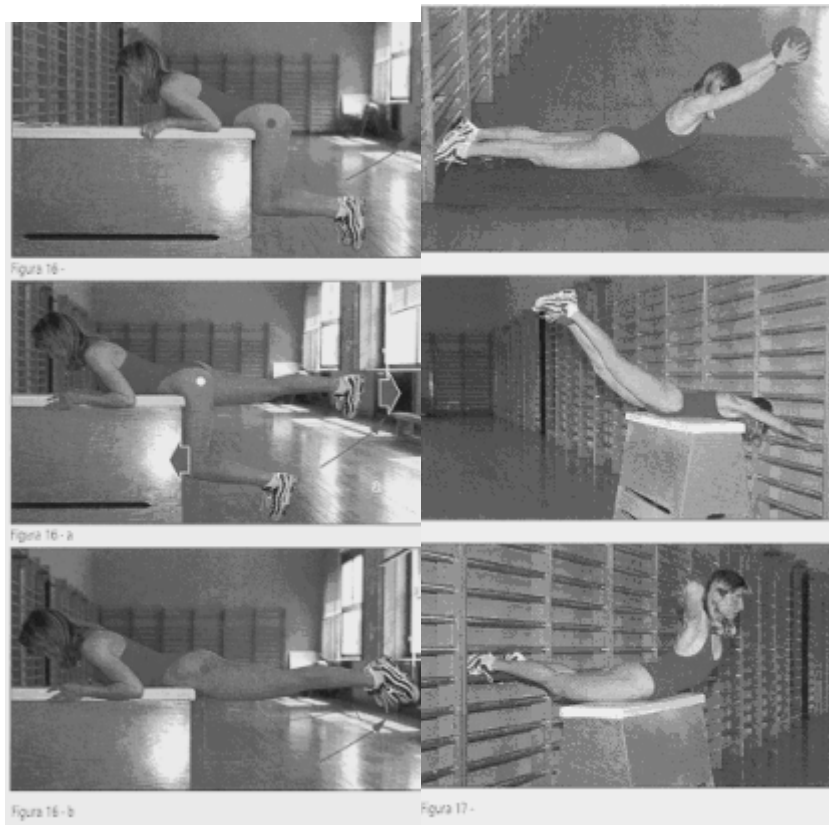
Se confrontiamo i due esercizi per l'allenamento della muscolatura dorsale, raffigurati nelle figure 16 e 17, ne possiamo individuare gli effetti diversi.

Nelle figure 16 e 18 troviamo la *modalità corretta di allenamento della muscolatura dorsale*:

1. l'effetto dell'esercizio viene raggiunto non sollevando il busto con gli arti inferiori fissati, ma sollevando gli arti inferiori a busto stabilizzato;
2. l'azione di estendere prima la coscia sul bacino (attivazione dei mm. glutei) e fissare poi il bacino che si può muovere liberamente garantisce la massima salvaguardia possibile del tratto lombare della colonna vertebrale in atteggiamento fisiologico.

Se questi rapporti funzionali non vengono tenuti in considerazione, lo sport perde la sua finalità originaria di mantenimento della salute.

Osserviamo, per inciso, che nelle statistiche relative agli infortuni nei Länder della Repubblica federale di Germania, gli infortuni sportivi hanno superato il numero di quelli sul posto di lavoro ed occupano già il secondo posto dopo gli incidenti nell'ambiente domestico.



Nella figura 17 troviamo una *modalità errata di allenamento della muscolatura dorsale*.

1. L'effetto dell'esercizio viene perseguito *muovendo* (sollevando) il busto. Si tratta di una forma esecutiva che comporta una forte flessione a livello dell'articolazione tra la quinta vertebra lombare e la prima sacrale con un carico non fisiologico sui dischi

intervertebrali, sugli archi vertebrali e sulle piccole articolazioni intervertebrali (cfr. carico di compressione dei dischi intervertebrali nella figura 12).

2. Dal momento che anche in questo caso, tipicamente, gli arti inferiori vengono fissati attraverso un partner od altri mezzi, la flessione di questa zona dell'articolazione lombo - sacrale viene ad accentuarsi ulteriormente.
3. Il grado di sollecitazione errata a carico della colonna vertebrale lombare viene ad aumentare ulteriormente se l'esercizio viene fatto eseguire con il busto che oscilla liberamente e con ulteriore carico esterno, come mostra la figura 17b, particolarmente se si tratta dell'allenamento della forza in soggetti dell'età evolutiva (da Letzelter 1986).

Di fatto è una credenza diffusa nello sport, ma errata, quella secondo cui gli esercizi a corpo libero per lo sviluppo della forza siano meno pericolosi per l'apparato locomotore di soggetti in età evolutiva dell'allenamento della forza con le macchine, da sempre demonizzato. Ma anche tali esercizi, considerati innocui, possono essere "letali" per la colonna vertebrale.

I rapporti esistenti nell'unità biologica "muscolo - articolazione" dei quali abbiamo parlato spesso vengono trascurati nello sport. Qui sembra prevalere la regola per cui è lecito ciò che piacere ciò che per giunta incrementa la prestazione il più rapidamente possibile. A quali rischi vada incontro l'apparato locomotore, inizialmente, interessa assai poco. E solo quando è troppo tardi, quando si manifesta una sintomatica dolorosa, forse s'inizia allora a rifletterci.

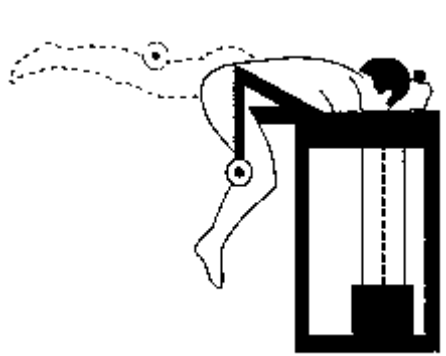


Figura 18

Tornando all'esempio degli esercizi di *sit - up* è soprattutto *l'articolazione intervertebrale lombo sacrale* quella che rischia di essere compromessa. Il disco intervertebrale, interposto tra la quinta vertebra lombare e la prima sacrale e le piccole articolazioni intervertebrali debbono sostenere un enorme carico di compressione. Nelle figure viene mostrato come possa aumentare tale pressione, e come si accresca la componente di forza tagliente in questa zona.

Tali componenti di carico si accrescono ulteriormente nel momento in cui questi esercizi errati per la muscolatura addominale vengono eseguiti:

- rapidamente, per sviluppare la forza rapida;
- con l'aggiunta di un carico esterno (come un sacco di sabbia, un manubrio o simili) per aumentare l'intensità dell'effetto allenante (cfr. figura 10 a - d);
- con una azione di torsione del busto, per potenziare i mm. addominali obliqui;
- senza tenere presente la necessità di uno sviluppo armonico, funzionale, e quindi

proporzionale, della muscolatura dell'anca, di quella lombare e del bacino, che non si deve concentrare solo sulle capacità di forza, ma anche su quelle di allungamento muscolare (cfr. figura 15).

Per un allenamento funzionale della forza sono imprescindibili sia il potenziamento, che l'allungamento ed il rilassamento. E solo promuovendo assieme tutte le capacità del muscolo è possibile assicurare la capacità di prestazione della muscolatura e prevenire, a lungo termine, lesioni e danni dell'apparato locomotore passivo.

Diceva il filosofo inglese Francis Bacon (1561-1626): "Di per se il sapere è potere". Per molti allenatori: "Non sapere non fa nulla: nello sport ciò che conta è il successo".

Traduzione di C. Pesce. Titolo originale: Funktionales Kräftigen und Krafftraining.