

# Analisi dei fattori di prevenzione del “jumper’s knee” nella pallavolo

Rosario Barone<sup>1</sup>, Marcello Traina<sup>1</sup>, Antonio Taormina<sup>1</sup>, Vincenza Leonardi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facoltà di Scienze Motorie, Università di Palermo

leonardi@unipa.it

## ABSTRACT

Il ginocchio del saltatore o “Jumper’s Knee” è una tendinopatia funzionale, che interessa gli atleti che sottopongono l’apparato estensore del ginocchio ad intensi e ripetuti stress. Ci sono due tipi di attività sportiva che predispongono le lesioni da sovraccarico: le attività di endurance e gli sport di potenza come la pallavolo. In quest’ultima tale coinvolgimento è da attribuirsi all’utilizzo dell’apparato estensore dell’arto inferiore in modo esplosivo, ed al numero di salti effettuati durante una partita e durante l’allenamento. In questo studio noi esaminiamo la tecnica del “colpo d’attacco” nella pallavolo dal punto di vista bio-cinetico, per individuare le fasi dei movimenti durante l’esecuzione dei quali si realizza l’evento lesivo. Per fare il punto sulla prevenzione.

Barone R, Traina M, Taormina A, Leonardi V

Analysis of “Jumper’s Knee” preventive factors in volleyball.

Ital J Sport Sci 2005; 12: 69-76

*Jumper’s Knee is a functional tendinitis that affects athletes who expose the knee’s extensor to concentrated and repeated efforts. There are two kinds of sports activity that induce to lesions caused by an overuse: endurance activities and sports of potency as volley-ball.*

*In the volley-ball this overuse is caused by a considerable employment of the lower limbs extensor in an explosive way and by the considerable number of jumps effectuated during a match and training. In this phase we examine the technical of the “attack shock’s” in volley-ball, in bio-kinetic viewpoint in order to individualize the movement phases during which the demajing event realized. To define prevention.*

**KEY WORDS:** *Jumper’s Knee; volleyball players; overuse; preventio; stretching; eccentric exercise*

## INTRODUZIONE

Il ginocchio del saltatore o “jumper’s knee” è una tipica tendinopatia da sovraccarico funzionale, che interessa soprattutto gli atleti che sottopongono l’apparato estensore del ginocchio a intensi e ripetuti stress. La pallavolo, la pallacanestro e, recentemente in maggior misura rispetto al passato anche altre discipline, sono gli sport che registrano una maggiore insorgenza di questa tendinopatia da sovraccarico. Generalmente ci sono due tipi di attività sportiva che predispongono le lesioni da sovraccarico: le attività di endurance, quali il podismo, e gli sport di potenza come la pallavolo. Nella pallavolo tale coinvolgimento è da attribuirsi al continuo utilizzo dell’apparato estensore dell’arto inferiore in modo esplosivo: nel salto, negli scatti, nei cambi di direzione bruschi, ecc., movimenti che vengono ripetuti innumerevoli volte da un pallavolista durante una partita e tanto più durante un allenamento.

## CARATTERISTICHE MOTORIE E TECNICHE DELLA PALLAVOLO

La pallavolo presenta delle caratteristiche motorie e tecniche ben precise. È un gioco che utilizza la palla, ma a differenza di altri giochi (calcio e pallacanestro) che non specificano il modo con cui la palla deve essere toccata, la pallavolo indica, per regolamento, che la palla non può essere trattenuta o accompagnata, quindi il tocco deve essere netto e pulito. Questo fatto costringe l’atleta a movimenti non naturali (da apprendere) e a gesti tecnici ben realizzati che coniughino insieme rapidità e precisione di esecuzione. È un gioco atletico, acrobatico, altamente spettacolare che richiede un impegno fisico e motorio non indifferente ed atleti che siano fisicamente e mentalmente predisposti a questo tipo di attività (Fontana, 1994). La risposta motoria nella pallavolo si realizza mediante spostamenti preliminari scegliendo la posizione giusta a seconda della traiettoria della palla. I mo-

delli motori devono obbligatoriamente tener conto di programmi precisi da attivare nelle situazioni reali.

L'atleta deve colpire la palla con tocco netto e preciso, fissato dal regolamento e dagli schemi tattici, poiché è uno "sport di situazione" in cui la palla può presentarsi in infiniti modi (Paolini, 2001). Questa è la difficoltà. L'atleta necessita di programmi differenziati per avere più soluzioni possibili, inoltre occorre eseguire tutto con estrema velocità. L'atleta deve avere rapidità di reazione e notevole capacità decisionale. Dal punto di vista "bio-meccanico", i tipi di movimenti che maggiormente si osservano nella pallavolo sono due: a) "movimenti udarnici": imprimono una data velocità di volo alla palla (es: colpo d'attacco, battuta); b) "movimenti di ammortizzamento": ammortizzano i colpi e danno direzione precisa alla palla verso l'obiettivo (es: bagher di ricezione, palleggio). L'atleta deve tener conto di numerosi fattori fisici, quali la distanza dell'obiettivo, la massa dell'attrezzo (palla), l'ampiezza dei movimenti, l'angolo di posizione, le condizioni motorie iniziali (Fontana, 1994).

L'impegno fisico richiesto dalla pallavolo è di tipo "medio-alto", condizionato dal livello della gara disputata, infatti se una delle due squadre è "superiore", l'impegno fisico della gara sarà scarso; questo cresce con l'equivalersi delle due compagini. Gare di alto livello agonistico possono avere durate superiori alle due ore, mettendo a dura prova le capacità fisiche e mentali dei giocatori; i quali eseguiranno decine e decine di salti, spostamenti brevi ed intensi, mo-

vimenti acrobatici e tutti dovranno essere eseguiti correttamente con precisione e con uno scopo.

#### ANALISI DELLA TECNICA DEL COLPO D'ATTACCO

Il colpo d'attacco si divide in fasi: la rincorsa, il salto, il relativo colpo e la ricaduta; a loro volta queste fasi si dividono in microfasi che corrispondono a movimenti diversi anche nelle espressioni neuromuscolari (Ivoilov, 1984) (fig. 1).

Questa suddivisione della schiacciata in fasi e microfasi corrisponde alla struttura logica di questa azione e permette di descrivere in modo più completo le caratteristiche dei singoli movimenti. Nell'esecuzione della rincorsa e del salto gli sforzi del pallavolista sono finalizzati a risolvere due compiti di base: il raggiungimento di un'altezza rilevante nel salto e la massima precisione rispetto alla traiettoria del volo della palla. Il significato di questi compiti varia con lo sviluppo dell'azione motoria condizionando la variabilità e la stabilità della sua struttura di fase.

Per il suo schema ritmico la rincorsa si divide in tre microfasi: iniziale, centrale e di stacco.

Nella fase iniziale il pallavolista, non avendo ancora determinato il carattere della traiettoria di volo della palla esegue uno o due passi preparatori con un ritmo rallentato. Nella seconda microfase preparatoria il giocatore determina la traiettoria di volo della palla e corregge la sua velocità di spostamento. Nella terza microfase, lo stacco, il giocatore esegue un ampio passo di corsa che lo prepara ai movimenti successivi; l'atleta deve sfruttare: la velocità orizzontale della

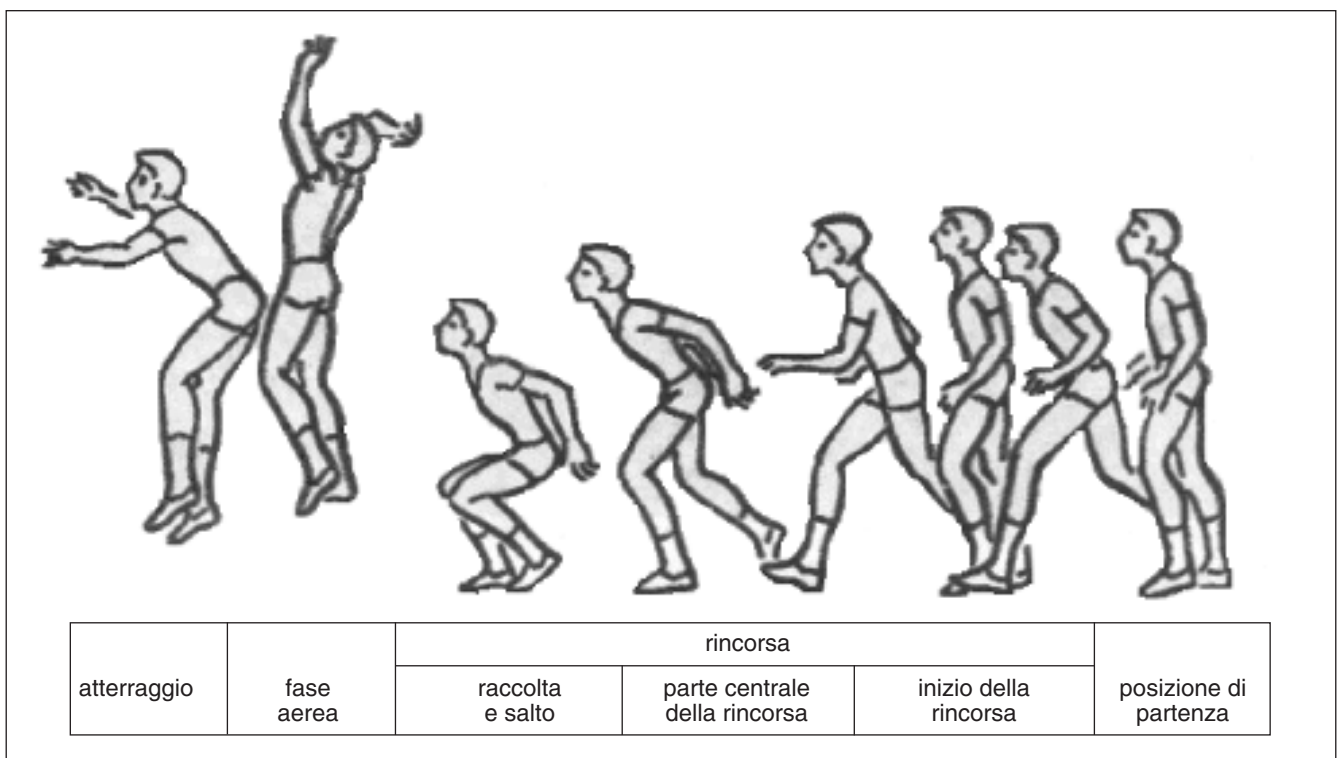


Fig. 1 - Fasi del colpo d'attacco

rincorsa, il movimento oscillatorio delle braccia, portate prima dietro e poi avanti-alto e la forza di inerzia, per realizzare il salto in alto.

Nonostante il fatto che lo stacco si esegue in un periodo di tempo brevissimo, in esso si distinguono chiaramente tre microfasi: la prima comincia con l'appoggio del solo calcagno sul piano del campo; nella seconda microfase della spinta il piede poggia la parte plantare sulla superficie del campo cui segue un piegamento del ginocchio ed una flessione del bacino. Le braccia del pallavolista in questa microfase iniziano il movimento oscillatorio.

Nella terza microfase, si ha lo stacco vero e proprio dal terreno, dovuta alla distensione delle articolazioni interessate per contrazione del quadricipite della coscia e del tricipite della tibia che lavorano in appoggio distale. Contemporaneamente il grande gluteo e il gruppo posteriore dei muscoli dell'anca (il semitendinoso, il semimembranoso e il bicipite) distendono il tronco; in seguito alla contrazione dei muscoli indicati, il corpo del pallavolista si raddrizza sotto l'azione della forza orientata in alto e un po' in avanti. Allo sforzo dello stacco contribuiscono le forze di reazione dei movimenti rotatori delle braccia. L'altezza del salto dipende soprattutto dal carattere esplosivo della contrazione muscolare, dall'aumento massimale della velocità dei movimenti rotatori ed in buona misura dal grado dell'angolo di flessione delle ginocchia, infatti una flessione accentuata degli arti inferiori aumenta la potenza dello stacco, ma diminuisce l'altezza del salto. Sarebbe opportuno, quindi, per sfruttare al massimo la potenza dei muscoli e la forza cinetica, flettere le gambe a livello delle ginocchia fino a 100-115°. Se un pallavolista deve eseguire un salto da fermo, dovrà piegare le ginocchia fino a 80-90°, questo perché non utilizzando l'energia cinetica deve aumentare la "rincorsa" del centro di gravità del corpo per sollevarsi.

Il colpo alla palla costituisce un'altra fase del colpo d'attacco, anche in questo caso i movimenti si dividono in due sottofasi, la sottofase del volo e della rotazione, e il movimento proprio del colpo. La rotazione della mano destra per il colpo alla palla si esegue alla fine dello stacco; in questo periodo di tempo il braccio sinistro flettendosi leggermente a livello dell'articolazione cubitale si sposta in basso, mentre il destro continua il movimento iniziato.

Infine, il colpo d'attacco si conclude con l'ultima fase, quella dell'atterraggio, in cui l'atleta ricade su entrambi gli arti inferiori, cercando di ammortizzare tutta la forza accumulata durante il salto. In quest'ultima fase si ha un'importante contrazione eccentrica del quadricipite, ed è forse questo il momento in cui l'articolazione del ginocchio subisce maggiori microtraumi.

## JUMPER'S KNEE

Il ginocchio del saltatore o "jumper's knee" è una tipica tendinopatia da sovraccarico funzionale che interessa nel 65% dei casi l'inserzione dei tendine rotuleo al polo inferiore della rotula, nel 25% dei casi l'inserzione del tendine del quadricipite al polo superiore della rotula e nel 10% dei casi l'inserzione del tendine rotuleo distalmente alla tuberosità tibiale (sindrome di Osgood-Schlatter) (Ferretti, 1986).

I fattori che predispongono l'atleta all'insorgenza di questa patologia possono essere distinti in estrinseci (sport praticato, metodologie di allenamento, terreni di competizione, calzature, tecnica di esecuzione dei fondamentali, etc.) ed intrinseci (alterazioni delle proprietà meccaniche del tendine: estensibilità, elasticità, resistenza; alterazioni biomeccaniche della catena cinetica dell'arto inferiore; dismetria dell'arto inferiore; difetti di assialità; età; il livello di "tensione a riposo" dei muscoli agonisti ed antagonisti; dinamica della contrazione eccentrica e concentrica).

Per meglio comprendere come questi elementi possono incidere sulla struttura tendinea, bisogna rifarsi ad alcuni principi di biomeccanica. I tendini, durante il salto, sono sottoposti a tensioni sia nella fase muscolare concentrica (fase di stacco) che nella fase eccentrica (ricaduta). Analizzando con pedane di forza un semplice salto verticale (counter movement jump), la fase di atterraggio risulta, in termini di forza verticale, maggiore rispetto alla fase di spinta (Colonna, 2002) (fig. 2).

Per ammortizzare progressivamente fino all'arresto la ricaduta è necessario sviluppare una quantità di forza in grado di annullare l'energia cinetica acquisita in volo (quantità di moto = massa del soggetto x per la velocità del corpo all'impatto), tale energia è proporzionale alla velocità massima raggiunta nel ricadere, la quale dipende dalla massima altezza raggiunta nell'elevazione. L'impulso tiene conto delle

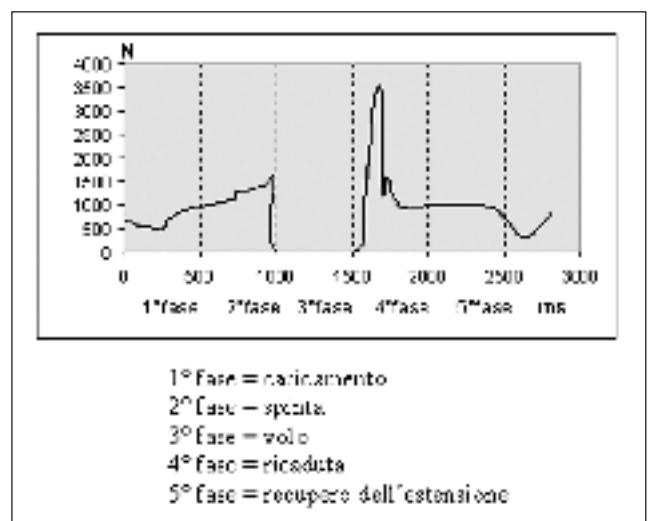


Fig. 2 - Analisi con pedana di forza di un salto in alto (counter movement jump)

modalità temporali con cui viene applicata la forza di ammortizzamento (forza x tempo di applicazione). Eguagliando l'equazione della quantità di moto con quella dell'impulso otteniamo che la quantità di forza e quindi di tensione (tensione = forza/superficie) necessaria ad ammortizzare un corpo in volo è direttamente proporzionale alla massa corporea e alla velocità, inversamente proporzionale al tempo di applicazione

$$F = \frac{M \times V_{max}}{Dt}$$

dove M è la massa dell'atleta, Vmax è la velocità al momento dell'impatto e Dt il tempo impiegato a dissipare l'energia cinetica. Quindi la forza utilizzata sarà tanto maggiore quanto minore sarà il tempo di applicazione.

Le indagini strumentali, quali l'ecografia e l'esame RMN, mostrano le classiche alterazioni di segnale a carico del tendine rotuleo, alla sua inserzione alla rotula, con ispessimento del tendine stesso che si traduce a livello ultrastrutturale in degenerazione mucoida, iperplasia dei tenociti, e perdita della normale architettura longitudinale delle fibre collagene (Yu Js, 2000). Cook et al. hanno tuttavia evidenziato aree ipocogene a carico del tendine rotuleo in atleti asintomatici in una percentuale del 22% rispetto al 4% di un gruppo di controllo di soggetti sedentari (Cook et al., 2005). Tale degenerazione tendinea può essere letta come un fattore predisponente la patologia. Pare che il sovraccarico ripetuto sia la principale causa patogenetica del ginocchio del saltatore. Secondo alcuni autori la struttura tendinea subisce un continuo rimodellamento causato dal sovraccarico, sia a livello cellulare che a livello della matrice extracellulare (Zamora AJ, Marini JF, 1988). Attraverso questo progressivo rimodellamento il tessuto tendineo si adatta ai carichi crescenti cui viene sottoposto durante l'esercizio. Se tale adattamento è sufficiente a mantenere l'integrità strutturale, il tendine risulta "pronto" a ricevere il progressivo aumento del carico (Melegati e col., 2000). Se viceversa l'adattamento ed il tempo di recupero sono insufficienti a mantenerne l'integrità, il tendine rimane in una situazione temporanea di debolezza che, in caso di improvvise sollecitazioni, predispone lo stesso tessuto tendineo alla lesione. Esiste quindi una sottile linea di demarcazione tra il corretto quantitativo di carico favorente il fisiologico adattamento tendineo e l'eccessivo carico applicato che stressa il tessuto connettivo oltre i normali limiti di mantenimento e riparazione cellulare. Stavem si riferisce al jumper's knee in termini di "take-off knee", sottolineando come la sollecitazione del tendine stesso in allungamento, con azione frenante, sia da considerarsi come causa scatenante tale patologia (Stavem, 1993). Si suppone che il tendine sopporti le

sollecitazioni massimali durante la fase eccentrica del movimento ed è probabile che le lesioni tendinee avvengano durante tale fase (Stanish, 1992). In effetti i sintomi clinici di tendinopatia in molti atleti si manifestano soprattutto durante la fase eccentrica del movimento.

Una classificazione molto utilizzata è quella presentata da Blazina nel 1973, e successivamente da Roels, che si riferisce in modo particolare alla tendinite del saltatore. Questa classificazione non si preoccupa tanto di riferire il tipo di patologia tendinea o peritendinea, ma pone l'attenzione sull'evoluzione clinica del problema che suddivide in quattro stadi:

- Stadio I: dolore solo dopo l'attività, non condiziona la prestazione sportiva;
- Stadio II: dolore all'inizio dell'attività, scompare con il riscaldamento per ricomparire dopo l'attività, condiziona la prestazione fisica;
- Stadio III: dolore durante e dopo l'attività con limitazione del rendimento atletico;
- Stadio IV: rottura del tendine, impossibilità di effettuare qualsiasi attività.

Il sintomo principale del Jumper's knee è il dolore, localizzato in ordine decrescente di frequenza a livello del polo inferiore della rotula, del polo superiore della rotula e della tuberosità tibiale. Questo dolore vivo è d'intensità estremamente variabile: nei casi lievi è avvertito solo durante e soprattutto dopo l'attività sportiva, specie nel salire e scendere le scale; nei casi più gravi può risultare dolorosa perfino la deambulazione, per cui il soggetto assume un'andatura di difesa limitando la flessione-estensione del ginocchio. Altra caratteristica del dolore è la comparsa dopo prolungata permanenza in posizione seduta a ginocchio flesso, pertanto il soggetto sente la necessità di estendere l'arto, con immediato sollievo.

#### PREVENIRE IL JUMPER'S KNEE

La prevenzione del "Jumper's knee" è sicuramente legata ad una maggiore conoscenza di tutti quei fattori, intrinseci ed estrinseci, che predispongono l'atleta all'insorgenza di tale patologia, in particolare, per esempio, l'utilizzazione di metodologie d'allenamento altamente efficaci per lo sviluppo della forza esplosiva.

Ed è quindi importante sottolineare l'importanza di un lavoro preventivo costante in cui le procedure di recupero e di prevenzione dovranno essere proporzionate all'intensità del lavoro ed applicate costantemente.

I tendini hanno la funzione di trasmettere gli impulsi meccanici, derivanti dalla contrazione muscolare, alle leve scheletriche.

Il tendine si accresce in lunghezza e spessore per tut-

ta la durata dello sviluppo corporeo. Il massimo aumento in lunghezza avviene vicino alla giunzione muscolo-tendinea ed il ritmo di crescita diminuisce verso la giunzione osteo-tendinea.

Si deve ricordare inoltre che i tendini dei soggetti giovani hanno una minore resistenza ed una maggiore elasticità rispetto agli adulti, infatti sono state osservate, in soggetti al di sopra dei 40 anni, delle variazioni istologiche con la sostituzione del tessuto collagene di Tipo I con il Tipo III.

Quando il tessuto tendineo è in accrescimento, l'allenamento produce un aumento dello spessore del tendine; nell'adulto invece l'allenamento provoca soltanto un aumento della resistenza alla tensione (Riva Violetta, 1998).

Il tessuto tendineo, come avviene generalmente per gli altri materiali biologici, possiede caratteristiche di elasticità, plasticità e viscosità.

L'intervento di prevenzione, oltre a conservare l'integrità dell'apparato estensore del ginocchio, deve avere come scopo la ricerca di un "adattamento strutturale" del tendine per aumentarne la resistenza alle sollecitazioni.

Oltre naturalmente al controllo del "peso corporeo" i mezzi per raggiungere questi obiettivi sono:

- la scelta dei terreni di allenamento e di gioco;
- la scelta dei mezzi di allenamento;
- la correzione della dinamica della contrazione eccentrica e concentrica;
- la sistematica esecuzione degli esercizi di allungamento.

#### ***Scelta dei terreni di allenamento e di gioco***

La scelta del terreno di gioco è molto importante come fattore di prevenzione, in quanto le caratteristiche della superficie, su cui si eseguono i salti, contribuiscono o meno a disperdere l'energia che il corpo, dopo la fase di volo, scarica a terra.

I terreni migliori sono quelli modicamente cedevoli e poco elastici (palchetto, taraflex). La cedevolezza consente di ridurre le tensioni applicate a muscoli e tendini e la scarsa elasticità evita di restituire all'arto inferiore dell'atleta altre vibrazioni dannose durante la fase di appoggio. Non tutti i palchetti sono uguali in quanto, a seconda delle caratteristiche sulla base su cui poggiano, possono essere anch'essi estremamente duri.

#### ***Ricerca dell'adattamento strutturale***

L'adattamento strutturale del tendine può avvenire solo se si effettua una scelta dei mezzi di allenamento ed una distribuzione dei carichi che rispettino le possibilità di recupero dei tendini. Questi due obiettivi del programma di prevenzione sono strettamente correlati e richiedono per essere raggiunti la quantizza-

zione qualitativa delle sollecitazioni. Si deve infatti ricordare come le modificazioni anatomo-funzionali delle fibre tendinee dipendono dalla durata e dalla intensità delle sollecitazioni. Vi sono cioè tensioni che, se applicate un numero eccessivo di volte o ad intervalli troppo ravvicinati, non consentono il pieno recupero delle caratteristiche strutturali di partenza del tendine. Le sollecitazioni che comportano un aumento della resistenza del tendine alla trazione sono invece quelle di media intensità ripetute numerose volte.

L'allenamento deve perciò tenere conto che i tendini presentano gradi diversi di adattabilità a seconda del tipo di sollecitazione. Un allenamento adeguato consente, infatti, sia un adattamento della struttura sia un miglioramento delle possibilità di ricambio metabolico, mettendo il tendine in condizioni di sostenere maggiori sollecitazioni. È quindi necessario che i mezzi di allenamento che prevedono l'applicazione di grandi tensioni a livello dei tendini e delle loro inserzioni siano usati in rapporto al grado di adattamento raggiunto dalle strutture muscolo-tendinee dell'atleta.

#### ***Mezzi di allenamento e correzione della dinamica della contrazione***

Gli allenamenti con impulsi caratterizzati da grandi forze e da brevissimi tempi di applicazione devono essere successivi ad allenamenti con impulsi caratterizzati da un maggior tempo di applicazione e dove la forza sia di tipo prevalentemente concentrico, con impegno tensivo importante anche negli ultimi gradi di estensione del ginocchio. Questi impulsi, con espressione di forza esplosiva prevalentemente di tipo concentrico ed in minor misura di tipo eccentrico ma con tempi di applicazione allungati, devono rappresentare il mezzo di allenamento per gli arti inferiori quantitativamente più importante per tutti gli atleti nel periodo della preparazione generale. L'utilità, in particolare all'inizio della preparazione, dei "balzi a piedi pari in salita sui gradoni" risiede nel fatto che viene privilegiata la contrazione concentrica, mentre le tensioni durante la fase eccentrica sono di basso livello perché la velocità di caduta è vicina allo zero per l'innalzamento del piano di atterraggio. Gli impulsi con tempi di applicazione brevi e molto brevi possono essere usati, sempre in quantità limitata e sotto un'attenta sorveglianza per quanto riguarda l'esecuzione tecnica, quando l'adattamento morfofunzionale delle strutture muscolo-tendinee ha raggiunto un livello adeguato.

La maggior parte delle esercitazioni pliometriche e di balzi dovrebbero essere effettuate su un terreno eroso morbido, mentre gli atterraggi finali dei "multibalzi" e dei "balzi in lungo" dovrebbero avvenire su sabbia o su materassino. Nell'allenamento del giova-

ne i mezzi devono sempre essere molteplici e le esercitazioni consigliate per il periodo della preparazione generale devono essere quelle quantitativamente più importanti anche negli altri periodi, mentre gli impulsi con tempi di applicazione brevissimi possono fare la loro comparsa solo quando l'apparato muscolo-tendineo abbia raggiunto un sufficiente grado di adattamento.

Le esercitazioni pliometriche o comunque con componente eccentrica importante possono contribuire inoltre a correggere la dinamica della contrazione muscolare eccentrica e concentrica utilizzandole non soltanto come mezzi per ottenere la massima prestazione di salto, ma anche come strumenti di educazione propriocettiva per migliorare il controllo neuromuscolare. Si tratta di esercitazioni eseguite al 70-80% della intensità massima prestando la massima attenzione alla componente coordinativa. Nelle esercitazioni di "balzi successivi in avanti-alto a piedi pari", ad esempio, eseguite con una intensità dell'80% l'atleta deve imparare a variare:

- la durata della fase eccentrica;
- l'andamento della forza che viene applicata istante dopo istante nella fase eccentrica.

Allo stesso modo si possono eseguire i "balzi alternati o successivi su un solo arto".

In un primo momento questi due obiettivi si ottengono principalmente variando l'ampiezza degli angoli articolari. Successivamente con il progredire del processo di sensibilizzazione, l'atleta dovrà essere in grado di modulare l'andamento delle forze nella fase eccentrica, pur mantenendo costante l'ampiezza degli angoli articolari.

### **Significato dell'allungamento muscolare**

Per facilitare ed accelerare i processi di recupero a livello dei tendini delle inserzioni e del muscolo stesso, è necessario che in condizioni di riposo le tensioni applicate siano molto basse. L'entità della tensione di riposo dipende fondamentalmente da due fattori:

- la posizione in cui è mantenuta l'articolazione;
- la lunghezza di riposo del muscolo.

È noto infatti come per atleti sofferenti di tendinopatie rotulee e/o quadricipitali sia difficile mantenere a lungo la posizione seduta per l'insorgenza della sintomatologia dolorosa. A ginocchio flesso infatti l'allontanamento delle inserzioni prossimali e distali del quadricipite comporta lo stiramento del muscolo. Il quadricipite stirato si oppone attivamente alla forza che tende a distenderlo (fig 3).

Se questa forza è applicata in modo continuo, anche la scarica dei fusi neuromuscolari è continua, e costante (tonica) è la contrazione riflessa del muscolo sottoposto a stiramento (riflesso miotatico).

Si comprende quindi come i tendini e le zone di inser-

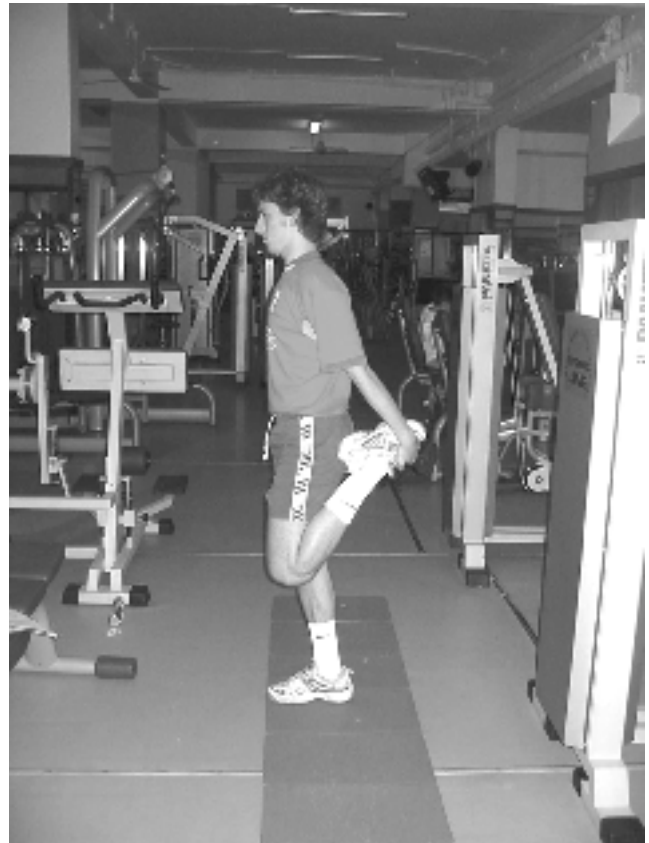


Fig. 3 - Allungamento dei muscoli anteriori della coscia

zione siano sottoposti con ginocchio flesso (angolo  $\beta < 180^\circ$ ) a livelli di tensione nettamente superiori rispetto a quelli presenti con ginocchio esteso (angolo  $\beta = 180^\circ$ ). È pertanto importante che l'atleta cerchi di mantenere il più possibile (anche quando è seduto) il ginocchio in estensione con il quadricipite rilassato.

Anche con ginocchio esteso però (angolo  $\beta = 180^\circ$  e quadricipite rilasciato), le tensioni a livello dei tendini possono essere di entità molto diverse in relazione al livello di tensione del quadricipite che è possibile influenzare direttamente ed indirettamente.

Lo stiramento di un muscolo flessore del ginocchio (posteriori della coscia) infatti, non solo produce in esso un riflesso miotatico, ma inibisce (inibizione miotatica) il riflesso miotatico dell'antagonista estensore (quadricipite) con una netta riduzione della tensione di quest'ultimo (fig. 4).

Le procedure di defaticamento specifiche per i tendini rotulei e quadricipitali devono pertanto iniziare e terminare con l'allungamento dei muscoli ischio-cruiali. Non può esservi infatti un completo rilassamento ed allungamento dei muscoli quadricipiti se i muscoli ischio-cruiali non sono stati riportati ad una lunghezza ottimale. L'allungamento degli ischio-cruiali determina, come si è visto, una inibizione del riflesso miotatico (inibizione miotatica) del quadricipite. L'inibizione del riflesso dipende dalla abolizione della contrazione delle fibre intrafusali.

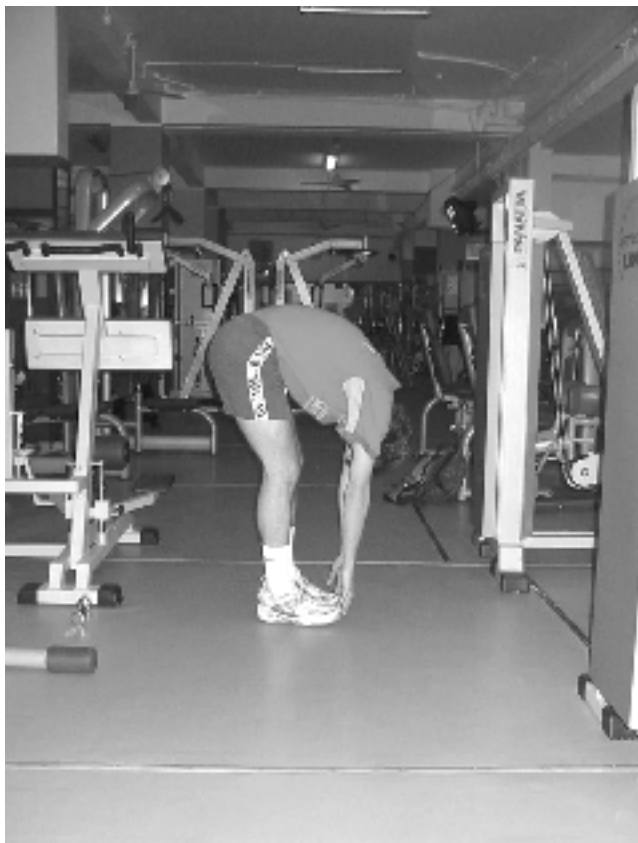


Fig. 4 - Allungamento dei muscoli posteriori della coscia

Si abbassa in tal modo la frequenza di scarica dei fusi neuromuscolari e si riduce di conseguenza l'attività tonogena dei motoneuroni alfa. Da quanto detto si potrebbe pensare che l'allungamento passivo del quadricipite, scatenando il riflesso miotatico, ne determini un accorciamento ed un aumento della tensione. Ciò non si verifica perché, per un elevato livello di distensione passiva del muscolo, i segnali provenienti dai corpuscoli tendinei del Golgi (recettori a soglia elevata) inibiscono i motoneuroni alfa responsabili del tono e della contrazione del muscolo stesso, consentendo che il muscolo si allunghi e che la tensione cali.

Si deve inoltre sottolineare come non sia sufficiente riportare i muscoli ischio-crurali alla lunghezza di riposo, ma nel caso esista una loro ridotta estensibilità questa dev'essere progressivamente aumentata in modo che l'ampiezza dell'angolo  $\beta$  (cioè dell'angolo tra coscia e bacino) possa scendere agevolmente a meno di  $45^\circ$  (con angolo  $\beta=180^\circ$ ).

Una scarsa allungabilità dei muscoli posteriori della coscia oltre a favorire l'insorgenza delle tendinopatie quadricipitali e rotulee, condiziona negativamente numerosi gesti tecnici limitando la libertà di movimento del sistema gamba-coscia-bacino. Ciò si verifica ad esempio nel mantenimento della posizione difensiva di attesa, dove una insufficiente estensibilità dei muscoli ischio-crurali provoca un'apertura del-

l'angolo  $\gamma$  tra coscia e bacino (per retroversione del bacino) con conseguente arretramento del baricentro

## CONCLUSIONI

In ogni seduta di allenamento ed in occasione delle partite dovranno pertanto, a nostro avviso, sempre essere programmate delle esercitazioni di allungamento (stretching). Come si è visto infatti, in condizioni di riposo i minimi livelli di tensione, nei tendini rotuleo e quadricipitale, nella zona di inserzione tibiale e nei muscoli stessi, si ottengono soltanto riportando ad una lunghezza ottimale i muscoli posteriori della coscia ed il quadricipite.

Tali esercizi di allungamento dovranno essere eseguiti non soltanto al termine dell'allenamento e della partita, ma anche verso la fine del riscaldamento, negli intervalli tra una serie di esercitazioni e l'altra e dopo una sostituzione.

Queste procedure hanno lo scopo: di facilitare i processi di recupero nel tendine, di migliorare, con l'aiuto delle esercitazioni di sensibilizzazione neuro-muscolare, la capacità delle componenti elastiche contrattili del muscolo, di trasformare parte dell'energia cinetica di caduta in energia potenziale elastica, riducendo così le tensioni che agiscono sui tendini e sulle zone di inserzione. L'energia potenziale elastica viene poi nuovamente trasformata in energia cinetica al momento della fase di spinta verso l'alto.

## BIBLIOGRAFIA

1. Fontana G "Fisiologia della pallavolo" Società Stampa Sportiva, Roma 1994; pp. 111-116
2. Paolini M "Il nuovo sistema pallavolo" Calletti Mariucci 2001; pp. 9-12
3. Ivoilov AV "Note di biomeccanica e metodica di allenamento nella pallavolo" Società Stampa Sportiva, Roma; pp. 71-79
4. Ferretti A, Di Rosa S "Traumatologia nella pallavolo" Società Stampa Sportiva, Roma; pp. 57-59
5. Colonna S "Allenamento tendineo concetti base ed esercitazioni" in: PV Pallavolo; pp. 99-102
6. Colonna S "Tecniche di allungamento per l'arto inferiore" in: PV Pallavolo; pp. 99-101
7. Colonna S "L'allungamento muscolo-connettivale tra prevenzione e prestazione" in: PV Pallavolo; pp. 100-104
8. Yu Js "Too much of a good thing: overuse injuries of the knee". Magn Reson imaging clin N Am 2000 May; 8(2): 321-34
9. Young MA, Cook JL, Purdam CR, Kiss ZS, Alfredson H. "Eccentric decline squat protocol offers superior results

at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players". *Br J Sports Med.* 2005 Feb; 39 (2): 102-5.

10. Zamora AJ, Marini JF "Tendon and myo-tendinous junction in an overloaded skeletal muscle of the rat". *Anat Embryol (Berl.)* 1988; 179 (1): 89-96.

11. Melegati G, Tornese D, Cappadonia C "Il ginocchio del saltatore"

[www.isocinetic.com/polf-attività/2000/2000-19.pdf](http://www.isocinetic.com/polf-attività/2000/2000-19.pdf);  
(convegno isokinetic 2000: Attualità nel trattamento delle

lesioni tendinee e muscolari dell'arto inferiore).

12. Stavem P, Bjorkum A "Jumper's knee or take-off knee?" *Tidsskr Nor Laegeforen.* 1993 Aug 10; 113 (18): 2286-7.

13. Fyfe I, Stanish WD "The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries." *Clin Sports Med.* 1992 Jul; 11 (3): 601-24

14. Riva Violetta D "Fisiologia e Metodologia dell'allenamento nella pallavolo" O.A.S.I., 1998