

Considerazioni biomeccaniche sulle lesioni da sovraccarico nei corridori di lunghe distanze

Nikos Tjoudis

Fiduciario Medico Regionale della Toscana
Docente alla Scuola di Specializzazione in Medicina dello Sport di Chieti

La gente corre per tante ragioni: per esempio, per piacere, per salute e fitness, per rilassarsi e per competere. Le ragioni per correre sono molte e varie. Tuttavia prima o poi numerosi corridori subiscono lesioni. Le lesioni che riconoscono nella corsa la loro patogenesi necessitano di un intervento preventivo. Le misure preventive dovrebbero basarsi sulla ricerca e identificazione dei fattori di rischio. Soltanto una ricerca realizzata per verificare l'incidenza di questi fattori nelle varie lesioni ci può permettere di proporre adeguate misure preventive. Vari studi e ricerche epidemiologiche hanno messo in luce una serie di fattori sia intrinseci che estrinseci capaci, di solito in combinazione tra di loro, di determinare l'insorgenza di una serie di quadri patologici e hanno sottolineato l'importanza dell'intervento preventivo nel ridurre il numero delle lesioni.

Lo scopo di questo articolo è quello di rispondere alla domanda se le lesioni che colpiscono il corridore possono essere prevenute e, nel tal caso, come si arriva ad ottenere ciò.

Le lesioni da sovraccarico sono molto comuni nei corridori di lunghe distanze ed è stato calcolato che circa il 75% di tutti i corridori ha subito almeno una lesione che ha richiesto l'intervento medico. Molte di queste lesioni coinvolgono una critica correlazione tra una predisposizione individuale biomeccanica e una recente variazione nel programma di allenamen-

to (fig.1). Questa può consistere in un rapido aumento sia della distanza percorsa ogni settimana che della intensità o frequenza delle sedute di allenamento, senza dare alle strutture di supporto dell'arto inferiore il tempo necessario per adattarsi al nuovo carico. Le lesioni da sovraccarico si verificano quando una struttura o un sistema sono esposti a sollecitazioni superiori alle loro specifiche capacità di tolleranza o/e di adattamento.

Fig. 1

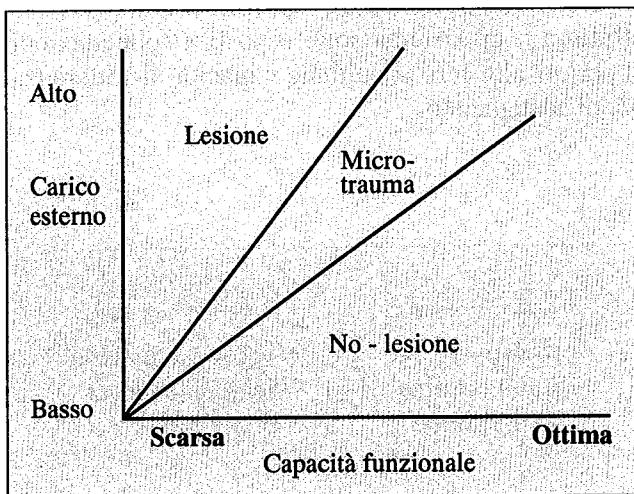


L'approfondimento della patogenesi, della sintomatologia e della diagnosi delle differenti forme di sovraccarico funzionale presenta enorme importanza sia per la scelta della terapia, eliminando le cause determinanti o predisponenti, sia per un eventuale intervento di prevenzione. La maggioranza delle lesioni, se identificate precocemente, può essere trattata in modo efficace con minime variazioni nel programma di allenamento, con la correzione degli squilibri della forza e della flessibilità muscolare e con l'uso di calzature idonee.

L'eccessivo e cumulativo carico di lavoro allenante rappresenta l'elemento determinante nell'insorgenza delle lesioni da sovraccarico. Il termine "eccessivo" è da mettere in correlazione con le caratteristiche strutturali (biotipo) e funzionali (biomeccaniche) dell'atleta e con i vari fattori predisponenti sia intrinseci che estrinseci. L'abilità di individuare tali limiti e quindi adattare i carichi di allenamento nei vari cicli e nel ritmo delle competizioni è molto importante. Il corpo risponde al carico di allenamento con l'adattamento delle strutture sottoposte a sollecitazioni ripetitive se l'allenamento è equilibrato con adeguato tempo di recupero energetico, ma anche strutturale. In conseguenza, un corridore presenta rischi di lesione quando la sua capacità di riparazione è insuffi-

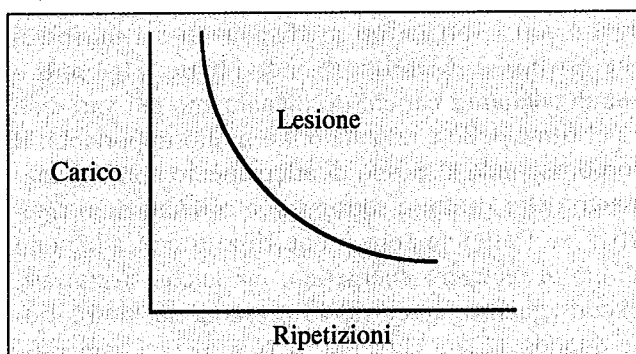
ciente. La patofisiologia di una lesione da sovraccarico rappresenta lo stato di reattività dell'organismo (fig. 2).

Fig. 2



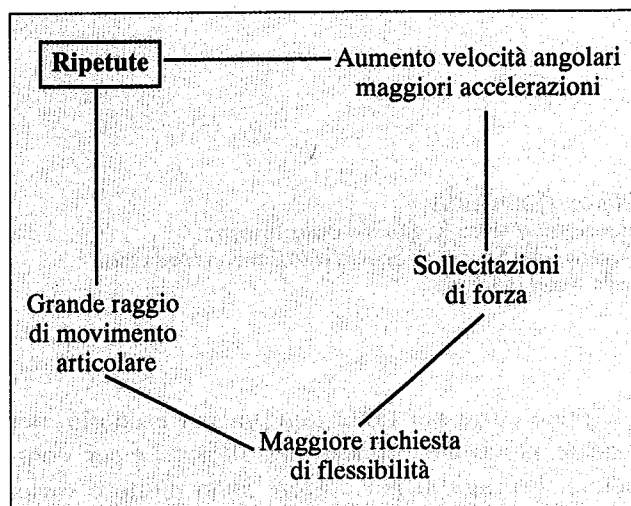
Approssimativamente il 60% delle lesioni da sovraccarico è il risultato di errori di allenamento. Certi fattori di allenamento dovrebbero essere sempre considerati come potenziali fattori di rischio. Molti di questi fattori modificabili sono stati studiati. L'aumento improvviso, circa 32 km per settimana, della distanza percorsa aumenta il rischio di lesione (Macera 1992). Inoltre, ogni rapida variazione nel programma di allenamento, come l'aumento di intensità di ogni singola seduta (fig. 3) di qualsiasi altro fattore inserito nel programma che non lascia tempo adeguato al sistema muscolo-scheletrico di adattarsi alle nuove sollecitazioni, costituisce un potenziale fattore di rischio (James e coll. 1978).

Fig. 3



Mentre il graduale e progressivo aumento della distanza e della intensità permette al corpo di adattarsi fisiologicamente. Nella valutazione del rischio lesivo va altresì considerato l'allenamento individuale e il condizionamento fisico svolto nel passato, come anche la tecnica di corsa (fig. 4).

Fig. 4



ERRORI DI ALLENAMENTO

- Alta intensità di allenamento senza alternare periodi di recupero.
- Improvviso aumento del volume e/o intensità di allenamento senza dare alle strutture di supporto dell'arto inferiore sufficiente tempo per adattarsi all'aumento del carico di lavoro.
- Una singola intensa seduta di allenamento.

CORRELAZIONE DELLE ALTERAZIONI BIOMECCANICHE CON LE LESIONI DA SOVRACCARICO

Nei fattori di rischio intrinseci devono essere prese in considerazione le caratteristiche funzionali biomeccaniche dell'arto inferiore. L'allineamento di arto

inferiore - tallone e tallone - avampiede è esaminato sulla base che il migliore funzionamento del piede si realizza quando l'articolazione della sottoastragale è più vicina alla posizione neutra. L'esame e la valutazione di una corretta funzione del piede è in correlazione con la posizione e il movimento dell'articolazione sottoastragale. Attraverso la sottoastragale si realizzano due movimenti complessi: la supinazione, con il piede in inversione, adduzione e flessione plantare e la pronazione, con il piede in eversione, abduzione e flessione dorsale. Durante la pronazione il piede si comporta come una struttura flessibile molto adattabile alle varie necessità di superficie durante il carico del peso corporeo. La supinazione, invece, porta il piede ad una posizione molto rigida allo scopo di assumere il ruolo di leva propulsiva durante la fase di spinta nella corsa.

All'impatto del piede sul terreno, che di solito si realizza sul bordo laterale del tallone, segue un rapido movimento verso la pronazione. Questa continua per circa il 70% dell'intera fase dell'appoggio con il suo massimo valore verso il 40% della suddetta fase (intermedia), momento in cui il centro di gravità passa sopra il piede di appoggio allineato con la rotula. Durante questa fase le articolazioni sottoastragale e mesotarsiche permettono al piede un comportamento molto flessibile che gli consente di adattarsi alle diverse superfici. Dopo la massima pronazione, il piede gradualmente si muove verso la supinazione, rendendo stabile il complesso articolare sottoastragale - mesotarsiche, così lo trasforma in una rigida leva propulsiva durante la fase di spinta. Una normale pronazione è molto importante nel tentativo di assorbire l'impatto con il terreno ed il suo intervento coordinato con altri eventi meccanici come la dorsiflessione della tibiotarsica, la flessione del ginocchio e il movimento del bacino è necessario per l'ottimizzazione della distribuzione delle forze che agiscono sull'arto inferiore durante la corsa. Alla pronazione del piede e alla flessione del ginocchio si accompagna la rotazione interna della tibia, alla supinazione del piede e all'estensione del ginocchio la rotazione esterna della tibia. I problemi iniziano quando si ha una prolungata ed eccessiva pronazione durante la fase di appoggio con conseguente aumento delle forze che agiscono sulle strutture di supporto del piede e dell'arto inferiore e con una richiesta maggiore dell'attività muscolare nel tentativo di stabilizzare il piede durante la fase di spinta. In seguito ai movimenti obbligatori di intra ed

extrarotazione tibiale che accompagnano la pronazione e la supinazione del piede si realizzano movimenti torsionali sul piano trasverso della articolazione del ginocchio. La prolungata ed eccessiva pronazione incrementa quindi l'intrarotazione tibiale con conseguente malallineamento piede-arto inferiore (ginocchio valgo), sottoponendo l'articolazione del ginocchio a forti sollecitazioni in torsione (Buchbinder et al. 1979). Le sollecitazioni in torsione dell'arto inferiore hanno una significativa influenza nel meccanismo funzionale dell'articolazione patello - femorale. Gran parte del dolore anteriore del ginocchio che colpisce i corridori è dovuto ad una sindrome chiamata disfunzione patello-femorale, secondaria ad una incongruenza nel meccanismo funzionale di tale articolazione che porta a sollecitazioni che determinano usura della patella (condromalacia rotulea). Tale quadro riconosce come causa malallineamenti torsionali o/e angolari come eccessivo angolo Q, anterversione del collo femorale, ginocchio varo ecc. (La Brier et al 1993, Messier et al 1991).

L'intera funzione dell'arto inferiore è dinamica e nel momento in cui la velocità della corsa aumenta, aumenta anche la grandezza delle forze (sollecitazioni) coinvolte nel gesto specifico. Per prevenire il sovraccarico delle strutture dell'arto inferiore è necessaria una efficiente distribuzione di tali forze. Nigg (1985) ha sostenuto che le forze che agiscono sul corpo durante la corsa, hanno una grandezza, un punto di applicazione e una direzione, componenti che devono essere prese in esame nella valutazione del carico. Importante sottolineare che le lesioni sono conseguenza dell'azione delle forze su una specifica struttura del sistema muscolo-scheletrico, quando tali forze superano un livello critico (sovraccarico) (Scott & Winter 1990).

In presenza di un malallineamento muscolo-scheletrico, come in caso della dismetria degli arti inferiori, il sovraccarico si realizza perché si alterano la grandezza e la geometria (punto di applicazione e direzione) delle forze applicate (carico meccanico) sull'intero sistema osteo-muscolo-tendineo-legamentoso. In questo modo si crea uno scompenso articolare ed altera il modulo della distribuzione delle forze (McGaw et al. 1989). Lo squilibrio posturale altera la meccanica delle tensioni muscolari intorno ad un'articolazione, aumentando notevolmente sia le forze compressive all'interno di una articolazione, sia quelle di tensione al punto dell'inserzione dei muscoli.

Un aumento di carico e/o una diminuzione della superficie della distribuzione, aumenta la predisposizione allo sviluppo di quadri patologici. L'identificazione della grandezza del carico applicato e la sua distribuzione durante l'atto motorio ci permette di realizzare l'intervento corretto per modificare la geometria delle forze. Una dismetria superiore ai 7mm è sufficiente per creare patologia da sovraccarico in un corridore di lunghe distanze (Gross 1983).

La funzione muscolare che accompagna il movimento della sottoastraglica durante la fase di appoggio coinvolge i muscoli: tibiale anteriore, tibiale posteriore e tricipite della sura che sono i principali responsabili nel controllo del movimento di pronazione (Perry 1983). Questi muscoli possono andare incontro a sollecitazioni (eccentriche) imposte dalla torsione pronatoria del piede durante la fase di appoggio e perciò è necessaria una accurata selezione di scarpe e/o l'uso di ortesi plantari per aiutare il controllo delle forze eccessive durante la pronazione (D'Ambro-

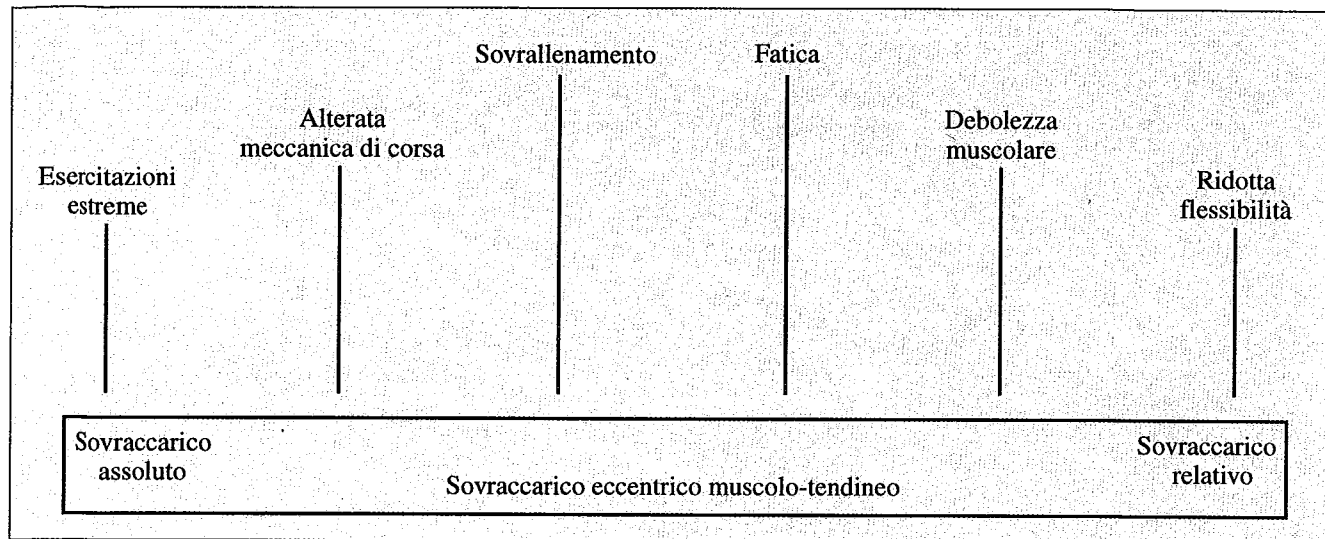
sia 1985). La prestazione eccentrica dei muscoli dell'arto inferiore assorbe le sollecitazioni dell'impatto durante il passo della corsa e perciò riveste un ruolo importante nella prevenzione delle lesioni. Ogni passo della corsa coinvolge una combinazione di contrazioni eccentriche e concentriche nel ciclo allungamento-accorciamento (SSC: stretch-shortening cycle). Durante la maratona i carichi ripetitivi delle forze di impatto (in un atleta di 70kg sono circa 70 ton./Km) diminuiscono progressivamente la capacità dei muscoli di assorbire le sollecitazioni riducendo le loro caratteristiche elastiche (Winter & Bishop 1992) (fig. 5).

Inoltre, accurata attenzione deve essere rivolta verso la struttura del piede sotto carico anche perché una pronazione di compenso in seguito a una tibia vara o un tendine d'Achille rigido o un avampiede varo (Cavanagh 1984) potrebbe dare origine ad una data lesione, mentre in un soggetto con un piede cavo rigido potrebbe dare un altro tipo di lesione.

Tabella 1

	0-----15-----30-----45-----60-----80----- 100 /-----fase di appoggio-----/--fase di oscillazione-----/			
pelvi	rotazione interna	- ---rotazione esterna-----/		---rotazione interna-----/
femore	rotazione interna	----- rotazione esterna-----/		---rotazione interna-----/
tibia	rotazione interna	----- rotazione esterna-----/		---rotazione interna-----/
tibiotarsica	flessione plantare	-----flessione----- dorsale	flessione/ plantare	-----flessione-----/ dorsale
sottoastraglica	eversione	-----inversione-----		eversione-----/
articolazioni astragalo - scafoide art. metatarsali	- instabili	-----stabili-----		-----instabili-----/
m. intrinseci	- inattivi	-----attivi-----		-----inattivi-----/
m. pretibiali	- -attivi	-----inattivi-----		----- attivi-----/
m. polpaccio	-- inattivi	----- attivi-----		----- inattivi-----/

Fig. 5



E' difficile la correlazione tra anomalie specifiche anatomiche e anomalie funzionali biomeccaniche dell'arto inferiore con specifiche lesioni su una base predetta. La conoscenza delle specifiche richieste dal tipo di corsa prestato per la valutazione della predisposizione in correlazione con i vari fattori di rischio intrinseci ed estrinseci è necessaria. Bates e coll., (1979) hanno mostrato che il grado di pronazione aumenta con la corsa sull'avampiede, inizia prima e finisce più tardi, inoltre hanno confermato che una scarpa adeguata potrebbe diminuire il periodo di pronazione. Un'altra considerazione deve essere fatta per quanto riguarda l'angolo che l'arto inferiore crea in relazione alla superficie della corsa. Questo aumenta con l'aumento della velocità, così da aumentare il varismo dell'arto inferiore in relazione alla superficie di corsa e richiedere una maggiore torsione pronatoria per il piede per essere appoggiato sulla superficie di corsa.

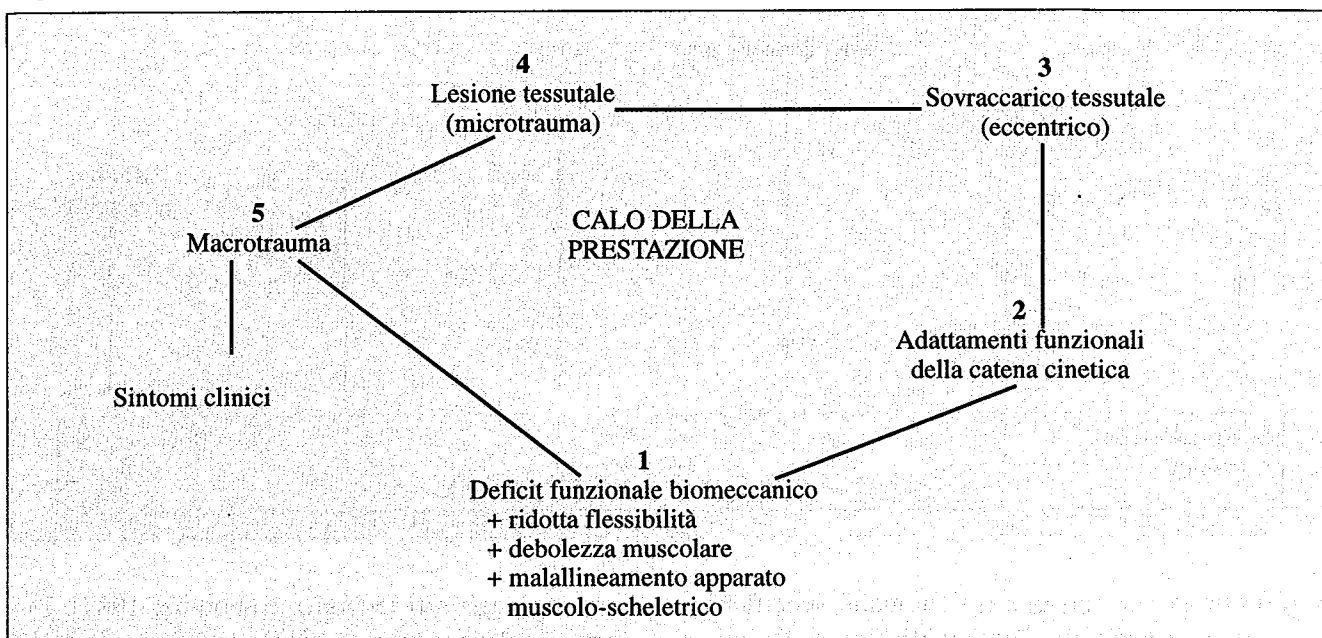
Un attento esame dell'arto inferiore contribuisce alla valutazione dei vari fattori che concorrono al malallineamento ed è un prerequisito importantissimo per formulare una corretta diagnosi e stipulare l'adeguato trattamento (Fig.6). Questo deve tendere ad eliminare la causa che ha determinato la lesione, tenendo sempre in considerazione che la localizzazione della sintomatologia può essere diversa e distante dalla sede della causa. Il malallineamento dell'arto inferiore può interessare ogni segmento e giunto della catena motoria dell'arto dal bacino fino al piede. La

dismetria degli arti (>7mm) (Subotnick 1985), l'asimmetria del movimento pelvico, l'antiversione del collo femorale (Stanish 1984), l'eccessivo angolo Q (bacino largo) (Meisser 1991), la patella alta (Hughston 1984), il ginocchio varo o valgo (Clement et al. 1981), la tibia vara, il piede cavo rigido, il retro piede valgo o varo, il piede piatto, possono essere considerate situazioni di disagio meccanico, che da sole o più frequentemente in associazione con altri fattori, come per esempio l'eccessivo carico di lavoro o calzature non idonee, portano all'instaurarsi di una patologia da sovraccarico.

Le considerazioni anatomiche individuali sono molto importanti. In uno studio anatomico sull'origine dei muscoli flessori plantari, è stata osservata una grande variazione nel tipo e nelle dimensioni della loro origine sulla tibia. Le fibre muscolari e il tessuto connettivo in proporzioni diverse si inseriscono sul periostio oppure direttamente sull'osso corticale. La lunghezza delle inserzioni presenta grandi variazioni ed esiste una notevole sovrapposizione dei vari muscoli.

Il trattamento del malallineamento dell'arto inferiore, presenta una notevole complessità per il medico. Importante è individuare il problema molto presto durante il periodo di crescita, per ottenere dei buoni risultati. Con il passare dell'età probabilmente i risultati che possono essere ottenuti sono inferiori. Tutto questo suggerisce la necessità di una grande attenzione nell'età giovanile per attuare correzioni tali da rendere il sistema muscolo-scheletrico capace di sop-

Fig. 6



portare le maggiori sollecitazioni richieste da un allenamento che spesso sconfina i limiti fisiologici. Sostenere, interventi preventivi viene tuttavia spesso considerato, una perdita di tempo e di denaro.

Nell'atleta maturo il trattamento mira a rendere la struttura più resistente attraverso esercizi di flessibilità, potenziamento muscolare per ottenere l'ottimizzazione dell'equilibrio tra i vari gruppi muscolari per una maggiore stabilità dinamica articolare, calzature idonee, ortesi plantari e naturalmente adattamento dei carichi di lavoro alle caratteristiche strutturali e funzionali dell'atleta.

La prima risposta spesso data alla domanda "cosa separa i campioni che durano nel tempo dal resto del pacchetto? E' che loro "hanno avuto pochi infortuni". Pochissimi corridori sono capaci di tollerare alti livelli di allenamento per molti anni. Molti hanno mostrato il loro talento in occasione di qualche evento, ma le lesioni ripetute li hanno portati lentamente ad abbandonare l'attività ad alti livelli. I corridori e gli allenatori spesso dimenticano che esiste un limite del volume e dell'intensità dell'allenamento che il loro corpo può assorbire e che il riposo e il recupero sono di vitale importanza per avere i benefici di un duro lavoro. Le sedute di allenamento che non ascoltano i segnali che il corpo dà quando necessita del recupero strutturale portano a situazioni di sovraccarico.

Tabella 2 - Sindromi comuni di malallineamento del piede

Malallineamento	Fattori associati	Lesione
art. sottoastraglica vara	- pronazione eccessiva - I° raggio metatarsale ipermobile	- callosità sotto III° e IV° metatarso - metatarsalgia - fratture da stress piede ed arto inferiore - sindrome tibiale posteriore - tenosinovite tibiale posteriore - disfunzione patello- femorale
art. sottoastraglica valga	- piede piatto	
avampiede varo	- eccessiva e prolungata pronazione - eversione del retropiede	- sindrome tibiale mediale - tendinite tibiale posteriore
avampiede valgo	- rapido movimento in torsione dalla pronazione verso supinazione	- disfunzione patello-femorale - frattura da stress scafoide - distorsione caviglia - sindrome della bandarella ileotibiale
dismetria arti inferiori	- tilt pelvico - scoliosi posturale	- disfunzione patello-femorale - sindrome retto-adduttorica - lombalgia

Tabella 3 - Le più comuni lesioni da sovraccarico

- Disfunzione patello- femorale
- Peritendinite Achillea
- Fascite plantare
- Sindrome tibiale mediale
- Tendinite rotulea
- Sindrome compartimentale
- Sindrome della bandarella ileo-tibiale
- Fratture da stress
- Tendinite tibiale posteriore
- Tendinite dei peronei
- Sindrome del tunnel tarsale

CONCLUSIONI

- La maggior parte delle lesioni da sovraccarico nei corridori di lunghe distanze è il risultato di un allenamento errato.
- Fattori non specifici anatomico - biomeccanici sono correlati con ogni lesione specifica .
- Il riposo adeguato può risolvere molti problemi nei corridori, ma questo non basta se l'eziologia del sovraccarico non è stata determinata.
- Una varietà di lesioni o sindromi possono rispondere solo ad una specifica modalità di trattamento.
- La ricerca della causa che ha determinato la situazione di sovraccarico è fondamentale.

■ L'introduzione dei metodi della biomeccanica applicata può essere molto efficace per un'accurata diagnosi e trattamento.

Generalmente, un approccio adeguato per l'analisi e l'individuazione della causa e una diagnosi accurata con trattamento efficace deve seguire le seguenti modalità:

- Valutare il programma di allenamento, con particolare attenzione alle variazioni rapide.
- Esaminare le alterazioni anatomiche - biomeccaniche dal bacino al piede.
- Considerare la modifica o il cambio delle calzature.

- Valutare la possibilità della riduzione del volume e dell'intensità dell'allenamento.

- Considerare l'importanza delle ortesi.

- Valutare un programma di esercitazioni alternative.

- Proporre un progressivo ben strutturato ritorno alla corsa, quando la condizione patologica è stata risolta.

Gli atleti con un'apparente condizione di malallineamento dell'arto inferiore oppure con una alterazione biomeccanica funzionale hanno bisogno di un adeguato programma di allenamento nel rispetto di tale condizione. Il corpo ha una grande capacità di adattamento se gli si offre il tempo necessario per accomodarsi alle sollecitazioni con una risposta favorevole.

BIBLIOGRAFIA

Bates B.T., Osterning L.R., Mason B.R., James S.L. Functional variability of the lower extremity during the support phase of running. *Med. and Scie. Sports and Exercise*, 11,328-331, 1979.

Baxter D.E. The foot and ankle in sport. ST Louis, Mosby-year Book, 1995.

Blair S.N. Risk factors and running injuries. *Med. Science Sports Exercise* 17(2), 1985.

Brill P.A., Macera C.A., The influence of running patterns on running injuries, *Sports Medicine*, 20(6), 365-368, 1995.

Buchbinder R. Napora N. Bizzo E. The relationship of abnormal pronation to chondromalacia patellae in distance runners. *J. Am. Podiatric Association*, 69, 159-161, 1979.

Burdett R.G. forces predicted at the ankle during running. *Med. Science in Sports Exercise*, 14, 308-316, 1982.

Cavanagh P.R. Biomechanics of distance running. Champaign IL: Human Kinetics, 1990.

Cavanagh P.R., LaFortune M.A. Ground reaction in distance running. *J. Biomechanics* 13, 393-406, 1980.

D'Ambrosia R.D. Orthotic devices in running injuries. *Clinics Sports Med.* 4, 611-618, 1985.

Fredericson M. Common Injuries in Runners (Diagnosis, Rehabilitation and Prevention). *Sports Med.*, 21(1), 49-72, 1996.

Grana W.A., Coniglione T.C. Knee disorders in runners. *Physician Sportsmedicine* 13, 127-133, 1985.

Grana W.A., Kriegshauser L.A. The scientific basis of extensor mechanism disorders. *Clinics in Sports Medicine*. 4; 247-257, 1985.

Gross R.H.: Leg length discrepancy in marathon runners. *Am. J. Sports Med.* 11:121-124, 1983.

Hoeberigs J.H. Factors related to the incidence of running injuries: a review. *Sports Medicine*, 13(6), 408-422, 1992.

James S. Injuries to runners. *Am. J. Sports Med.* 6, 43-50, 1978.

Khan K.M., Brukner P.D., Kearney C. Et al. Tarsal navicular stress fracture in athletes. *Sports Medicine* 17(1), 65-76, 1994.

Kibler W.B., Goldberg C., Chandler T.J. Functional biomechanical deficits in running athletes with plantar fasciitis. *Am. J. Sports Med.* 19(1), 66-71, 1991.

LaBrier K., O'Neill D.B., Patellofemoral Stress Syndrome: Current Concepts. *Sports Medicine*, 16(6), 449-459, 1993.

Macera C.A., Pate R.R., Powell K.E., Jackson K.E.; Kendrick J.S. Predicting lower-extremity injuries among habitual runners. *Arch. Internal Medicine* 149, 2565-2568, 1989.

Macera C.A. Lower extremity injuries in runners: advances in prediction. *Sports Med*, 18(1), 50-57, 1992.

Marti B., Vader J.P., Minder C.E., Abelin T. ON the epidemiology of running injuries. *Am. J. Sports Med.* 16, 285-294, 1988.

- McBryde A.M.: Stress fractures in runners. Prevention and treatment of running injuries: D'Ambrosia and Drez (Eds), 21-42, 1982.
- McGaw S.T., Bates B.T., Singer K.M.: The concordance between mild leg length inequality and ground reaction force data asymmetry during running. Proceedings of the XII In.Congr. Biomechanics, Gregor et al. (Eds) 1989.
- McKenzie D.C., Clement D.B., Taunton J.D.: Running shoes, orthotics and injuries. Sports Medicine, 2, 334-337, 1985.
- Messier S.p. Davis S.E., Curl W.W. et al. Etiological factors associated with patellofemoral pain in runners. Med. Science Sports Med. 23(9), 1008-1015, 1991.
- Nigg B.M. Biomechanics, load analysis and sports injuries in the lower extremity. Sports Med., 2, 367-379, 1985.
- Noble C.A. Iliotibial band friction syndrome in runners. Am. J. Sports Med., 8, 232-234, 1980.
- O Toole M.L. Prevention and Treatment of injuries to runners. Med. Science Sports Exercise, 24, 360-363, 1992.
- Perry J. Anatomy and biomechanics of the hindfoot. Clinical Orthopedics, 177, 9-15, 1983.
- Robbins S.E., Haqna A.M., Gouw G.J. Overload protection: Avoidance response to heavy plantar surface loading. Med. Science Sports Exercise, 20, 85-92, 1988.
- Robbins S.E., Gouw G.J. Athletic Footwear and chronic overloading: a Brief review. Sports Medicine 9(2), 357-369, 1990.
- Scott S.H., Winter D.A. Internal forces at chronic running injury sites. Med. Science Sports Exercise, 22, 357-369, 1990.
- Sommer H.M., Vallentyne S.W. Effect of the foot posture on the incidence of medial tibia stress syndrome. Med. Science Sports Exercise, 27(6), 800-804, 1995.
- Stanish W.D. Overuse injuries in athletes: a prospective study. Med. Science Sports Exercise: 16(1), 1-7, 1984.
- Subotnick S.I. (Eds): Sports Medicine of the lower extremity, Churchill Livingstone, New York, 1989.
- Subotnick S.I. The biomechanics of running: implications for the prevention of foot injuries. Sports Medicine, 2, 144-153, 1985.
- Sutker A.N., Jackson D.W., Pagliano J.W.: Iliotibial band syndrome in distance runners. Phys. Sports-med. 9: 69-74, 1982.
- Taunton J.E., McKenzie D.C. and Clement D.B.: The role of Biomechanics in the Epidemiology of Injuries. Sports Medicine: 6 (2), 107-120, 1988.
- Tjououdis N., Casini P., Saggini R. Trattamento riabilitativo della fascite plantare; Atti Congresso Nazionale ANSMS, Gubbio, 1992.
- Tjououdis N., Saggini R. Il piede nell'atto di moto. Atletica Studi, 26 (1), 43-46, 1995.
- Van Mechelein W., Hlobil H., Kemper H.C.: Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercise. Am.J. Sports Med. 21(5) 711-719, 1993.
- Van Michelein W. Can running Injuries Be effectively Prevented?, Sports Medicine., 19(3), 161-165, 1995.
- Walter S.D., Sutton J.R., McIntosh J.M., et al. The aetiology of sports injuries: a review of methodologies. Sports Medicine, 2(1), 47-58, 1985.
- Winter D.A., Bishop P.J.: Lower Extremity Injury, (Biomechanical factors associated with chronic injury to the lower extremity) Sports Med. 14(3) 149-156, 1992.