

LA RIABILITAZIONE NELLE TENDINOPATIE

G. Melegati*, P. Volpi**, D. Tornese*, e G. Mele*

*Dipartimento di Terapia Fisica e Riabilitazione, Istituto Ortopedico G. Pini, Milano,

**Clinica Ortopedico-Traumatologica dell'Università degli Studi di Milano, Centro di Traumatologia dello Sport, Istituto Ortopedico G. Pini, Milano – Settore Medico F.C. Internazionale, Milano

RIASSUNTO

Le tendinopatie rappresentano una patologia di frequente riscontro nella pratica del calcio. Secondo una recente indagine epidemiologica condotta su un campione di soggetti professionisti di alto livello le tendinopatie del rotuleo rappresentano le più frequenti patologie tendinee del calciatore, seguite da quelle dell'achilleo. Il trattamento delle forme da sovraccarico funzionale è tuttora ampiamente dibattuto, ma esiste accordo comune sul fatto che quello conservativo deve essere considerato come la prima scelta terapeutica, peraltro risolutiva nella maggioranza dei casi.

Tale trattamento prevede in fase iniziale il controllo del dolore e dell'infiammazione mediante l'impiego di farmaci antiinfiammatori non steroidei e di mezzi fisici selezionati e il riposo attivo, regolato dal sintomo del dolore. Pur risultando generalmente utili, tali presidi terapeutici non sono sufficienti per il completo recupero funzionale che deve passare attraverso la fase del ripristino delle qualità di forza e resistenza muscolo-tendinee. Dal momento che la massima sollecitazione a carico dell'unità miotendinea avviene durante la fase eccentrica della contrazione, è verosimile che la patologia tendinea sia causata dalle microsollecitazioni ripetute durante il sovraccarico eccentrico. Il recupero funzionale della forza eccentrica mediante impiego di esercizi specifici rappresenta la chiave per il rimodellamento del tendine e il conseguente ripristino delle condizioni fisiologiche della struttura tendinea alterata dai processi degenerativi.

Parallelamente al recupero delle qualità strutturali del tendine il programma rieducativo prevede il recupero delle qualità coordinative neuromuscolari mediante esercizi propriocettivi progressivi, che agiscono sia a livello corticale che a livelli inferiori, sino all'allenamento mediante esercizi di stabilizzazione dinamica riflessa. L'attività aerobica, per il mantenimento di un adeguato funzionamento del sistema cardiocircolatorio, funge da collante lungo tutto l'iter riabilitativo. Vengono trattati nel presente lavoro i principali aspetti riabilitativi che regolano il processo di normalizzazione di tutte le conseguenze funzionali che accompagnano le tendinopatie su base microtraumatica nello sport del calcio.

PAROLA CHIAVE

Tendinopatie da sovraccarico, biostimolazione cellulare, riparazione cellulare, produzione del collagene

Il gioco del calcio è una disciplina sportiva che richiede dei costi elevati, non solo sotto il profilo energetico ma anche per ciò che riguarda l'usura cui viene sottoposto l'apparato muscolo-scheletrico. La corsa, nelle sue differenti forme, è l'attività dominante nel calcio soprattutto a carico degli arti inferiori.

Le tendinopatie del calciatore rappresentano una classica patologia da sovraccarico. Numerosi studi in letteratura hanno inquadrato questa patologia dal punto di vista eziopatogenetico: alcuni tra i più comuni fattori eziologici riportati in letteratura riguardano una cattiva gestione dei carichi in allenamento, condizioni di gioco inappropriate, fattori anatomici (ipossia, ipertermia tendinea indotta dall'esercizio), squilibri muscolari¹⁴. Tuttavia l'eziopatogenesi delle tendinopatie rimane ancora incerta. Non è ancora possibile stabilire una relazione tra il tipo e l'intensità del sovraccarico funzionale e l'insorgenza della patologia.

RISPOSTA DEL TENDINE AL SOVRACCARICO

La struttura tendinea subisce un continuo rimodellamento causato dal sovraccarico, sia a livello cellulare che a livello della matrice extracellulare⁵⁻⁷. 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 tendinea, il tendine risulta 'pronto' a ricevere il progressivo aumento del carico. Se viceversa l'adattamento e il tempo di recupero sono insufficienti a mantenere l'integrità tendinea, il tendine rimane in una situazione temporanea di debolezza, che in caso di improvvise sollecitazioni predispone lo stesso tessuto tendineo alla lesione.

Un appropriato intervento terapeutico in questa fase favorisce il normale rimodellamento, necessario ad adattare il tessuto al sovraccarico.

Archambault⁴ ha recentemente proposto un dia-

gramma che mette in relazione il sovraccarico tendineo, il conseguente responso cellulare e la possibile patologia. Esiste 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.

I tendini sono strutture poco vascolarizzate⁸.

Per tale motivo la capacità di recupero risulta essere bassa a seguito di un eccessivo carico funzionale⁹. La chiave di un appropriato recupero funzionale risiede nella capacità da parte dell'operatore di non eccedere tali limiti fisiologici di adattamento e di proporre carichi crescenti nel rispetto delle capacità di sopportazione dei carichi del tendine in quel momento e dei relativi tempi di recupero necessari al normale processo di adattamento.

Se esiste consenso generale circa gli effetti positivi dell'esercizio a lungo termine sul tendine degenerato, tale esercizio va tagliato a misura del paziente, prestando estrema attenzione ai segni e ai sintomi clinici apprezzati durante le differenti fasi riabilitative. Il tendine non è una struttura inerte avente la funzione puramente meccanica di trasferire energia dai muscoli alle leve ossee: oltre a una importante funzione sensoriale propriocettiva^{10,11} il tendine deve essere considerato come una struttura metabolicamente attiva che risponde all'esercizio adattandosi gradualmente alle sollecitazioni, come avviene per i muscoli e il tessuto osseo.

In ultima analisi, la ricerca indica che, a lungo termine, l'esercizio ha un effetto positivo sulla struttura del tendine, in quanto ne aumenta la resistenza al sovraccarico^{12,13}.

Il riposo, come terapia per le tendinopatie da sovraccarico, se da un lato favorisce l'attenuazione del sintomo dolore, dall'altro ha un effetto negativo sull'unità muscolo-tendine-osso. L'immobilizzazione favorisce l'insorgenza di atrofia muscolare¹⁴, riassorbimento osseo e diminuisce le proprietà di forza e resistenza ai carichi

del tendine¹⁵⁻¹⁸.

Nei soggetti athleticamente attivi il tendine costituisce la porzione più vulnerabile dell'unità funzionale muscolo-tendine-osso¹⁹. Un recupero funzionale affrettato o inadeguato in termini di progressione dei carichi, a seguito di un lungo periodo di immobilizzazione, può favorire la recidiva⁴.

PROCESSI RIPARATIVI DEL TENDINE

Vengono arbitrariamente riconosciute tre fasi nel processo di guarigione del tessuto tendineo, fasi che vengono descritte distinte per convenzione ma che rappresentano un continuum funzionale: la fase infiammatoria, la fase della sintesi di collagene e la fase del rimodellamento biologico²³. Inizialmente, nella fase infiammatoria, non si riscontrano processi di sintesi di collagene, ma l'influsso di sostanze vasoattive, fattori chemiotattici ed enzimi degradanti.

Orientativamente dal terzo giorno post-infortunio hanno inizio i processi riparativi ad opera di cellule pluripotenti provenienti dalla guaina tendinea e dalla matrice extracellulare, differenziate in senso fibroblastico. L'orientamento casuale delle fibre di collagene prodotte in questa fase rende la struttura neoformata dotata di scarsa forza meccanica. L'incremento di quest'ultima è ottenuto progressivamente con la terza fase del processo di guarigione, detta di rimodellamento, durante la quale si compie il graduale orientamento delle fibre di collagene in senso longitudinale. Intorno alla 6^a-8^a settimana il contenuto totale di collagene neoformato è stabile e la forza del tessuto tendineo cresce gradualmente, fino alla completa maturazione della cicatrice che avviene tra il 4° ed il 6° mese.

Il razionale alla base del processo riabilitativo si racchiude proprio in questa fase poiché l'aumento della forza tendinea si verifica in direzione della linea di forza muscolare. Per questo motivo il tessuto molle non viene immobilizzato per un tempo prolungato (a meno che l'entità

della lesione non lo consigli), bensì sottoposto a sollecitazioni progressive aventi lo scopo di ottimizzare per quanto possibile la forza tensiva del tessuto cicatriziale neoformato. La mobilizzazione e il carico precoci hanno effetti benefici sui processi riparativi del tendine²⁴. Tuttavia è consigliato evitare una mobilizzazione aggressiva entro i primi 3-4 giorni dalla lesione tendinea, ma iniziare l'applicazione di moderato stress meccanico mediante mobilizzazione passiva ed attiva-assistita dopo il 5°-6° giorno^{25,26}.

L'ESERCIZIO ECCENTRICO

Numerosi studi in letteratura dimostrano che l'esercizio fisico aumenta la forza di sopportazione dei carichi nel tessuto tendineo favorendo i processi metabolici di produzione del collagene^{27,28}. L'esercizio prevede un certo tipo di azione muscolare. Esistono sostanzialmente due tipi di contrazione muscolo-tendinea: la contrazione statica o isometrica e la contrazione dinamica o anisometrica. L'esercizio risulta essere composto dalla somma di diverse contrazioni statiche e dinamiche²⁹.

Durante la contrazione statica o isometrica il muscolo sviluppa tensione senza che i suoi estremi si avvicinino. In questo caso non può essere espresso un lavoro meccanico. Nella contrazione dinamica il muscolo produce una tensione variando la sua lunghezza e quindi compiendo lavoro meccanico: quando la tensione muscolare prodotta è maggiore della resistenza, il muscolo si accorcia e abbiamo una contrazione concentrica; quando invece la tensione è minore della resistenza il muscolo viene allungato e si parla di contrazione eccentrica, durante la quale il muscolo compie lavoro negativo, in allungamento.

Abbiamo infine una contrazione isocinetica durante la quale il muscolo si contrae a velocità costante per tutto l'arco di movimento³⁰.

La contrazione dinamica eccentrica risulta generare la maggior tensione a carico dell'unità

muscolo-tendinea rispetto alla contrazione concentrica e isometrica, con un conseguente maggior sviluppo di forza muscolare^{31, 32}.

Tuttavia l'esercizio eccentrico provoca affaticamento muscolare; Komi³³ e coll., in uno studio condotto su un gruppo di soggetti allenati eccentricamente, riportano che a 2 settimane dall'inizio del programma eccentrico nessun soggetto era in grado di mostrare i valori di forza espressi prima dell'inizio del training.

Un programma di lavoro eccentrico deve essere accuratamente dosato per evitare periodi di "overstress" che possono rallentare la progressione³². Si suppone che il tendine sopporti le sollecitazioni massimali durante la fase eccentrica del movimento: è probabile che le lesioni tendinee avvengano durante tale fase²⁰⁻²². In effetti i sintomi clinici di tendinopatie nel calciatore soprattutto a carico del tendine di Achille e del tendine rotuleo si manifestano caratteristicamente soprattutto durante la fase eccentrica del movimento (es: concerne la decelerazione dopo uno scatto per ciò che concerne il rotuleo e atterraggio da una fase di stacco aereo per ciò che riguarda l'achilleo). Alfredson e coll. hanno rilevato valori di forza eccentrica decisamente diminuiti a carico del tricipite surale in soggetti affetti da tendinopatia achillea. Secondo gli autori tale deficit funzionale potrebbe predisporre il tendine alla lesione, anche se il deficit potrebbe essere insorto a causa della lesione; in quest'ultimo caso però si dovrebbe riscontrare il deficit anche a carico del gruppo muscolare controlaterale³⁴.

È importante considerare il tendine non come singola entità anatomica ma come componente di una unità funzionale muscolo-tendine-osso. Jonhagen e coll.³⁵ hanno evidenziato un deficit evidente di forza eccentrica e di flessibilità a carico della muscolatura flessoria in atleti che avevano subito lesioni muscolari ai flessori della coscia.

Come possibile spiegazione per i positivi effetti dell'allenamento eccentrico nelle tendinopatie è stato ipotizzato un effetto di allungamento del-

l'unità muscolo-tendine con conseguente minor sollecitazione durante i movimenti articolari. In aggiunta l'esercizio eccentrico pare induca ipertrofia del tessuto tendineo con conseguente aumentata resistenza ai carichi³⁴. La concentrazione eccentrica (in allungamento) permette un immagazzinamento di grandi quantità di energia elastica, dovuto all'allungamento della componente elastica, connettivale del muscolo. L'esercizio eccentrico provoca dolenzia muscolare. Vi sono diverse ipotesi in proposito per giustificare tale evenienza: un certo grado di danneggiamento delle fibre, deplezione di ATP, infiammazione del tessuto connettivo, alterazione del meccanismo neuromuscolare contrazione-rilasciamento^{36, 37}. Inoltre, dopo esercizio eccentrico, si assiste a una diminuzione delle qualità neuromuscolari di destrezza e coordinazione necessarie durante l'attività sportiva³³.

Sulla base di queste considerazioni risulta evidente che l'esercizio eccentrico risulta molto impegnativo per l'atleta; i tempi e le modalità dell'esercizio vanno programmati con attenzione rispettando i sintomi soggettivi. Risulta quindi indispensabile la "compliance" del soggetto ai fini di un soddisfacente risultato funzionale.

PRINCIPI RIABILITATIVI GENERALI NELLE TENDINOPATIE

Per tendinopatie si intende una sindrome clinica caratterizzata da dolore, tumefazione diffusa o localizzata e limitazione funzionale. Maffulli e coll.³⁸ sottolineano che il termine tendinite dovrebbe essere usato solo dopo esame istopatologico, dal momento che spesso nella pratica corrente si definisce tendinite una tendinopatia cronica sostenuta da un processo degenerativo, con scarsa evidenza di un vero quadro infiammatorio. La natura degenerativa delle tendinopatie da sovraccarico indica che i sintomi clinici sono il risultato di un processo patologico piuttosto che di un evento acuto, tale processo implica degli adattamenti biomeccanici da ricer-

care sia localmente, in prossimità del sito di lesione, sia distalmente lungo la catena cinetica. È compito del riabilitatore normalizzare tutte le conseguenze funzionali che accompagnano la lesione tendinea cronica su base microtraumatica, e non focalizzare l'attenzione solo sul sito di lesione. Ai sintomi clinici (dolore, tumefazione, limitazione funzionale) si accompagnano sempre deficit biomeccanici quali debolezza muscolare del muscolo interessato o dei gruppi muscolari sinergici, contrattura e conseguente perdita di elasticità dell'unità muscolo-tendinea, alterazioni dell'equilibrio muscolare tra agonisti e antagonisti.

Ne sono esempi il deficit di forza del tricipite surale nella tendinopatia dell'achilleo oppure della muscolatura flessoria nella tendinopatia rotulea, o ancora la rigidità delle strutture capsulari posteriori nella sindrome da conflitto subacromiale. Se tali alterazioni biomeccaniche, che come detto possono instaurarsi anche lontano dal sito di lesione, lungo la catena cinetica, non vengono risolte, possono impedire il recupero funzionale completo e predisporre l'atleta alla recidiva al ritorno alla competizione³⁹.

Per facilitare la valutazione di tutti i fattori che compongono il quadro clinico di tendinopatia e di conseguenza per intervenire con un'appropriate e razionale riabilitazione, Kibler ha proposto di analizzare i seguenti aspetti clinici⁴⁰:

- Complesso dei tessuti sottoposti a sovraccarico
- Complesso delle strutture lesionate
- Complesso dei sintomi clinici (che caratterizzano la lesione)
- Complesso del deficit funzionale biomeccanico (contratture o squilibri muscolari che alterano il corretto gesto biomeccanico, ad esempio: corsa, calcio, stacco, ecc.)
- Complesso degli adattamenti subclinici (attività sostitutive che l'atleta pone in atto per compensare l'alterata biomeccanica).

Ad esempio, nel caso di tendinopatia inserzionale del tendine rotuleo, è possibile che si presenti il seguente scenario clinico:

- Complesso dei tessuti sottoposti a sovraccarico: quadricipite, bendeletta ileotibiale, tendine rotuleo
- Complesso delle strutture lesionate: inserzione del tendine al polo inferiore della rotula e porzione prossimale dello stesso tendine
- Complesso dei sintomi clinici: dolore localizzato, dolore peritrotuleo, dolore in fase di decelerazione
- Complesso del deficit funzionale biomeccanico: rigidità del quadricipite e della bendeletta ileotibiale, debolezza dei flessori, alterazione dello schema della corsa
- Complesso degli adattamenti subclinici: deficit dell'estensione completa del ginocchio, tendenza a shiftare il peso del corpo sull'arto controlaterale in atterraggio o in decelerazione.

LE FASI RIABILITATIVE

Generalmente si divide il processo riabilitativo delle tendinopatie da sovraccarico in tre fasi, distinte tra loro solo per convenzione ma che in realtà risultano intimamente connesse tra loro:

- ✓ la fase sintomatica,
- ✓ la fase del recupero funzionale
- ✓ la fase del mantenimento del recupero ottenuto.

In ciascuna fase il riabilitatore si prende cura di alcuni degli aspetti che, nel loro insieme, costituiscono la lesione. I presupposti per il recupero funzionale sono così sintetizzati:

- ✓ È necessaria la completa collaborazione del paziente, soprattutto nella fase del recupero funzionale.
- ✓ Ciascun paziente necessita di un'accurata personalizzazione del trattamento rieducativo.
- ✓ La progressione dei carichi deve essere guidata dal raggiungimento di precisi obiettivi, rappresentati dai sintomi clinici, dalla risposta soggettiva del paziente all'incremento progressivo dei carichi e dalla conoscenza dei principi biomeccanici che regolano i processi biologici di guarigione del tessuto connettivo.

TABELLA 1

LIVELLO	DESCRIZIONE DEL DOLORE	LIVELLO DI ATTIVITÀ
1	Nessun dolore	Normale
2	Dolore solo dopo esercizio strenuo	Normale
3	Dolore dopo esercizio strenuo, che persiste per 1-2 ore successive	Normale o lievemente diminuito
4	Dolore durante e dopo ogni attività impegnativa	Moderatamente diminuito
5	Dolore durante l'attività e conseguente interruzione dell'attività sportiva	Decisamente diminuito
6	Dolore durante le attività quotidiane	Attività non praticabile

- ✓ Il recupero funzionale di un atleta affetto da tendinopatia da sovraccarico dura tutta la vita agonistica dell'atleta.
- ✓ Trattare il particolare senza perdere di vista l'insieme delle strutture che compongono la catena cinetica.
- ✓ Il recupero della forza muscolare, qualora esista un deficit, non deve essere ottenuto a scapito dell'equilibrio tra i gruppi muscolari agonisti-antagonisti.

FASE ACUTA, SINTOMATICA

Il sintomo dolore caratterizza la fase finale. Curwin ha proposto una classificazione del dolore in relazione al livello di attività sportiva⁴¹. L'obiettivo di questa fase è il controllo del dolore e dell'infiammazione. In presenza di sintomatologia dolorosa è utile il trattamento farmacologico mediante antinfiammatori non steroidei, la cui efficacia sul controllo del dolore e dell'infiammazione locale risulta provata da diversi studi clinici prospettici^{42, 43}. L'immobilizzazione in apparecchio gessato o mediante tutore funzionale del segmento articolare interessato, da alcuni evocata nelle fasi ini-

ziali, non è consigliabile anche nei casi più impegnati, dati i potenziali effetti dannosi sui tessuti (tendineo, osseo, muscolare, cartilagineo), anche per periodi relativamente brevi di immobilizzazione⁴⁴. Il riposo attivo è incoraggiato e una cauta mobilizzazione attiva-assistita viene applicata a partire dal terzo giorno.

Esercizi per il ripristino della escursione articolare vengono eseguiti dal paziente sotto il controllo del terapeuta, che al bisogno si avvale di tecniche manuali. Ciò entro i limiti del dolore.

Per le situazioni più impegnate in termini di dolore e limitazione articolare risulta utile l'idrokinesiterapia, assistita o autoassistita, per sfruttare gli effetti positivi dell'ambiente acquatico. L'effetto idrostatico permette un più rapido e sicuro recupero dell'escursione articolare e del normale schema del cammino, grazie probabilmente a una sorta di "glove effect"⁴⁵, favorito dalla pressione idrostatica che produce una sorta di stimolazione propriocettiva a livello del distretto corporeo interessato dalla lesione, che favorisce il recupero neuromuscolare. Vengono introdotti esercizi propriocettivi di posizionamento - riposizionamento articolare, per il recupero del senso di posizione articolare e della per-

cezione del movimento (kinestesia)⁴⁶. In acqua, vengono precocemente introdotti esercizi propriocettivi per il recupero dell'equilibrio, inizialmente in carico bipodalico e successivamente monopodalico, occhi aperti - occhi chiusi.

Quando il dolore e la tumefazione diminuiscono, vengono incoraggiati esercizi di contrazione muscolare isometrica e successivamente isotonica, entro ambiti articolari ridotti e crescenti, contro la resistenza manuale del terapista. Viene in sostanza introdotta una iniziale e graduale sollecitazione in allungamento a carico delle strutture tendinee in via di guarigione, avendo cura di applicare stress veramente modesti, lungo l'asse longitudinale del tendine, affinché fungano da stimolo per un iniziale corretto orientamento delle fibre collagene neoformate.

Tale sollecitazioni devono rimanere ben entro i limiti fisiologici della escursione articolare. Risulta utile la crioterapia locale, sotto forma di massaggio con ghiaccio, effettuato per 3-4 minuti e ripetuto 2-3 volte nella giornata (1).

I criteri per avanzare alla fase successiva sono:

- risoluzione della tumefazione e diminuzione del dolore locale;
- recupero della escursione articolare entro i limiti fisiologici;
- deambulazione libera con normalizzazione dello schema del cammino.

TERAPIE CON MEZZI FISICI

Le terapie trovano spazio applicativo in questa fase iniziale, per favorire i fisiologici processi rigenerativi del tendine. Accanto alle tradizionali terapie fisiche, la cui validità e reale efficacia è tuttora molto controversa, ci pare opportuno analizzare alcune tra le più recenti terapie che utilizzano mezzi fisici per il trattamento delle tendinopatie: la terapia mediante impiego di Laser Neodimio Yag e la terapia a trasferimento energetico capacitivo-resistivo (Tecarterapia).

Per completezza occorre ricordare che le tendinopatie rappresentano uno dei campi di appli-

cazione della terapia con onde d'urto extracorporee, argomento trattato in modo esaustivo in altra sezione.

Le terapie fisiche nella nostra impostazione rivestono ruolo primariamente antalgico, (comprovabile da quanto riferito dal paziente) poiché gli effetti biologici attribuiti in letteratura, a cui faremo di seguito accenno, mancano a nostro avviso di un adeguato sostegno scientifico. Le caratteristiche proprie delle patologie da sovraccarico funzionale consentono il ricorso al trattamento fisioterapico in qualsiasi momento dell'evoluzione clinica, sotto forma di trattamento associativo.

La sigla laser è l'acronimo di Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ossia amplificazione della luce mediante emissione stimolata della radiazione. La radiazione liberata dal processo di stimolazione ha la stessa frequenza in funzione del materiale attivo adoperato (monocromaticità), è costituita da onde con differenza di fase costante (coerenza), si propaga secondo una direzione definita e con minima divergenza (direzionalità) e può raggiungere intensità di energia elevata in aree molto ristrette (brillanza)⁴⁷. Le caratteristiche elencate rendono la radiazione laser una risorsa particolarmente utile a disposizione del fisiatra per il trattamento dei disordini muscolo-tendinei e articolari minori. Gli apparecchi attualmente disponibili si classificano in base al materiale attivo e alla potenza erogata dal macchinario. L'esperienza maturata fin dal 1992 indica nel laser ad alta potenza Neodimio Yag una risorsa preziosa nel trattamento delle tendinopatie⁴⁸⁻⁵⁰. Trattasi di un laser a stato solido, in cui il materiale attivo è costituito da un cristallo di yag (granato di ittrio e alluminio), drogato con impurezze di alluminio. La lunghezza d'onda a cui opera è di 1060 nm, appartenente al campo dell'infrarosso A, all'interno dell'intervallo di lunghezze d'onda definito "finestra terapeutica" (400-1400 nm), avente una profondità di azione terapeutica raggiungibile fino oltre i 6 cm. La definizione "fine-

stra terapeutica” è giustificata dal fatto che le r.e.m. appartenenti a questo campo non possiedono controindicazioni da radiazione ionizzante, che si presentano per valori minori di 400 nm, e i relativi fotoni non risultano preferenzialmente assorbiti dalla molecola acqua come avviene per valori maggiori di 1400 nm. Gli effetti biologici del laser sono riassumibili in tre effetti principali⁵¹:

- antalgico: aumento della soglia delle terminazioni algotrope e produzione di β -endorfine a livello sinaptico;
- antiflogistico: stimolazione di polimorfonucleati e macrofagi, ridotta secrezione di prostaglandine, aumento di prostaciline, attivazione del microcircolo con conseguente aumento del drenaggio linfatico e del flusso ematico locale;
- biostimolazione: stimolazione della sintesi proteica per azione sulla membrana del reticolo endoplasmatico granulare, aumento della sintesi di ATP per stimolazione mitocondriale.

A scopo puramente indicativo consigliamo le seguenti linee comportamentali:

- continuità giornaliera del trattamento;
- fase preliminare di riscaldamento spazzolando l'area da trattare con emissione continua, senza campana distanziatrice, con la sonda mantenuta a una distanza di circa 3 cm dal piano cutaneo;
- successiva esposizione del distretto tendineo ricorrendo a campana distanziatrice ed emissione pulsata della radiazione laser;
- potenze comprese tra 10 e 25 W.

In casi selezionati di entesopatie, in preparazione alla seduta con terapia ad onde d'urto, utilizziamo il laser a elio-neon a scansione per 15' sull'area da trattare successivamente con gli impulsi pressori, al fine di ottenere un incremento locale del microcircolo. Trattasi di un laser a gas, operante a una lunghezza d'onda di 633 nm, compresa nel campo del rosso. Appartenendo al gruppo dei soft-mid laser, il laser a elio-neon limita la sua azione ai primi strati cutanei rendendo la sua applicazione nelle tendinopatie del tutto inadeguata al risolvimento del quadro

infiammatorio. I successi terapeutici ottenibili con il laser ND-Yag non devono farci dimenticare che, trattandosi di una termoterapia endogena con trasferimento energetico a proiezione, esso possiede il limite di tutte le terapie fisiche ad energia radiante, ossia non consente di determinare esattamente la quota di energia che raggiunge il tessuto che si vuole trattare sulla quota totale emessa dall'apparecchio.

Con il termine di Tecarterapia si indica l'ipertermia e biostimolazione mediante trasferimento energetico per contatto capacitivo e resistivo. Da alcuni mesi abbiamo intrapreso la sperimentazione di questa risorsa fisica innovativa nel trattamento delle tendinopatie da sovraccarico funzionale. La particolarità dell'apparecchio consiste nel fatto che, lavorando ad una frequenza di 0,5 MHz, non si realizza proiezione di energia verso il paziente ma, sfruttando il principio del condensatore, modello fisico a cui viene fatto riferimento, si realizza una corrente di spostamento di cariche all'interno del tessuto biologico determinante un interessamento uniforme degli strati profondi e conseguente omogeneità della risposta endotermica in profondità⁵². A seconda del livello di trasferimento energetico a cui si decide di operare si ottengono risultati diversi:

- basso livello: biostimolazione ultrastrutturale cellulare con aumento delle trasformazioni energetiche e del consumo di ossigeno;
- medio livello: aggiunta di un iniziale incremento della temperatura interna e di una vasodilatazione del microcircolo con relativo aumento del flusso locale;
- alto livello: minore biostimolazione, ma effetto francamente termico con maggiore vasodilatazione e notevole aumento del flusso emolinfatico.

Da un punto di vista pratico, orientativamente, a una fase di circa 15' con l'elettrodo resistivo fisso sui punti dolenti, facciamo seguire una fase di circa 5' utilizzando l'elettrodo capacitivo a massaggio sull'area tendinea e peritendinea.

Come per la laserterapia è necessaria la continuità giornaliera del trattamento.

I risultati fin qui ottenuti sia con la tecarterapia, che con il laser ad alta potenza (quest'ultimo da noi utilizzato da alcuni anni) ci permettono di affermare che entrambe le metodiche risultano decisamente efficaci in particolare per la precocità e intensità dell'effetto antalgico ottenibile. Tuttavia è bene evitare di cadere in quei facili entusiasmi che accompagnano sempre l'introduzione di una nuova terapia fisica nel panorama riabilitativo, ed aspettare le necessarie conferme scientifiche per aumentare le nostre conoscenze circa il reale meccanismo d'azione di tali mezzi fisici.

FASE DEL RECUPERO FUNZIONALE

Gli aspetti clinici caratteristici di questa fase a cui il riabilitatore deve prestare attenzione sono, il complesso dei tessuti sottoposti a sovraccarico e il deficit funzionale biomeccanico. È questa la fase in cui il soggetto inizia il lavoro di graduale sovraccarico del tendine per recuperare e incrementare la resistenza ai carichi della unità muscolo-tendinea, in modo da rendere la stessa pronta a ricevere gli stress legati alla ripresa dell'attività sportiva. Prima di iniziare il lavoro contro resistenza, il soggetto deve recuperare la completa escursione articolare. Vengono introdotte tecniche di massaggio trasverso profondo, applicate in modo molto graduale, per favorire il corretto orientamento delle fibre cicatriziali. Il paziente inizia il lavoro contro resistenza mediante esercizio isotonico, e successivamente mediante l'impiego di elastici a differente tensione, per sfruttare anche la fase eccentrica di ritorno. Dopo gli iniziali esercizi effettuati in isolamento articolare (catena cinetica aperta) vengono introdotti esercizi in catena cinetica chiusa, per migliorare la funzione globale del segmento corporeo interessato. I vantaggi di tali esercizi in termini di stabilizzazione articolare, miglior distribuzione dei carichi a livello artico-

lare, in termini di reclutamento e coordinazione muscolare e di miglioramento della funzione globale, sono ampiamente descritti in letteratura⁵³.

Il punto focale di questa fase risiede nell'introduzione del lavoro muscolare eccentrico, secondo tempi e modalità ben definite. Abbiamo ricordato come tale esercizio sia molto impegnativo in termini di fatica e dolenzia muscolare: per tale motivo è indispensabile la buona predisposizione del paziente.

Stanish²¹ ha proposto un protocollo di lavoro eccentrico per il trattamento della tendinopatia del rotuleo, di grande attualità, che prende in considerazione tre aspetti fondamentali:

- ✓ Allungamento dell'unità muscolo-tendinea. Gli esercizi di stretching risultano parte integrante di tale programma, per il fatto che il recupero di una normale tensione risolve la contrattura dell'unità muscolo-tendinea favorendo di conseguenza una diminuzione della tensione durante il movimento articolare.
- ✓ Carico. Aumentando progressivamente i carichi applicati si ottiene un aumento della forza e resistenza dell'unità muscolo-tendinea.
- ✓ Velocità di contrazione. Nell'esercizio eccentrico, fisiologicamente, aumentando la velocità di contrazione aumenta la tensione muscolare ed il conseguente sviluppo di forza²².

Questi tre criteri vengono utilizzati dal paziente e guidano lo stesso paziente nella progressione dell'esercizio (tabella 2). Il sintomo dolore agisce da feedback per la progressione del carico. Il paziente in genere avverte dolore al passaggio dalla fase eccentrica a quella concentrica, nel momento di massima flessione delle ginocchia. Tale dolore diminuisce progressivamente con l'allenamento, ed è spesso necessario tranquillizzare il paziente su questo punto e indurlo a continuare l'esercizio anche in presenza di discomfort a livello del polo inferiore della rotula.

Se tale dolore persiste è necessario adattare l'esercizio e rallentare la progressione dei carichi, a

TABELLA 2 - SCHEMA DI ESERCIZIO ECCENTRICO PER TENDINOPATIA DEL ROTULEO DA CURWIN E COLL.⁴¹, MODIFICATO.

1	Stretching statico 20" per 5 volte pre e post esercizio
2	Esercizio eccentrico (mezzo squat) 3 sets per 5 ripetizioni progressione: 1-2° giorno: esecuzione lenta-tronco inclinato 30° 3-5° giorno: esecuzione a velocità moderata 6-7° giorno: esecuzione veloce
3	Ghiaccio a massaggio 3-5' dopo ogni seduta d'allenamento
3	2° settimana: ripetere il ciclo, aggiungendo carico (10% del peso corporeo con bilanciere, zaino) ed effettuando squat completo (> lunghezza) z passando a 3 per 8 ripetizioni
4	3°-6° settimana: 3 sedute settimanali; ripetere il ciclo ogni 7 giorni, aggiungendo carico (aggiungere progressivamente 5 kg fino a 15-20 kg con bilanciere, zaino) ed effettuando squat completo (> lunghezza) e passando a 3 per 10 ripetizioni
5	5°-6° settimana: possibile isocinetica eccentrica, 2 sedute settimanali + 1 seduta eccentrica come sopra. Vedi modalità più avanti.

giudizio del terapeuta.

L'impiego delle terapie fisiche sopradescritte (terapia ad onde d'urto extracorporee, Tecarterapia, Laser Nd-Yag) trova un interessante spazio in questi casi, per sfruttare l'effetto antalgico importante che tali metodiche innovative possono garantire.

Il programma di rinforzo eccentrico dura in genere 6 settimane.

L'IMPIEGO DEL DINAMOMETRO ISOCINETICO CON MODALITÀ DI ESERCIZIO ECCENTRICO

È opportuno completare tale recupero muscolare con l'impiego del dinamometro isocinetico

utilizzato in modo eccentrico. Abbiamo ricordato come venga sviluppata maggior forza in condizioni eccentriche rispetto alle condizioni isometriche o concentriche. Tuttavia può accadere che a elevate velocità angolari di utilizzo e quindi di stiramento il muscolo subisca una sorta di feedback inibitorio propriocettivo per preservare l'integrità. Tale inibizione si verificherebbe quando i livelli di forza superano del 40% la rispettiva forza in condizioni concentriche⁵⁴. Il vantaggio dell'esercizio isocinetico eccentrico nel trattamento di patologie tendinee sarebbe quello di fornire una sollecitazione controllata del tendine, data la possibilità di impostare una velocità di esercizio costante.

Esiste evidenza in letteratura degli effetti positivi dell'esercizio isocinetico eccentrico nelle patologie tendinee⁵⁵⁻⁵⁷. Studi sperimentali evidenziano che l'esercizio isocinetico eccentrico, contrariamente a quanto ritenuto comunemente, provoca un danno muscolare minore rispetto a un normale esercizio eccentrico con sovraccarichi⁵⁴.

Noi consigliamo di introdurre il lavoro eccentrico al dinamometro isocinetico durante la 5° e la 6° settimana, mediante due sedute la settimana utilizzando velocità angolari medie-elevate (120°-180°/sec.) per sei-otto serie di cinque ripetizioni per ciascuna velocità, avendo cura di mantenere almeno 2' di recupero tra una serie e l'altra e almeno 53 di recupero tra le due velocità. I vantaggi di tale metodica risiedono nella possibilità di monitorare i guadagni ottenuti mediante test funzionali e di permettere al paziente di lavorare in modo massimale, grazie alle caratteristiche fisiologiche dell'esercizio isocinetico (velocità costante, resistenza del braccio di leva del dinamometro che si adatta alla forza espressa dal soggetto, quindi possibilità di esprimere una tensione muscolare massimale).

Non è consigliabile effettuare test di valutazione isocinetica eccentrica prima delle 3 settimane, dal momento che i risultati ottenuti risultano generalmente non attendibili per la componen-

te dolore-affaticamento caratteristica di questo esercizio³³. Il soggetto durante l'esercizio eccentrico continua a mantenere in lavoro submassimale concentrico, mediante ad esempio elastici. I protocolli che prevedono entrambe le modalità di esercizio sembrano particolarmente utili⁵⁸. L'attività di corsa a carichi progressivi è ripresa gradualmente con l'inizio del training eccentrico, e viene permesso solo se procura modesto "discomfort" ma non dolore. Ciò riveste grande importanza per la necessità di "trasformare" i guadagni di forza e resistenza muscolo-tendinei ottenuti in laboratorio in attività funzionali alla prestazione. Parallelamente alla ripresa dell'attività di corsa, al giocatore è permessa la ripresa dell'allenamento tecnico di base (palleggio, controllo del pallone in situazioni poco dinamiche), per incentivare la ripresa del controllo neuromuscolare.

Alfredsno e coll.³⁴ hanno recentemente proposto un programma di esercizio eccentrico per il trattamento di tendinopatie croniche dell'Achilleo, con evidenza di effetti molto positivi a breve termine sul recupero funzionale del tendine. Il programma è incentrato su due tipi di esercizio: una elevazione del soggetto sull'avampiede a ginocchio esteso ed uno simile a ginocchio flesso, utilizzando un gradino.

Il terapeuta controlla che il paziente effettui una fase eccentrica con l'arto interessato ed eviti la successiva fase concentrica di risalita in punta di piedi (posizione di partenza) avendo accortezza di riportarsi in posizione di partenza utilizzando l'arto controlaterale. Il programma dura 12 settimane, per un carico di lavoro giornaliero (7 giorni la settimana) di 3 sets di 15 ripetizioni per ciascuno dei due esercizi. I pazienti vengono avvertiti del fatto che possono avvertire dolore muscolare durante le prime 2 settimane e vengono sollecitati a continuare gli esercizi anche in presenza di moderato dolore, tale da non richiedere la sospensione dell'esercizio. Quando l'esercizio non provoca più dolore, ai pazienti viene concesso di aumentare il carico gradual-

mente (5-10 Kg ogni 2-3 giorni) mediante pesi liberi o zaino appesantito. Noi utilizziamo da tempo questo programma modificato con l'aggiunta di lavoro eccentrico mediante dinamometro isocinetico per l'incremento dei valori di forza eccentrica dei flessori plantari, gruppi muscolari che evidenziano invariabilmente un deficit di forza (soprattutto eccentrica) in soggetti affetti da tendinopatia dell'Achilleo^{59, 60}. In genere vengono consigliati supporti dinamici in questa fase riabilitativa, da utilizzare durante gli esercizi di recupero muscolare e durante l'attività di corsa, come la fascia sottorotulea nelle tendinopatie del rotuleo o il classico rialzo del tallone nelle tendinopatie dell'Achilleo mediante impiego di talloniere viscoelastiche. Se nel primo caso esistono pareri concordi circa la reale efficacia clinica, viceversa nel caso delle talloniere in materiale viscoelastico non esistono ragionevoli motivi sia biomeccanici sia clinici per tale soluzione⁶¹.

Parallelamente al recupero articolare e muscolare viene condotto l'allenamento propriocettivo, che deve essere graduale e deve procedere utilizzando esercizi in grado di stimolare diversi livelli di controllo motorio; tali esercizi vengono organizzati in funzione del recupero del senso di posizione articolare e del movimento articolare, del recupero dell'equilibrio posturale fino al recupero del controllo neuromuscolare ottenuto mediante esercizi di stabilizzazione dinamica riflessa.

I criteri per passare all'ultima fase sono:

- nessun dolore durante gli esercizi di rinforzo muscolare o durante le fasi di allenamento tecnico;
- nessun dolore durante le attività di corsa leggera;
- risoluzione dei processi riparativi del tendine;
- articularità pressoché uguale al controlaterale.

FASE DEL MANTENIMENTO

È questa la fase della ripresa graduale della atti-

vità agonistica. Gli obiettivi principali riguardano il recupero completo di qualità muscolari di forza, resistenza, elasticità, coordinazione neuromuscolare, esecuzione del gesto tecnico-atletico specifico in modo corretto senza disturbi biomeccanici favorenti un'ulteriore situazione di sovraccarico. In effetti spesso capita di incontrare notevole resistenza nel risolvere determinati adattamenti biomeccanici scorretti, favoriti dalla persistenza di contratture muscolari in determinati distretti lungo la catena muscolare interessata. È compito del riabilitatore, soprattutto in questa fase, verificare la persistenza di tali squilibri biomeccanici, mediante tecniche di valutazione chinesiológica e tecniche posturali appropriate, che solo l'osservazione clinica diretta e l'esperienza possono affinare. Ad esempio, nel caso di un atleta affetto da fascite plantare, adattamenti scorretti come la corsa in punta dei piedi o un accorciamento della normale lunghezza del passo, o ancora un atteggiamento in inversione del piede sono favoriti dalla persistenza di un deficit di elasticità e di forza dei muscoli flessori plantari, favorevole allo sviluppo nel tempo ad una eccessiva pronazione funzionale.

Eccessiva pronazione che può favorire a sua volta un sovraccarico al tendine di Achille (1)???: L'eccessiva pronazione genera una rotazione interna forzata della tibia che tende a guidare il tendine di Achille medialmente in modo più brusco quanto più veloce è il movimento pronatorio (ad esempio nelle fasi molto dinamiche quali una ricaduta da una fase aerea, un cambio di direzione, la conduzione della palla in velocità, ecc.). questo meccanismo riconducibile quasi a una "frustata" predispone all'insorgenza di microtraumatismi che sono alla base della tipica patologia da sovraccarico.

Alcuni autori (1)??? hanno ipotizzato l'insorgenza di una situazione di ridotta vascolarizzazione del tendine di Achille, sostenuta dal conflitto che si verifica tra la rotazione esterna tibiale prodotta dalla estensione del ginocchio e la rotazio-

ne tibiale interna favorita dalla pronazione prolungata. Tale conflitto può favorire l'insorgenza di alterazioni degenerative a carico dei tendini di Achille.

In questi casi risulta utile l'impiego di una soletta plantare che sostenga la volta plantare e corregga l'eventuale malallineamento del retro piede. Il giocatore deve essere gestito durante gli allenamenti affinché non si verifichi una nuova situazione di sovraccarico.

I tempi di recupero tra le fasi dell'allenamento devono essere appropriati e l'atleta mantiene una costante attività di rinforzo sia concentrico che eccentrico fino al recupero dell'eventuale deficit di forza; sarà compito del preparatore trasformare questo lavoro di mantenimento in funzione delle necessità specifiche di velocità, resistenza allo sforzo, forza esplosiva, coordinazione neuromotoria.

Esistono svariati test, funzionali che permettono di valutare le condizioni dell'atleta: tra questi il test isocinetico sia concentrico che eccentrico riveste per noi grande importanza per obiettivamente il recupero muscolare e l'equilibrio tra gruppi muscolari agonisti ed antagonisti.

Nel caso specifico dell'atleta dopo il recupero da una tendinopatia del tendine rotuleo, il rapporto tra la forza concentrica degli estensori e la forza eccentrica dei flessori (H_{ecc}/Q_{con}) rappresentativo dell'estensione, ed il rapporto tra la forza concentrica dei flessori e la forza eccentrica degli estensori (Q_{ecc}/H_{con}) rappresentativo della flessione del ginocchio⁶², assume notevole valore predittivo di un buon recupero funzionale, soprattutto in termine di prevenzione delle recidive.

Esercizi pliometrici effettuati secondo modalità differenti risultano indispensabili in questa fase e vengono consigliati dopo le sedute di rinforzo muscolare concentrico ed eccentrico.

Mediante un lavoro di balzi da altezze crescenti, cui fa seguito un'azione di sprint, effettuati dopo una seduta di rinforzo muscolare, è possibile ottimizzare, trasformandolo, il guadagno di

forza ottenuto.

CONCLUSIONI

Le tendinopatie da sovraccarico nel calciatore rappresentano una patologia che risponde in modo eccellente alla terapia conservativa nella maggior parte dei casi. Tuttavia un lavoro rieducativo superficiale non in linea con i più recenti principi biomeccanici di conoscenza di base e non sorretto da una attenta osservazione degli aspetti clinici, rischia di compromettere il completo recupero funzionale e di predisporre l'atleta alla cronicizzazione ed alle recidive. Il riconoscimento di eventuali deficit biomeccanici, evidenziati da adattamenti scorretti, risulta fondamentale per il processo di normalizzazione di tutte le conseguenze funzionali che accompagnano invariabilmente le patologie tendinee da sovraccarico

BIBLIOGRAFIA

1. CLEMENT D.B. ET AL. Achilles tendinitis and peritendinitis: etiology and treatment. *Am. J. Sports Med.*, 12, 179-184, 1984
2. HESS J.P., CAPPIELLO W.L. ET AL. Prevention and treatment of overuse tendon injuries. *Sports Med.*, 80 371-384, 1989
3. TORSTENSEN E.T., BRAY R.C. ET AL. Patellar tendinitis: a review of current concepts and treatment. *Clin. J. Sports Med.*, 4, 77-82, 1994
4. ARCHAMBAULT J.M., ET AL. Exercise loading of tendons and the development of overuse injuries. A review of current literature. *Sports Med.*, 20, 77-89, 1995
5. ZAMORA A.J., MARINI F. Tendon and myo-tendinous junction in an overloaded skeletal muscle of the rat. *Anat. Embryol.*, 179, 89-96, 1988
6. MICHNA H. Morphometric analysis of loading induced changes in collagen-fibril populations in young tendons. *Cell Tissue Res.*, 236, 465-470, 1984
7. MICHNA H., HARTMANN G. Adaptation of tendon collagen to exercise. *Int. Orthop.*, 11, 157-162, 1987
8. PEACOCK E.E. JR. A study of the circulation in normal tendons and healing grafts. *Ann. Surg.*, 149: 415-428, 1959
9. WILLIAMS I.F. Cellular and biochemical composition of healing tendons. In: Jenkins D.H.R. (Ed.), *Ligament injuries and their treatment*. Chapman and Hall, London, 1985, pp. 43-57
10. FREEMAN M.A.R., WYKE B. The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J. Anat.*, 101, 505-532, 1964
11. GRIGG P. Peripheral neural mechanism in proprioception. *J. Sport Rehabil.*, 3, 2-17, 1994
12. WOO S.L-Y, RITTER M.A. ET AL. The biomechanical and biochemical properties of Swine tendons: long term effects of exercise on the digital extensors. *Connect. Tissue Res.*, 7, 177-183, 1980
13. SOMMER H-M. The biomechanical and metabolic effects of a running regime on the Achilles tendon in the rat. *Int. Orthop.*, 11, 71-75, 1987
14. HAGGMARK T., JANSSON E., ERIKSSON E. Fiber type area and metabolic potential of the thigh muscle in man after knee surgery and immobilization. *Int. J. Sports Med.*, 7, 48-56, 1979
15. NOYES F.R. ET AL. Biomechanics of ligament failure. 11. An analysis of immobilization, exercise and reconditioning effects in primates. *J. Bone Joint Surg.*, 56A, 1406-1418, 1974
16. AKESON V.H. ET AL. The connective tissue response to immobility: A study of the chondroitin 4 and 6 sulfate and dematan sulfate changes in periarticular connective tissue of control and immobilized knee of dogs. *Clin. Orthop.*, 51, 1967
17. PEACOCK E.E. Comparison of collagenous tissue surrounding normal and immobilized joints. *Surg. Forum (Orthop. Surg.)* 14, 1963
18. BOOTH F.W., GOUL E.D. Effects of training and disuse on connective tissue. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 3, 83, 1975
19. BARFRED T. Experimental rupture of the Achilles tendon. Comparison of rupture in rats of different ages and living under different conditions. *Acta Orthop. Scand.*, 42, 406-428, 1971
20. FYFÈ I, STANISH V.V.U. The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries. *Clin. Sports Med.*, 11: 601-624, 1992
21. STANISH W.D., RUBINOVICH R.M., CURWIN S. Eccentric exercise in chronic teninitis. *Clin. Orthop.*, 208: 65-68, 1986
22. KOMI P.V. Neuromuscular performance: factors influencing force and speed production. *Scand. J. Sports Sci.*, 1: 2, 1979
23. ENWEMEKA C.S. Inflammation, cellularity and fibrillogenesis in regenerating tendon: implications tendon rehabilitation. *Phys. Ther.*, 69: 816-825, 1989
24. ENWEMEKA C.S., KONYECSNI W.M. Biomechanical changes induced by early weight bearing in healing rabbit Achilles tendon. *Phys. Ther.*, 68: 843, 1988
25. PEACOCK E.E. Biological principles in the healing of

tendons. *Surg. Clin. North Am.*, 45 1965

26. ENWEMEKA C.S., SPIELHOLZ N.I. ET AL. The effect of early function ambulatory activities on experimentally tenotomized Achilles tendon in rats. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, 67, 1988

27. VIIDIK A. Experimental evaluation on tensile strength of isolated rabbit tendons. *Biomed. Eng.*, 2 1967

28. HEIKKINEN E., VORI I. Effects of physical activity on metabolism of collagen in aged mice

29. ROI G.S. *L'esercizio isocinetico* Alea Ed. 1998, ed. 2, pp. 22-30

30. HISLOP H., PERRINE J.J. The isokinetic concept of exercise. *Phys. Ther.*, 47: 114-117, 1967.

31. PETERSEN F.B. Muscle training by static, concentric and eccentric contractions. *Acta Physiol. Scand.*, 48, 1960

32. KOMI P.V., BURSKIRK E.R. Effect of eccentric and concentric muscle conditioning on tension and electrical activity of Human muscle. *Ergonomics*, 15, 1972

33. KOMI P.V., VIITASALO J.T. Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. *Acta Physiol. Scand.*, 100, 1977

34. ALFREDSON H. ET AL. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *Am. J. Sports Med.*, 26: 360-366, 1998

35. JONHAGEN S. ET AL. Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *Am. J. Sports Med.*, 22, 262-266, 1994

36. DAVIES C.T.M., WHITE M.J. Muscle weakness following eccentric work in man. *Pflug. Arch.* 392, 1981

37. EDWARDS R.H.T. ET AL. Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. *J. Physiol.*, 272, 1977

38. MAFFULLI N., KHAN K.M., PUDDU G. Overuse tendon conditions: Time to change a confusing terminology. *Arthroscopy*, 14: 840-843, 1998

39. KIBLER W.B. Concepts in exercise rehabilitation. In: Leadbetter W., Buckwalter J.A., Gordon S.I., (Eds), *Sports induced infirmation*. Chicago, Am Acta Orthop Surg 1990, pp. 759-769

40. KIBLER W.B. Principles of rehabilitation after chronic tendon injuries. *Clin. Sports Med.*, 11: 661-671, 1992

41. CURWIN S., STANISH W.D. Teninitis: Its etiology and treatment. Lexington NU, DC Heath & Co, 1984, 64

42. ADEBAIO A.O. ET AL. A prospective double blind dummy placebo controlled study comparing triamcinolone hexacetonide injection with oral diclofenac 50 mg TDS in patients with rotator cuff tendinitis. *J. Rheumatol.*, 17: 1207-1210, 1990

43. BONO R.F., FINKEL S. ET AL. A multicenter, double blind comparison of oxaprozin, phenylbutazone and placebo therapy in patients with tendonitis and bursitis. *Clin. Ther.*, 6: 79-85, 1983

44. DONATELLI R. OWENS-BURKHART H. Effects of immo-

bilization on the extensibility of periarticular connective tissue. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 67-72, 1981

45. SPEER K.P., CAVANAUGH J.T. ET AL. A role for hydrotherapy in shoulder rehabilitation. *Am. J. Sports Med.*, 21, 6850-6854, 1993

46. LEPHART S.M., PINCIVIERO D.M. ET AL. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am. J. Sports Med.*, 25: 1130-1137, 1997

47. PARRA P.F. 1 laser ad Argon e Neodimio-Yag nella pratica clinica. Edizioni Libreria Cortina, 1991

48. MELEGATI G., MIGLIO D. Defocussed Nd-YAG laser therapy in treatment of humeral epicondylitis. *J. Sports Traumatol.*, 16: 115-122, 1994

49. PARRA P.F., GHINASSI S., CIUTI F. Il Neodimio-YAG defocalizzato nella sua evoluzione per un trattamento sempre più efficace dell'atleta infortunato. *Laser Technol.*, 2, 13, 1992

50. LUBICH T., ET AL. Impiego del laser di potenza nel trattamento precoce e nel recupero dell'atleta infortunato. *Med. Sport*, 50: 71-83, 1997

51. MIGLIO D. 1 laser nella terapia della lombalgia. Il trattamento della lombalgia - stato dell'arte, Edi Ermes, 1996, pp. 349-350.

52. CALBET J. Tratado de la transferencia electrica capacitiva. Doyma, 1992

53. PALMITIER R.A., KAI-NAN A.N. ET AL. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med.*, 11: 6402-6413, 1991

54. KELLIS E. BALIZOPOULOS V. Isokinetic eccentric exercise. *Sport Med.*, 19: 202-222, 1995

55. BENNETT G., STAUBER W.T. Evaluation and treatment of anterior knee pain using eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18: 526-530, 1986

56. COCKER B., STAUBER W.T. Objective analysis of quadriceps force during bracing of the patellae: a preliminary report. *Aust. J. Sci. Med. Sport*, 21: 25-28, 1989

57. NALDONI G.C., FIORINI S. La riabilitazione isocinetica nei pazienti affetti da tendinosi del tendine rotuleo. *Isocinetica '92*. (Scientific Press Ed.) Atti del II Congresso Nazionale di Isocinetica

58. ROI G.S. *L'esercizio isocinetico*. Alea Ed. 2, 96-97, 1998

59. ALFREDSON H., PIETILA H. ET AL. Chronic Achilles tendinitis and calf muscle strength. *Am. J. Sports Med.*, 24: 829-833, 1996

60. ALFREDSON H., PIETILA H. ET AL. Achilles tendinosis and calf muscle strength. The effect of short terms immobilization after surgical treatment. *Am. J. Sports Med.*, 26: 166-171, 1998

61. LOWDON A., DANIEL L. ET AL. The effect of heel pads on the treatment of Achilles tendinitis: a double blind trial. *Am. J. Sports Med.*, 12: 6431-6435, 1984

62. AAGARD P., SIMONSEN E.B. ET AL. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio.