

Rehabilitative treatment and return to sport after surgical repair procedure of articular cartilage lesion of the knee in soccer players

Trattamento riabilitativo e ritorno allo sport dopo intervento chirurgico di riparazione di lesione cartilaginea del ginocchio nel calciatore

Domenico Creta¹,
Antonio Carbone²,
Antonio Frizziero³

¹Fisiatra, Servizi fisiatrici e riabilitativi, Casa di Cura Madre Fortunata Toniolo, Bologna

²Medico chirurgo, Scuola di Specializzazione in Medicina Fisica e Riabilitativa, Università di Padova

³Fisiatra, Ricercatore Universitario, Facoltà di Medicina e Chirurgia, U.O. Riabilitazione Ortopedica, Azienda Ospedaliera - Università di Padova

Key words

Condromatite, knee, surgery, rehabilitation, soccer.

Parole chiave

Condromatite, ginocchio, chirurgia, riabilitazione, calcio.

Corrispondenza

Domenico Creta,
Specialista in Medicina fisica e riabilitazione,
Casa di Cura Madre Fortunata Toniolo,
Via Toscana 34,
40141 Bologna.
E-mail: info@domenicocreta.it

©2013, Editrice Kurtis.

SUMMARY / The consequences of cartilaginous acute or chronic disorders of the knee are a growing health problem not only among those who practice sport activity. Cartilaginous injuries represent a critical event because of limited potential for intrinsic cartilage repair and for the long and variable time period required for functional recovery, which precludes the athlete to practice competitive sports. Cartilaginous injuries do not heal spontaneously but tend to degenerate over time in arthritis. Exercise and an adequate rehabilitative treatment can delay this process. There are many conservative and surgical therapeutic proposals which in many cases may respond to the different needs of those who want to go back to practice sports at a competitive level. The crucial rehabilitation treatment following surgery is defined according to a path for clinical and functional objectives and is based on the recovery of movement, sport specific skills and strength avoiding pain, swelling or joint effusion. Monitoring of these three basic clinical signs is an expression of the delicate balance required to promote healing of cartilage and to achieve predetermined functional goals of each phase. The time required to reach a specific functional goal is the consequence of injury type, surgical technique, rehabilitation protocol, healing capacity and intrinsic recovery of each patient.

RIASSUNTO / Le conseguenze delle patologie cartilaginee acute o croniche del ginocchio costituiscono un problema sanitario crescente non solo in ambito sportivo. Le lesioni cartilaginee rappresentano un evento critico a causa delle limitate potenzialità di riparazione intrinseche della cartilagine, che tende a non guarire spontaneamente e a degenerare con il tempo in artrosi, e del lungo e variabile periodo di tempo necessario per il recupero funzionale che preclude all'atleta la pratica sportiva agonistica. Esistono numerose proposte terapeutiche che in molti casi possono rispondere alle diverse esigenze di chi vuole tornare a praticare sport, anche a livello agonistico, attraverso la regolare esecuzione di specifici esercizi fisici utili anche per ritardare l'insorgenza di artrosi (trattamento conservativo) o attraverso un adeguato trattamento riabilitativo post-chirurgico. Il trattamento riabilitativo che segue il gesto operatorio viene definito secondo un percorso per obiettivi biologici, clinici e funzionali che tiene conto della biologia delle procedure chirurgiche eseguite e si fonda sugli effetti biologici e sui principi della meccanotrasduzione generati dai carichi articolari per favorire la riparazione della lesione condrale, sul recupero di artcolarità, forza e abilità sport specifiche in assenza di dolore, gonfiore o soffiatura articolare. Il monitoraggio di questi tre fondamentali segni clinici sono espressione del delicato bilancio necessario per promuovere la guarigione della cartilagine e per raggiungere gli obiettivi funzionali prefissati di ogni fase. Il tempo necessario per raggiungere uno specifico obiettivo funzionale è la conseguenza del tipo di lesione, del tipo di tecnica chirurgica utilizzata, del protocollo riabilitativo attuato e della capacità di guarigione e di recupero intrinseca in ogni paziente.

INTRODUZIONE

Le lesioni cartilaginee acute o croniche del ginocchio, non solo nell'atle-

ta, rappresentano una situazione clinica complessa da trattare in quanto affliggono un tessuto con scarse ca-

pacità riparative. La diffusa pratica agonistica di sport ad alto impatto quali calcio, basket, pallavolo, sci, espone l'arto inferiore a eventi biomeccanici dannosi per le articolazioni, in particolare del ginocchio. È stato dimostrato che traumi acuti e microtraumi ripetuti del tessuto cartilagineo provocano una cascata di eventi che conducono alla comparsa precoce di osteoartrite, con conseguente disabilità funzionale e causa fino al 32% di ritiro dalla pratica sportiva dei calciatori professionisti. Studi epidemiologici hanno evidenziato un rischio 12 volte maggiore di sviluppare osteoartrite del ginocchio negli atleti che praticano sport ad alto impatto con rotazioni e cambi di direzione, che il 63% dei pazienti che hanno subito un trauma al ginocchio spesso presenta lesioni cartilaginee clinicamente silenti e che il 45% della popolazione con età maggiore di 45 anni ha segni clinici e radiologici di gonartrosi (1). Anche difetti biomeccanici, concomitanti patologie articolari, pregressi interventi chirurgici nella stessa sede, condizioni d'instabilità articolare e deficit di forza muscolare favoriscono il danno articolare derivato dalla pratica sportiva (2). Le lesioni condrali si associano spesso ad altri danni articolari e sono state riscontrate in oltre il 50% degli atleti che si sono sottoposti a una ricostruzione del legamento crociato anteriore. Alla luce di tali dati e della complessità di trattamento delle lesioni condrali, risulta necessario conoscere meglio la fisiopatologia, l'eziologia e le capacità di rigenerazione del tessuto cartilagineo per poter costruire un algoritmo di massima di gestione degli atleti che comprenda le varie opzioni di trattamento e le più adeguate strategie di prevenzione. Anche la FIFA ha sentito l'esigenza di stilare e diffondere un programma di

allenamento e prevenzione degli infortuni nel calcio definito "11+" (3). Se per gli atleti professionisti tale approccio è perentorio, in tutti i pazienti che praticano attività sportiva non agonistica risulta fortemente consigliata l'esecuzione di un regolare esercizio fisico a basso impatto. Il clinico ha quindi il compito di formulare una diagnosi corretta e immediata per poter instaurare un adeguato percorso terapeutico. Le tecniche chirurgiche di riparazione cartilaginea, quali microfratture (MF), innesti osteocondrali autologhi ed eterologhi (OAT) trapianti di condrociti autologhi (ACI) con o senza supporto tridimensionale, hanno dimostrato promettenti risultati nel ridurre il dolore e nel migliorare la funzionalità del ginocchio e hanno prodotto entusiasmo tra gli specialisti del settore verso l'ambizioso obiettivo del ripristino del tessuto cartilagineo. Il trattamento riabilitativo gioca quindi un ruolo da protagonista sia nel recupero funzionale che nella stimolazione biologica nelle fasi di prevenzione, cura e post chirurgica.

Fino a pochi anni fa il percorso riabilitativo era condizionato squisitamente dalle condizioni cliniche del paziente mentre oggi il fisiatra, grazie alle nuove conoscenze di biologia molecolare e dei meccanismi della meccanotrasduzione, è in grado di utilizzare in particolare l'esercizio fisico e riabilitativo come strumento per ottenere gli effetti biologici e clinici desiderati.

LE LESIONI DELLA CARTILAGINE ARTICOLARE

Le lesioni della cartilagine articolare, post-traumatiche o degenerative, rappresentano una patologia estremamente comune, che interessa un gran numero di persone, sportivi e non, e costituisce la fase iniziale del-

TABELLA 1 / *Classificazione di Outerbridge (1962).*

Grado 1	Condromalacia
Grado 2	Fibrillazione
Grado 3	Erosione senza interessamento osseo
Grado 4	Interessamento osteocondrale

la patologia degenerativa artrosica. Le lesioni cartilaginee possono essere distinte in:

- lesioni condrali, che coinvolgono esclusivamente la cartilagine articolare;
- lesioni condrali miste, associate ad alterazioni dell'osso subcondrale, sede di impianto della cartilagine articolare.

Le lesioni cartilaginee acute post-traumatiche si verificano in seguito a un unico trauma, di solito di tipo contusivo e/o distorsivo, spesso con interessamento delle altre componenti dell'articolazione (per esempio microfratture delle trabecole dell'osso subcondrale, lesioni meniscali, lesioni legamentose, ecc.).

I principali sistemi classificativi utilizzati per definire la lesione cartilaginea sono la classificazione di Outerbridge (Tabella 1) e la stadiazione del danno condrale della International Cartilage Repair Society (ICRS) (Tabella 2).

La classificazione dell'ICRS delle lesioni cartilaginee, che valuta contem-

TABELLA 2 / *Stadiazione del danno condrale dell'International Cartilage Repair Society (ICRS).*

Grado 0	Normale
Grado 1	Quasi normale: lesione superficiale
Grado 2	Anormale: lesione estesa fino a <50% dello spessore della cartilagine
Grado 3	Molto anormale: difetto >50%
Grado 4	Molto anormale: lesione osteocondrale

TABELLA 3 / Sistema a punti per la valutazione della qualità di riparazione istologica della cartilagine umana secondo l'International Cartilage Repair Society (ICRS) (4).

Caratteristiche	Punteggio
I. Superficie	
Liscia/continua	3
Discontinua/irregolare	0
II. Matrice	
Ialina	3
Mista: ialina/fibrocartilagine	2
Fibrocartilagine	1
Tessuto fibroso	0
III. Distribuzione cellulare	
Colonnare	3
Mista: colonnare/a gruppi	2
A gruppi	1
Cellule singole/disorganizzate	0
IV. Vitalità della popolazione cellulare	
Prevalentemente vitale	3
Parzialmente vitale	1
Vitale <10%	0
V. Osso subcondrale	
Normale	3
Aumentato rimodellamento	2
Necrosi ossea/tessuto di granulazione	1
Distacchi/fratture/callo alla base	0
VI. Mineralizzazione cartilaginea (cartilagine calcificata)	
Normale	3
Anormale/sede inappropriata	0

poraneamente estensione e sede della lesione, è quella più utilizzata per orientare le scelte terapeutiche, stabilire il tipo di trattamento (conservativo o chirurgico) e quale tecnica chirurgica utilizzare (Tabella 3) (4).

Le lesioni cartilaginee nello sportivo

Le lesioni cartilaginee nello sportivo hanno un'elevata incidenza e sono presenti nel 67% dei casi nei 25.124 atleti sottoposti ad artroscopia di ginocchio (5). Gli sport a maggior rischio sono quelli che comportano bruschi cambi di direzione e frequenti distorsioni di ginocchio e caviglia. Gli sport più a rischio per la cartilagine articolare sono: calcio, calcio a cinque, rugby, basket, pallavolo, sci e tennis.

Le lesioni condrali possono essere dovute a svariate cause e si distinguono in:

- danni cartilaginei da trauma singolo, di solito distorsivo;
- danni cartilaginei da over-use, da microtraumi ripetuti nell'esecuzione del gesto atletico;
- osteoartrite primaria da carichi e traumi torsionali singoli o ripetuti;
- osteoartrite secondaria a lesione dei tessuti molli articolari (menischi, legamenti) con associata instabilità articolare (6).

Le alterazioni strutturali iniziali della cartilagine articolare nell'osteoartrite primaria post-traumatica consistono nell'apoptosi delle cellule cartilaginee più superficiali con perdita dei glicosaminosolfati con associata riduzione delle proprietà anaboliche

della matrice extracellulare e conseguente diminuzione delle sue proprietà biomeccaniche (6).

Nell'osteoartrite secondaria a instabilità o a lesione meniscale si ha un aumento della concentrazione dei marker del metabolismo cartilagineo e un aumento delle citochine infiammatorie nel liquido sinoviale (6) con un rischio 14 volte superiore di sviluppare osteoartrite di ginocchio 21 anni dopo una meniscectomia.

Appare evidente che una lesione condrale, oltre a essere di difficile trattamento, presenta variabile difficoltà anche nell'inquadramento diagnostico, fondamentale per una corretta programmazione dell'intervento chirurgico.

Manifestazioni cliniche

I sintomi di una lesione cartilaginea acuta sono essenzialmente il dolore, l'impotenza funzionale e la sofferenza articolare, associati a limitazione nelle attività quotidiane e sportive. Le lesioni cartilaginee possono essere totalmente asintomatiche (spesso si osservano casi di grave degenerazione cartilaginea con sintomatologia dolorosa assente o modestissima) o manifestarsi con dolore (anche con lesioni molto piccole), versamento, sensazione di blocco o cedimento articolare. Con il progredire della malattia, il dolore può essere presente anche a riposo e si accompagna alla sensazione di rigidità mattutina. Una volta comparsi i segni dell'alterazione strutturale dell'articolazione, il paziente presenta una limitazione funzionale, più o meno invalidante, a seconda delle sedi articolari coinvolte.

DIAGNOSI STRUMENTALE

L'esame radiologico standard permette di formulare la diagnosi e definire la gravità della malattia artrosica basandosi sugli aspetti clinici e

TABELLA 4 / Scala di Kellgren e Lawrence.

Grado	Gravità
Grado 0	Nessuna: nessun reperto di artrosi
Grado 1	Dubbia: minuti osteofiti, dubbio significato
Grado 2	Minima: definiti osteofiti, spazio articolare regolare
Grado 3	Moderata: moderata diminuzione dello spazio articolare
Grado 4	Grave: spazio articolare molto alterato con sclerosi dell'osso subcondrale

radiografici della scala di Kellgren e Lawrence (Tabella 4)

La risonanza magnetica nucleare (RMN) è una metodica diagnostica non invasiva che permette di studiare aspetti morfologici (volume e spessore) e qualitativi (composizione della matrice extra cellulare – collagene-proteoglicani-acqua) della cartilagine articolare (7). In particolare con le immagini gradienti eco T1-pesate si ottiene un contrasto fra l'osso subcondrale e l'alta intensità di segnale della cartilagine articolare con il 90% di sensibilità e specificità nel riconoscere i difetti morfologici della cartilagine, mentre con le immagini intermediate-weighted fast spin echo (FSE), si ha l'87% di sensibilità, il 94% di specificità e il 95% di valore predittivo negativo e si evidenzia il contenuto idrico e l'organizzazione spaziale del collagene delle diverse zone della cartilagine articolare (8). La RMN ad alto campo permette di monitorare la morfo-

logia del tessuto cartilagineo trapiantato poiché è in grado evidenziare l'intensità di segnale, il profilo e la struttura cartilaginea, l'integrazione degli innesti o trapianti cartilaginei, la lamina e l'osso subcondrale e la presenza di liquido intrarticolare (9) (Figura 1).

Recentemente sono stati elaborati nuovi protocolli di studio della cartilagine, per ora possibili solo in campo sperimentale, con RMN non convenzionale con uso d'immagini RMN biochimiche quali la T2 mapping, T1rho (i.e., T1 in the rotating frame), sodium MRI e la dGEMRIC (delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage). Tali sequenze studiano la composizione biochimica della cartilagine articolare, le sue variazioni e alterazioni con lo scopo d'individuare precocemente le manifestazioni e le alterazioni morfologiche pre-lesionali della cartilagine stessa per poter instaurare tempestivamente le azioni cliniche più opportune e

spostare l'attenzione dalla necessità di dover ricostruire la cartilagine articolare a come preservare l'integrità della cartilagine articolare (8).

Anche l'esame ecografico, eseguito da radiologi esperti e dedicati allo studio ecografico delle patologie muscolo scheletriche, permette di evidenziare con precisione i danni cartilaginei delle piccole e grandi articolazioni, definendone sede, estensione e profondità (Figura 2).

Infine l'artroscopia consente di evidenziare le lesioni cartilaginee anche di modeste dimensioni, di valutarne la consistenza attraverso l'uso del palpatore e il grado di resistenza attraverso l'uso di uno strumento (water jet system) che, per mezzo dell'emissione pulsata di liquido, registra con un sistema a fibra ottica la deformazione elastica della cartilagine nelle diverse aree di carico del ginocchio (10).

EVIDENZE DI EFFICACIA E POTENZIALITÀ CHIRURGICHE DI RIPARAZIONE DELLE LESIONI CARTILAGINEE DEL GINOCCHIO

Hunter nel 1743 osservò che le lesioni cartilaginee articolari parziali non a tutto spessore hanno una limitata capacità di guarire mentre esiste un potenziale di guarigione

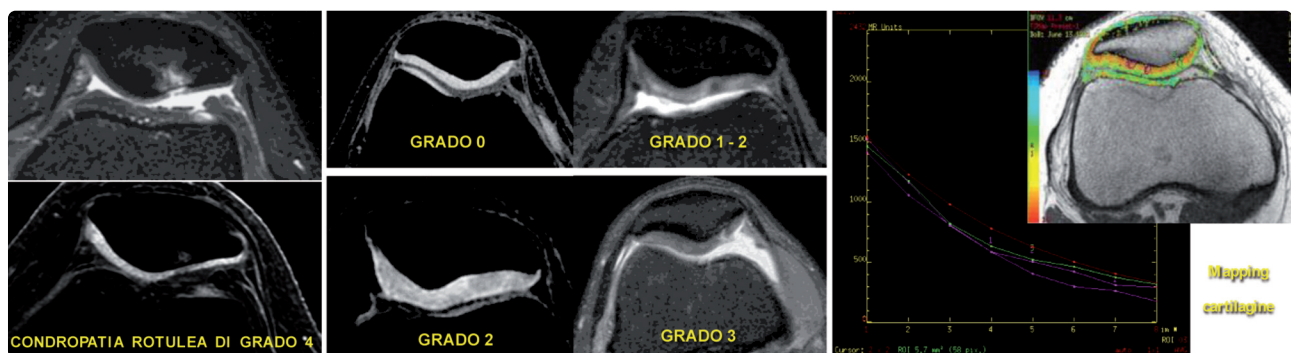


FIGURA 1 / Stadiatione del danno condrale secondo l'International Cartilage Repair Society (ICRS). Courtesy Prof. Carlo Monti, Direttore del Servizio di Radiologia e Diagnostica per Immagini - Casa di Cura Madre Fortunata Toniolo - Bologna. www.casacuratonio.it.

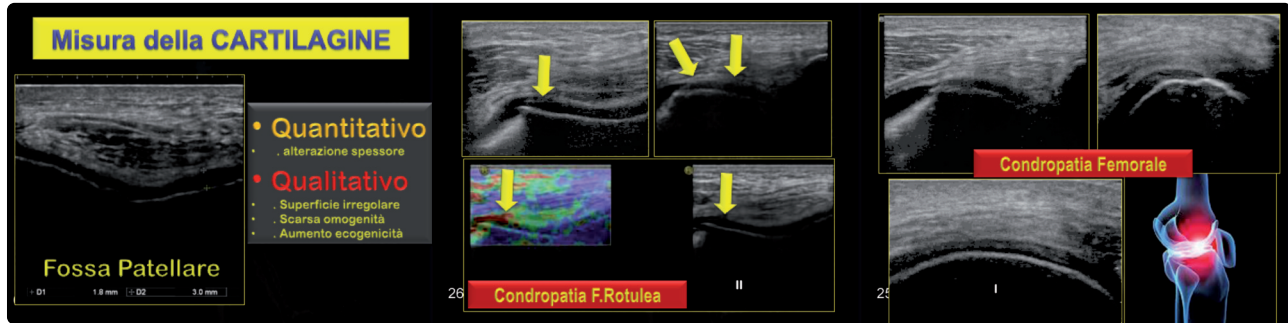


FIGURA 2 / Valutazione qualitativa e quantitativa del danno condrale secondo l'International Cartilage Repair Society (ICRS).
 Courtesy Prof. Stefano Galletti, MSK Scuola di Ecografia Muscolo Scheletrica di Bologna. www.scuolaecomskbo.com.

per le lesioni che penetrano fino all'osso subcondrale. A causa della biologia della cartilagine articolare è facile comprendere come la possibilità di successo della chirurgia cartilaginea sia potenzialmente limitata. La cartilagine articolare manca di un apporto ematico diretto, così le sostanze nutritive devono essere rilasciate dai liquidi interstiziali e un'adeguata diffusione di tali fluidi richiede un'integrità della matrice. I condrociti sono inoltre sfavoriti dal momento che presentano un basso livello di attività mitotica, un basso turnover cellulare, un basso rapporto volume cellulare/volume della matrice e assenza di afferenze neurali. Le cellule progenitrici e le sostanze nutritive si trovano al di sotto dello strato cartilagineo calcificato così le lesioni cartilaginee che si approfondano nello strato calcificato possono aumentare la loro possibilità di guarigione. La formazione di un coagulo di fibrina con crescita di vasi e la migrazione di cellule progenitrici porta alla formazione di una cicatrice fibrocartilaginea (cartilagine di tipo I) nella sede del danno ma questo tipo di tessuto non riesce a replicare la struttura molecolare e l'anatomia ultrastrutturale della matrice né le sue proprietà biomeccaniche. In definitiva, questo tipo di cicatrice fibrocartilaginea non riesce ad avere quelle proprietà anatomi-

che, biomeccaniche e funzionali tipiche della cartilagine ialina e di conseguenza è meno durevole nel tempo. Anche se molti autori sostengono che le lesioni cartilaginee post-traumatiche evolvono verso l'artrite, la vera storia di queste lesioni non è ancora del tutto chiara. La progressione della lesione dipende dalle sue dimensioni, dalla localizzazione, dalla concomitante presenza di artrite e dalle condizioni dell'osso sottostante, così come da fattori quali l'età del paziente, alterazioni dell'allineamento dell'arto inferiore, la stabilità articolare e l'indice di massa corporea.

Mandelbaum ha osservato che lesioni isolate inferiori ai 2 cm² possono essere asintomatiche e non degenerative. Tuttavia esiste una limitata evidenza nella letteratura scientifica di tale affermazione. La storia clinica della maggior parte dei pazienti è caratterizzata non da lesioni isolate ma concomitanti a lesioni del legamento crociato anteriore (LCA) o a lesioni meniscali. I pazienti, inoltre, possono sperimentare dolore o sintomi meccanici che non sempre sono correlati con l'entità del quadro artritico evidenziato all'esame radiologico. Esiste, quindi, un vasto numero di tecniche chirurgiche per ripristinare e riparare i difetti cartilaginei ma solo un piccolo numero di tali lesioni può e/o dovrebbe essere tratta-

to chirurgicamente. Molti Autori affermano che le lesioni che devono essere trattate chirurgicamente sono quelle di III o IV grado secondo Outerbridge o di grado 3° o 4° secondo l'ICRS con dimensioni >2 cm² in pazienti con meno di 40 anni di età, e che solo il 5% dei pazienti che vengono sottoposti ad artroscopia di ginocchio ha lesioni cartilaginee che soddisfano tali criteri (11).

LE TECNICHE CHIRURGICHE DI RIPARAZIONE DELLE LESIONI CARTILAGINEE

Microfratture

Metodica introdotta da Steadman, è spesso considerata il primo tipo di procedura da eseguire nel caso di lesioni cartilaginee a tutto spessore dal momento che è poco invasiva, di semplice esecuzione, ridotta morbilità post-chirurgica e a basso costo. La lesione viene pulita, si verifica la stabilità della cartilagine sana, viene rimossa la zona di cartilagine calcificata e la penetrazione corticale è effettuata con un punteruolo, determinando un sanguinamento midollare con formazione di un coagulo. Le cellule mesenchimali presenti nel coagulo maturano e producono un tessuto di riparazione fibrocartilagineo che contiene una quota ridotta di collagene di tipo II con conseguente ridotta capacità di resiste-

re alle forze di deformazione, di taglio e di carico rispetto alla cartilagine ialina normale. Un carico parziale e l'immediata mobilizzazione passiva continua costituiscono gli elementi chiave per gestire con successo la fase post chirurgica. Steadman e coll. hanno riportato un miglioramento clinico e funzionale nell'80% dei casi in pazienti con età ≤ 45 anni con un follow-up da 7 a 17 anni e operati con MF per una lesione cartilaginea isolata, post-traumatica e a tutto spessore (12). In successivi e più ampi studi di revisione della letteratura che analizzavano 3.122 pazienti sottoposti a tale procedura, si è visto che c'è un evidente miglioramento della funzionalità del ginocchio a 24 mesi dall'intervento, mentre non si dimostra con chiarezza il mantenimento di tale miglioramento funzionale oltre i 24 mesi dall'intervento (13, 14) (Tabella 5).

Osteochondral autograft o allograft transplantation

L'osteochondral autograft transplantation (OAT) o mosaicplasty consiste nel trasferire del materiale osteo-cartilagineo autologo da un'area non sottoposta a carico del ginocchio all'area del ginocchio che presenta la lesione cartilaginea o proveniente da donatore (allograft). Di solito avviene una rapida guarigione e osteointegrazione degli innesti osteochondrali con riempimento degli spazi articolari fra i vari innesti con tessuto fibroso, con conservazione della regolarità del profilo articolare e possibilità di tollerare normali pressioni di carico e di contatto, con tempi medi di ritorno allo sport pari a 4,5 mesi (15). Hangody e Füles hanno studiato 831 pazienti trattati in circa 10 anni e hanno riportato risultati eccellenti nel 92% dei casi trattati con mosaicplasty del condilo femorale, nell'87% dei casi trattati con

mosaicplasty del piatto tibiale, nel 79% dei casi trattati con mosaicplasty della rotula o della troclea femorale e nel 94% dei casi trattati con mosaicplasty della regione talare (16). Marcacci e Kon hanno evidenziato che nel 76,7% dei casi i pazienti hanno ottenuto buoni o eccellenti risultati a un follow-up di 7 anni, con valutazione oggettiva della ICRS e un punteggio soggettivo alla International Knee Documentation Committee (IKDC) che aumenta significativamente dalla fase pre-operatoria a 7 anni di follow-up (da 34,8 a 71,8), con Tegner score che mostra un significativo miglioramento a 2 e 7 anni di follow-up (da 2,9 to 6,2), con una riduzione dell'attività sportiva da 2 a 7 anni di follow-up ed evidenza alla RMN di una buona osteointegrazione del graft, con completo mantenimento della cartilagine dell'innesto in oltre il 60% dei casi (17). Gudas e coll. hanno dimostrato risultati significativamente migliori a un follow-up di 10 anni nel gruppo dei pazienti trattati con OAT rispetto al gruppo dei pazienti trattati con MF. In entrambi i gruppi vi è stata un'elevata percentuale

di pazienti che sono ritornati a praticare attività sportiva al livello pre trauma e un riduzione della ripresa dell'attività sportiva praticata fra i 3 e i 10 anni con una più alta diminuzione della pratica di attività sportiva nel gruppo di pazienti sottoposti a MF vs AOT (18).

Trapianto di condrociti autologhi

La metodica ACI prevede un prelievo bioptico per via artroscopica da una superficie non direttamente sottoposta al carico di circa 200-300 mg di condrociti. Il campione è trasportato in laboratorio e i condrociti, attraverso una lisi enzimatica, sono liberati dalla matrice extra cellulare, successivamente espansi in colture cellulari su tessuto bidimensionale per poi essere posti in agarose gel per la re-differenziazione cellulare. I condrociti sono quindi impiantati, attraverso una seconda procedura chirurgica a cielo aperto, sulla superficie articolare opportunamente preparata ed esposta e posti al di sotto di un patch di periostio. Il periostio è utilizzato poiché contiene cellule mesenchimali pluripotenziali, è

TABELLA 5 / *Trattamento riabilitativo dopo intervento di microfratture eseguite su lesioni condrali dei condili femorali o del piatto tibiale (13).*

Immediato post-operatorio	Mobilizzazioni passive con CPM 8 ore/giorno x 8 settimane, 1 ciclo al minuto, ROM 30°-70°
Fino all'8ª settimana post-operatoria	Deambulazione con 2 antibrachiali con carico del 20-30% del peso corporeo
Dalla 2ª settimana post-operatoria	Cyclette con leggera resistenza Esercizi in acqua alta
Dall'8ª settimana post-operatoria	Carico completo ROM attivo completo
Dal 3° mese	Ripresa della corsa su terreni regolari
Tra il 4° e il 9° mese	Evitare cambi di direzione, balzi e rotazioni e gesti ad alto impatto
Dal 9° mese	Collaudo delle gestualità sport-specifiche e ripresa della pratica di attività sportive, anche agonistica ad alto impatto

CPM: mobilizzazione continua passiva; ROM: range of motion.

prontamente disponibile, è facilmente trapiantabile, funziona come uno scaffold strutturale e produce in autonomia fattori di crescita condrogenici. La fase di recupero comprende un periodo di restrizione dal carico associato all'uso di apparecchio di mobilizzazione passiva continua. La nuova cartilagine contiene componenti tipiche della cartilagine ialina con morfologia simile, tuttavia lo strato superficiale è di tipo fibrocartilagineo ed è il motivo per il quale si parla di cartilagine simil ialina. I risultati clinici vanno da buoni a ottimi in 51 dei 61 pazienti trattati con un follow-up di 7,4 anni. In un altro lavoro Fu evidenzia che nelle lesioni dei condili femorali o della troclea femorale, indipendentemente dalle dimensioni della lesione, a un follow-up di 3 anni l'outcome clinico dei 58 pazienti sottoposti ad ACI è migliore rispetto a quello dei 58 pazienti sottoposti a debridement da solo (81 vs 60%; $p < 0,05$) con miglior punteggio medio complessivo nel gruppo ACI ($p < 0,01$) per quanto riguarda il dolore ($p < 0,01$) e il gonfiore ($p < 0,05$) (19). La pratica di attività fisica migliora, inoltre, i risultati a lungo termine dopo intervento di ACI e andrebbe condotta per almeno 2 anni dopo l'intervento chirurgico (20). L'avvento di scaffold biologici tridimensionali di acido ialuronico ha permesso di eseguire il trapianto di condrociti per artroscopia con molti vantaggi rispetto ad altre tecniche chirurgiche riparative perché permette di accelerare il recupero funzionale quando l'intervento chirurgico è seguito da un adeguato trattamento riabilitativo (21). I vantaggi consistono nell'utilizzare materiale autologo bio-ingegnerizzato che promuove la proliferazione cellulare e la maturazione cartilaginea (22), assenza di morbidità da sito donatore, eliminazione di numerosi effetti collaterali e secondari pre-

TABELLA 6 / *Trattamento riabilitativo dopo trapianto autologo di condrociti (32).*

Dalla 1 ^a alla 6 ^a settimana post-operatoria	Carico parziale e progressivo con l'uso di 2 antibrachiali e mobilizzazioni passive del ginocchio per 6-8 ore/giorno
Dalla 7 ^a alla 12 ^a settimana	Recupero del carico completo post-operatoria
Dal 3 ^o mese	Recupero della piena autonomia nelle ADL
Dal 4 ^o mese	Collaudo corsa in linea su terreno in erba
Dal 6 ^o mese	Corsa su terreni irregolari
Dal 9 ^o mese	Collaudo gestualità sport specifiche con movimenti rotatori
Dal 12 ^o al 24 ^o mese	Collaudo delle gestualità sport specifiche e ripresa della pratica di attività sportive, anche agonistica ad alto impatto

senti in altre tecniche (flap periostale, perdita di condrociti, morbidità dell'impianto ecc.) e possibilità di trattare aree relativamente ampie senza il problema di dover reperire sufficiente materiale biologico da trapiantare (23). L'uso del supporto tridimensionale biodegradabile di acido ialuronico è inoltre idoneo alla proliferazione delle cellule condrocitarie prelevate dal paziente, è in grado di far esprimere il fenotipo originale in vivo e permette una migliore espressione delle potenzialità biologiche e meccaniche delle cellule trapiantate. L'accesso artroscopico, infine, riduce significativamente il tempo necessario per eseguire l'intervento con minor trauma dei tessuti molli, minor versamento intrarticolare, minore dolore post-operatorio, più rapido e precoce recupero dell'articolazione (ROM: range of motion), più rapida attivazione volontaria del quadricipite con miglior compliance complessiva del paziente nel periodo post-operatorio (24) (Tabella 6).

STRATEGIE RIABILITATIVE

Le strategie riabilitative, dopo trattamento chirurgico di lesioni cartilaginee del ginocchio, si basano sulla stretta collaborazione fra il team chirurgico e il team riabilitativo e su criteri oggettivi, non su tempi predefi-

niti di recupero, che dovrebbero guidare le decisioni cliniche, soprattutto nell'ambito della riabilitazione sportiva, e tengono nella dovuta considerazione le differenze interpersonali di risposta agli stimoli e ai carichi riabilitativi (25) (Figura 3). Inoltre, le variabili da considerare quando si definisce un programma riabilitativo dopo intervento di riparazione/rigenerazione cartilaginea sono: la localizzazione, le dimensioni e la profondità della lesione, se è una lesione isolata, la qualità del tessuto circostante la lesione, l'età del paziente, l'indice di massa corporea, lo stato di salute generale, le condizioni di nutrizione, la qualità della cartilagine articolare, il livello di attività sportiva praticato prima del trauma, gli obiettivi funzionali specifici da raggiungere, il livello di motivazione del paziente, il tipo di procedura chirurgica utilizzata e le eventuali procedure chirurgiche associate (26).

Il trattamento riabilitativo

Lo svolgimento di un adeguato trattamento riabilitativo dopo l'intervento chirurgico è fondamentale per ottenere il miglior recupero funzionale del paziente e per ottimizzare il risultato (27). Il protocollo riabilitativo può influenzare la riparazione e maturazione della cartilagine o l'osteointegrazione dell'innesto osteo-

condrale, l'eventuale comparsa di necrosi condrocitaria e la capacità di prevenire il re-infortunio (28). Un appropriato trattamento riabilitativo deve sempre essere definito in collaborazione con il chirurgo ortopedico che, avendo eseguito in prima persona l'atto operatorio, conosce esattamente la situazione del paziente e quindi è in grado di fornire tutte le informazioni finalizzate a proteggere la procedura (coagulo nel caso di microfratture, innesti osteocondrali nella mosaicplasty, trapianto di condrociti), a promuoverne la sua vitalità e integrazione, a far sviluppare le proprietà meccaniche di resistenza alle forze di carico e di taglio e ad evitare qualsiasi attività a rischio. Ogni procedura chirurgica e in particolare l'ACI con o senza scaffold tridimensionale, richiede anche una maggior attenzione e un accurato monitoraggio clinico per mantenere una buona vitalità dei condrociti (29). Tutto questo al fine di evitare l'apoptosi correlata all'emartro, il gonfiore con aumento del-

le citochine proinfiammatorie e le elevate forze di compressione e di taglio sulla cartilagine (30). Da un punto di vista riabilitativo, dopo qualunque tipo di procedura chirurgica eseguita, suddividiamo i periodi della riabilitazione in quattro fasi che rappresentano la gestione clinica progressiva e continua per tutta la durata del recupero (31). Questa gestione clinica per fasi successive e progressive, che tiene conto delle basi biologiche delle procedure chirurgiche eseguite, può meglio avvenire in un contesto di riabilitazione organizzata (piscina e palestra riabilitativa e campo per il recupero funzionale) con medici, terapisti e preparatori atletici dedicati (25). Ciò che differenzia il trattamento riabilitativo a seconda della procedura chirurgica eseguita è la durata di ogni singola fase, che varia appunto in relazione al tipo di tecnica chirurgica adottata. Il passaggio da una fase all'altra è concesso solo quando gli obiettivi funzionali e clinici di ogni singola fase sono stati

raggiunti senza che siano in atto dolore, gonfiore o soffiatura intrarticolare (Figura 3) (32). Questi segni clinici sono indicativi del delicato bilancio necessario per promuovere la guarigione cartilaginea senza stressare il tessuto in via di riparazione o che si sta osteointegrando e devono essere tenuti in considerazione, in collaborazione con il chirurgo, per definire la progressione dei carichi durante il susseguirsi delle diverse fasi di recupero funzionale. Gli atleti professionisti possono in genere procedere più velocemente nel percorso riabilitativo rispetto ai non atleti perché eseguono un maggior numero di sedute settimanali, anche se il tempo per raggiungere uno specifico obiettivo riabilitativo è sempre la conseguenza del tipo di lesione, della tecnica chirurgica utilizzata, del tipo di trattamento riabilitativo utilizzato e della capacità intrinseca del paziente di ottenere un determinato recupero funzionale (31).

I condrociti sono in grado di rispondere positivamente agli stimoli meccanici somministrati con l'esercizio (33), per cui i concetti base sono quelli della mobilizzazione precoce e del carico progressivo. È evidente che questi dovranno essere mediati dalle esigenze specifiche della patologia di ogni singolo paziente e dell'eventuale intervento chirurgico, ma bisogna sempre ricordare che la risposta delle cellule cartilaginee sarà differente in base agli stimoli meccanici somministrati. Un adeguato trofismo muscolare è necessario per la stabilità articolare dinamica e in particolare l'azione muscolare eccentrica è fondamentale nella riabilitazione dei pazienti affetti da patologia cartilaginea. La corretta azione muscolare e la cauta e progressiva applicazione dei carichi aiutano a proteggere le superfici articolari da impatti e forze torsionali,

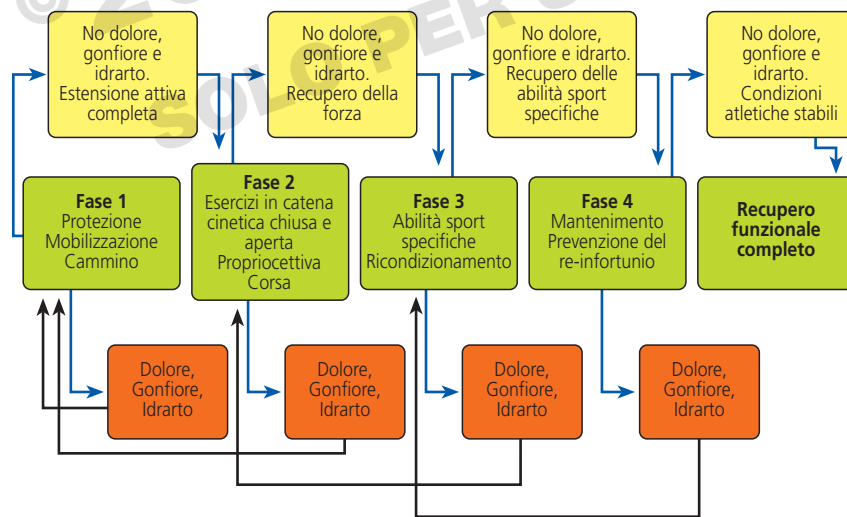


FIGURA 3 / Nella riabilitazione per obiettivi biologici, clinici e funzionali dopo intervento di riparazione cartilaginea nel ginocchio, il passaggio consentito solo quando gli obiettivi biologici, clinici e funzionali di ogni singola fase sono raggiunti in assenza di manifestazioni cliniche di dolore, gonfiore o soffiatura intra-articolare (linea azzurra). Se il paziente presenta anche uno solo di questi sintomi o segni clinici il trattamento riabilitativo ritorna alla fase precedente (linea nera). Modificata da (25).

mentre un ridotto controllo neuromuscolare, specie in presenza di carichi improvvisi o eccessivi, aumenta il rischio di danno articolare e cartilagineo (34). Per tali motivi, e anche a scopo preventivo, è utile somministrare, non solo agli atleti, adeguati programmi di allenamento e di ricondizionamento che favoriscono l'abilità nel proteggere l'articolazione dai carichi (3, 35). Il protocollo riabilitativo nei pazienti affetti da patologia cartilaginea è considerato sempre sicuro per il paziente, quando si basa sul raggiungimento di determinati obiettivi di articularità, di forza e di recupero delle attività anche sportive, che devono essere ottenuti sempre in assenza di dolore, gonfiore idrartro e di deficit dell'arco di movimento. Questi sintomi sono, infatti, indicativi del delicato equilibrio tra gli stimoli necessari per promuovere la riparazione e la necessità di non sovraccaricare i tessuti lesionati.

Fasi riabilitative

Il soggetto deve essere sottoposto a un programma di terapie fisiche e riabilitative il cui scopo è la risoluzione del dolore, il recupero dell'articularità, il rinforzo muscolare, il controllo neuromotorio e il recupero funzionale. La ginnastica posturale, l'allenamento senza carico o con carico limitato con l'uso di due antibrachiali, l'eventuale uso di ortesi plantari dinamiche possono essere utili per diminuire e modificare lo stress articolare, diminuendo l'usura delle cartilagini. Le terapie possono essere effettuate quotidianamente sia in palestra che in acqua. Il lavoro attivo di rinforzo muscolare viene eseguito inizialmente solo con esercizi contro-resistenza e con tecniche di "facilitazione neuromuscolare". Gradualmente si aggiungono lavori con elastici, pesi e macchine di rinforzo muscolare. Il lavoro in catena cinetica chiusa deve iniziare pre-

cocemente cercando di limitare il movimento negli ultimi gradi di estensione. Quando possibile si introduce la ginnastica propriocettiva e, progressivamente, il lavoro aerobico così come è essenziale la stimolazione passiva dei muscoli dell'arto interessato.

Fase I

Protezione del trapianto condrocitario, dell'inneso osteocondrale o del coagulo di fibrina e recupero del cammino (fase proliferativa, dalla 1^a alla 12^a settimana)

In questa fase le strategie riabilitative sono focalizzate sul controllo degli effetti dell'infiammazione (dolore, soffiatura, perdita di movimento e atrofia muscolare) (35) e l'obiettivo principale del trattamento è la protezione del trapianto di condrociti, del coagulo di fibrina o dell'inneso osteocondrale e la stimolazione alla proliferazione condrocitaria con proscrizione dal carico, a seconda della tecnica chirurgica, per circa 2-4 settimane dall'intervento. Il dolore post-operatorio è gestito con analgesici di nuova generazione (per esempio tramadolo), antinfiammatori non steroidei che non interferiscono con la coagulazione (per esempio, tramadolo in associazione a paracetamolo, ibuprofen, ketorolac, ecc.). La somministrazione di questi farmaci (36), associata alla crioterapia e alla terapia con correnti interferenziali (37), può contribuire a ridurre il dolore e il gonfiore e ad aumentare il ROM, permettendo una più precoce mobilizzazione, che contribuisce a una più rapida risoluzione dell'idrartro. L'importanza della crioterapia (in associazione al linfodrenaggio manuale) in ogni fase riabilitativa è basata sulla riduzione dell'edema, della risposta infiammatoria (flogosi) e della trasmissione del segnale doloroso, con conseguente miglior capacità di reclutare

il quadricipite (38). Per stimolare la proliferazione dei condrociti (39) e la maturazione del nuovo tessuto cartilagineo (40) sono introdotti precocemente esercizi di mobilizzazione controllata a ROM ridotto, esercizi isometrici e isotonici e compressioni controllate. In questa fase, in particolare nel trapianto condrocitario, vanno favorite l'adesione cellulare e la nutrizione dei condrociti attraverso un carico parziale e controllato e un movimento selettivo che agevoli la diffusione del liquido sinoviale (38). Quando il paziente non è in grado di compiere mobilizzazioni autoassistite del ginocchio, viene utilizzato un mobilizzatore motorizzato passivo (CPM) per 6 ore al giorno, con un ciclo per minuto, sin dal primo giorno post-operatorio e fino a quando non si raggiungono i 90° di flessione del ginocchio.

Un secondo obiettivo è il recupero della forza degli estensori del ginocchio, necessaria per prevenire e controllare il dolore anteriore di ginocchio (41). Il danno osteo-cartilagineo comporta inoltre un'alterazione delle afferenze sensitive che portano a una diminuzione della capacità di attivazione volontaria del quadricipite e dell'eccitabilità del motoneurone, provocando così deficit della propriocezione. Nei casi in cui risulta difficile attivare volontariamente la muscolatura vi è l'indicazione all'uso di stimolazioni elettriche neuromuscolari (NMES). L'obiettivo principale della prima fase è la ripresa progressiva del carico completo e del cammino. Il carico sfiorante viene ripreso con l'uso di due antibrachiali a partire dalla seconda (MF-OAT) - quarta [(M)ACI] settimana post-operatoria e viene concesso il carico completo a circa quattro (MF-OAT) e rispettivamente 6-8 settimane [(M)ACI] dall'intervento (38). Allo stato attuale delle conoscenze non siamo in grado di determinare quale

sia il corretto carico articolare da applicare, ma sappiamo che un carico progressivo a livelli fisiologici influenza l'attività metabolica della cartilagine e che una compressione ciclica e dinamica della cartilagine promuove una migliore regolazione del metabolismo della matrice cartilaginea così come è stato dimostrato che esercizi condotti con carico parziale e controllato sugli arti inferiori sono efficaci nel ridurre le forze di reazione articolare con il suolo e contemporaneamente si facilita il recupero del normale schema del passo (33). Questa prima fase riabilitativa è condotta al domicilio del paziente nelle prime 2 settimane post-operatorie e, una volta che le ferite chirurgiche sono guarite, sono intrapresi gli esercizi riabilitativi in acqua.

Dalla 2^a-3^a settimana vengono collaudati anche gli esercizi in palestra riabilitativa.

Il passaggio alla fase successiva (fase 2 del recupero) è consentito quando:

- il carico è completo in assenza di dolore;
- il normale schema del passo è stato recuperato senza l'uso di anti-brachiali;
- la forza muscolare del quadricipite è pari ad almeno l'80% rispetto all'arto controlaterale misurato con test isocinetico.

Il tempo minimo necessario per raggiungere questi criteri nei pazienti affetti da una lesione cartilaginea isolata trattata chirurgicamente varia fra le 6 e le 12 settimane a seconda della metodica chirurgica utilizzata con variabilità individuale in relazione all'ampiezza e alla localizzazione della lesione cartilaginea e alla eventuale presenza di lesioni associate.

Fase 2

Transizione della cartilagine e recupero della corsa (fase produttiva, dalla 8^a alla 16^a settimana)

L'obiettivo principale di questa fase

è il recupero di un normale schema di corsa che è ottenuto con esercizi propriocettivi, rinforzo muscolare ed esercizi di resistenza. In questa fase il processo di guarigione del nuovo tessuto cartilagineo è stimolato da esercizi eseguiti sia in catena cinetica chiusa che aperta (29), con progressivo incremento dei carichi articolari. Biologicamente in questa fase si ha il tentativo di produzione di collagene di tipo II e i proteoglicani formano la matrice cartilaginea con integrazione del neo tessuto (trapianto condrocitario, cicatrice cartilaginea nel caso delle MF o innesti osteocondrali) con riempimento del difetto cartilagineo. Questi esercizi devono essere in grado di fornire stimoli per la guarigione cartilaginea, senza stressare il tessuto in riparazione, evitando un ulteriore danno cartilagineo, e per ottenere un corretto orientamento spaziale delle fibre collagene e aumentare la tenuta del tessuto cartilagineo quando sottoposto a forze compressive e di taglio (42). Questi esercizi contribuiscono anche a diminuire le forze articolari di reazione con il suolo durante lo svolgimento delle attività quotidiane e devono essere condotti evitando movimenti compensatori dovuti alla presenza di muscoli deficitari nella catena cinetica. Gli esercizi propriocettivi di difficoltà crescente (dal carico bipodalico si passa al carico monopodalico) sono eseguiti in questa fase con l'utilizzo di piani instabili (42).

La ripresa della corsa in linea su superfici regolari è progressivamente introdotta con cautela, indicativamente, a seconda della tecnica chirurgica, a 8-16 settimane dall'intervento chirurgico con variabilità individuale, quando il paziente ha raggiunto tutti i criteri clinici previsti dalla fase precedente e dopo aver eseguito un controllo clinico con il chirurgo che lo ha operato per verifi-

care la corretta esecuzione del trapianto effettuato. Una corsa moderata (4 km al giorno) dovrebbe essere eseguita in questa fase del recupero dal momento che determina un incremento dello spessore della cartilagine non calcifica, aumenta la sintesi dei proteoglicani e il modulo di resistenza alle forze di taglio della cartilagine.

L'obiettivo di questa fase è di riuscire a correre 15 minuti a una velocità compresa tra 8 e 10 km/h.

Il passaggio alla fase successiva è concesso, con il consenso del chirurgo, quando il paziente è in grado di correre in linea retta senza che compaiano effusione articolare o dolore, quando sono presenti una buona coordinazione e un buon controllo neuromuscolare e quando la forza e la resistenza muscolare, misurata con test isocinetico, sono state recuperate (43).

Quando la riabilitazione progredisce senza che insorgano complicanze, questa fase termina a circa 12-32 settimane dopo l'intervento e, comunque, se e quando il paziente è in grado di salire e scendere le scale e di correre in linea retta a 8-10 km/h senza sintomi e senza un significativo aumento della concentrazione ematica di acido lattico rispetto ai valori presenti a riposo.

Fase 3

Rimodellamento della cartilagine e recupero delle doti atletiche (dal 3^o all'8^o mese)

In questa fase l'atleta esegue esercizi propriocettivi (44), esercizi eccentrici, ri-condizionamento cardiocircolatorio che stimolano il rimodellamento del tessuto cartilagineo (45) e permettono di sostenere attività con elevati carichi e ad alto impatto biomeccanico. Biologicamente in questa fase si ha la formazione di ponti e legami crociati fra le proteine della matrice cartilaginea e sviluppo

dell'interfaccia fra il trapianto condrocitario, la cicatrice cartilaginea nel caso delle MF e degli innesti osteocondrali con l'osso e la cartilagine adiacente. In questa fase adeguati livelli di forza e di resistenza dei gruppi muscolari dell'arto inferiore sono indispensabili per recuperare la capacità di smorzare le forze generate sull'articolazione soprattutto durante le attività eccentriche. L'esecuzione di un test funzionale quale il single leg hop test dovrebbe evidenziare una differenza di prestazione non superiore al 20% nell'arto operato rispetto al contro laterale (46). Altri test funzionali validati, quali il triplo leg hop test, il salto in alto con contro movimento, lo shuttle test, lo speed dribbling e il long passing, permettono di monitorare e oggettivare il recupero funzionale di un paziente e in particolare di un atleta professionista. Gli esercizi funzionali sono eseguiti soprattutto sul campo sportivo riabilitativo, dove è possibile ricreare le condizioni metaboliche e tecniche tipiche dell'attività sportiva svolta dal paziente, sotto lo stretto controllo di riabilitatori specializzati, che portano l'atleta a tollerare i carichi e le richieste funzionali tipiche dello sport agonistico. L'obiettivo di questa fase è di recuperare le gestualità sport specifiche (47) (Tabella 7). Questo obiettivo è raggiunto a circa 16-40 settimane dall'intervento, quando il trattamento riabilitativo prosegue senza complicazioni. Il passaggio alla fase successiva è permesso quando vi è il

TABELLA 7 / Fasi e attività sul campo di recupero funzionale (47).

Fase 1	Esercizi di coordinazione globale e attività in linea
Fase 2	Carichi eccentrici, esercizi pliometrici monopodali e decelerazioni
Fase 3	Corsa con cambi di direzione e aumento dell'intensità dell'attività aerobica
Fase 4	Corsa all'indietro, passaggi palla ravvicinati, calci mirati
Fase 5	Cambi di ritmo, di direzione, rotazioni e gestualità sport specifiche con intensità di gioco e durata tipica dell'agonismo

TABELLA 8 / Tempi medi per il ritorno allo sport dopo intervento di riparazione cartilaginea (47).

Procedura chirurgica	Tipo di tessuto riparativo	Tmpo per il ritorno allo sport
Microfratture	Fibrocartilagine	8-10 mesi
Innesti osteocondrali, mosaicplasty	Riempimento immediato del difetto condrale con formazione di cartilagine fibrosa tra un innesto osteocondrale e l'altro	6-9 mesi
Trapianto di condrociti autologhi con o senza supporto tridimensionale	Formazione di cartilagine simil-ialina	12-18 mesi

consenso del chirurgo ortopedico e quando tutti gli esercizi e le gestualità sportive sono eseguite senza dolore, idrartro o soffiatura articolare (Figura 3). Questo comporta che forza e resistenza muscolari debbano essere recuperate completamente, con una buona stabilità e un buon controllo neuromotorio del ginocchio e di tutta la catena cinetica dell'arto inferiore (48).

Un buon recupero delle doti di resistenza aerobica è inoltre un importante obiettivo di questa fase. Il ritorno a sport di contatto e con elevato impatto biomeccanico è solitamente concesso dopo l'intervento a circa 6-8 mesi nella mosaicplasty, a 8-10 mesi nelle MFe e 12-18 mesi nei trapianti di condrociti (Tabella 8), quando il trattamento riabilitativo è privo di significative complicanze.

Fase 4

Maturazione, turn over e mantenimento delle condizioni di forma (successivi 2-3 anni)

È questa la fase finale che si raggiun-

ge quando l'atleta ha recuperato le abilità sport specifiche ed è ritornato ad allenarsi con la squadra e può riprendere le attività agonistiche. Biologicamente, in questa fase, le proteine della matrice si stabilizzano e si organizzano in larghi aggregati e il collagene si integra nell'osso subcondrale. In questa fase l'atleta dovrebbe trascorrere una buona parte del tempo allenandosi per mantenere le condizioni fisiche e atletiche raggiunte nella fase precedente. Il paziente dovrebbe inoltre effettuare specifiche sessioni di allenamento dove esegue esercizi di flessibilità e di rinforzo dei diversi gruppi muscolari dell'arto infortunato e in particolare esercizi con carichi eccentrici unitamente a esercizi di resistenza aerobica generale (44) per il controllo del peso corporeo, della massa grassa (32) e della forma fisica generale. L'obiettivo di questa fase è di mantenere una buona qualità di vita, evitare l'aumento di peso e l'accumulo di grasso corporeo e di prevenire il rischio di reinfortunio (3, 49).

PREVENZIONE DELLE LESIONI ARTICOLARI

Diversi interventi possono ridurre il rischio di degenerazione articolare, specie negli atleti. Una diagnosi appropriata, un corretto trattamento e un successivo percorso riabilitativo ben condotto dovrebbero ridurre il rischio di ulteriori lesioni e di insor-

genza di artrosi post-traumatica. Altre misure comprendono la scelta adeguata del tipo di sport o di attività sportiva, l'allenamento e il programma di esercizi che evitino il sovraccarico modulando frequenza, velocità e intensità degli stimoli, l'utilizzo di attrezzature specifiche in grado di ridurre al minimo i carichi da impatto sull'articolazione e, infine, la riduzione della massa corporea attraverso la perdita di massa grassa dei soggetti in sovrappeso (50). Si è visto, infatti, che alcuni tipi di attività, come la corsa, determinano effetti biomeccanici acuti sulla composizione della cartilagine articolare e dei menischi con alterazione del contenuto idrico e dell'orientamento delle fibre collagene e riduzione del tempo di rilassamento del compartimento articolare mediale e dell'articolazione femoro-rotulea, a conferma che queste aree sono sottoposte a maggior carico nei giovani e sani atleti adulti durante la corsa e che tali variazioni sono misurate con immagini RMN T1 e T2 (7). Si prevencono, inoltre, eventuali lesioni cartilaginee e articolari e si minimizza il carico dovuto a debolezza e affaticamento muscolare mantenendo e/o incrementando la forza muscolare e il condizionamento aerobico. La letteratura internazionale (51) sostiene, infatti, che le disfunzioni muscolari possono essere trattate e più precisamente:

- il rinforzo e gli esercizi di resistenza muscolare alleviano i sintomi nell'OA lieve e moderata;
- i deficit propriocettivi del ginocchio sono associati ad aumentata disabilità nel paziente con OA;
- una corsa regolare aumenta lo spazio articolare femoro-tibiale mentre una corsa estrema, che si correla all'insorgenza della fatica, riduce tale spazio;
- le lesioni muscolari maggiori si associano con OA dal momento che la stabilità articolare dinamica è

data dall'attività muscolare, e quindi la rigidità capsulare e gli osteofiti non sono altro che un tentativo di dare stabilità a un'articolazione funzionalmente instabile quando si è in presenza di una disfunzione muscolare;

- molti sport d'élite ad alto impatto si associano con la OA;
- questi effetti della OA si riducono quando si prevencono tali lesioni muscolari maggiori;
- giocare con una lesione muscolare non trattata, come nel caso di lesioni degli adduttori, provoca OA dell'anca nei calciatori;

La più importante implicazione clinica è che una riabilitazione appropriata dopo una lesione muscolare può essere decisiva nel prevenire l'OA così come l'alternanza degli sport praticati è risultata efficace nel diminuire il volume del carico complessivo dello stesso tipo sulla cartilagine articolare (51) (Tabella 9).

CONCLUSIONI

La riparazione delle lesioni cartilaginee articolari nella popolazione sportiva permette a un'elevata percentuale di pazienti di ritornare alla pratica sportiva, spesso al livello pre-infortunio.

In numerose pubblicazioni scientifiche vengono evidenziate la capacità

dell'atleta di ritorno allo sport e l'affidabilità della tecnica chirurgica utilizzata dopo esecuzione di procedura di riparazione cartilaginea misurando i punteggi di outcome funzionale, la percentuale di ritorno allo sport, il tempo necessario per il ritorno alla pratica sportiva, il livello di attività sportiva al quale l'atleta è ritornato e per quanto tempo l'atleta ha continuato a praticare quell'attività sportiva.

In estrema sintesi, il ritorno allo sport è possibile nel 79% dei casi con una maggior percentuale di successo dopo trapianto osteocondrale autologo. Il tempo di ritorno allo sport varia tra 7 e 18 mesi a seconda del tipo di tecnica chirurgica utilizzata e il ritorno allo sport al livello pre-infortunio è possibile nel 68% dei casi, indipendentemente dalla tecnica chirurgica utilizzata. La possibilità di praticare lo sport nel tempo al livello pre-infortunio è del 65% dei casi con mantenimento di una buona funzionalità nel tempo (oltre 24 mesi) dopo intervento di ACI (52). Numerosi sono i fattori indipendenti l'uno dall'altro che influenzano la capacità di ritornare allo sport: l'età del paziente, la durata dei sintomi prima dell'intervento (migliori risultati se i sintomi sono esorditi meno di 12 mesi prima dell'intervento), il livello di attività sporti-

TABELLA 9 / Criteri che possono ridurre il rischio di lesione cartilaginea articolare e prevenire quello d'insorgenza di patologie degenerative in soggetti che praticano attività sportiva (2).

A	Scegliere sport o programmi di esercizi che sottopongono le articolazioni a bassi livelli di impatto e a scarse forze torsionali
B	Utilizzare specifici equipaggiamenti e giocare o correre su superfici che riducono le forze da impatto e torsionali
C	Mantenere o incrementare la forza e il tono muscolare per sviluppare la capacità dei muscoli a diminuire i carichi articolari e a proteggere le articolazioni da lesioni
D	Mantenere o incrementare il tono fisico generale e il condizionamento aerobico riduce il rischio di lesione articolare relative alla fatica
E	Ridurre il peso corporeo se al di sopra del peso ideale in relazione a sesso, altezza ed età
F	Alternare sport o tipo di esercizi per ridurre il numero di ripetizioni dello stesso tipo sulla cartilagine articolare

va pre-infortunio, le dimensioni della lesione, la morfologia e l'estensione della riparazione tissutale.

Il ritorno allo sport è quindi influenzato da numerosi fattori e dall'analisi e dal trattamento di tali fattori bisogna partire per definire un algoritmo decisionale che permetta di definire e gestire al meglio le aspettative di recupero post-chirurgico dell'atleta. Dal momento che non esiste una definitiva evidenza scientifica di maggior efficacia clinica di una tecnica chirurgica rispetto all'altra (per esempio ACI vs OAT, ACI vs MF, OAT vs MF), le MF dovrebbero essere la prima terapia da prendere in considerazione visto che è una metodica semplice, che necessita di un solo tempo chirurgico e molto più economica rispetto alla procedura ACI con o senza uso di supporto tridimensionale di acido ialuronico. Basandosi su altri trial clinici, si evidenzia invece come gli innesti osteocondrali condotti per via artroscopica possano avere dei risultati migliori rispetto alle MF come trattamento d'elezione iniziale nei giovani atleti con minor tempo necessario per la ripresa della pratica sportiva. Quando queste tecniche sono utilizzate per trattare lesioni condrali del ginocchio, si associa sempre un trattamento riabilitativo mirato, progressivo e per obiettivi, che può portare a una significativa riduzione dei tempi di recupero funzionale e a un più precoce e sicuro ritorno alla pratica sportiva. Il trattamento riabilitativo post-chirurgico viene impostato con un protocollo per obiettivi basato sul recupero dell'articolazione completa, della forza e delle abilità sport specifiche in assenza di dolore, gonfiore o soffiatura articolare. Questi segni clinici sono indicativi del delicato bilancio necessario per promuovere la guarigione della cartilagine, raggiungendo contemporaneamente gli obiettivi funzionali attraverso una progressione dei carichi

che vengono somministrati previo confronto con il chirurgo ortopedico. Il percorso riabilitativo è suddiviso in fasi biologiche e funzionali tra loro strettamente legate e questo approccio, grazie alle nuove conoscenze di biologia molecolare e dei meccanismi della meccanotrasduzione, permette in particolare al fisiatra di utilizzare l'esercizio fisico e riabilitativo come strumento per ottenere e modulare gli effetti biologici e clinici desiderati (25).

Gli atleti professionisti possono procedere più velocemente nel recupero riabilitativo, ma il tempo necessario per raggiungere uno specifico obiettivo funzionale è sempre la conseguenza del tipo di lesione, del tipo di tecnica chirurgica utilizzata, del protocollo riabilitativo utilizzato e della capacità di guarigione e di recupero intrinseca in ogni paziente. Ulteriori studi saranno necessari per comprendere le conseguenze a lungo termine e i limiti degli approcci chirurgici esposti, l'efficacia dei nuovi scaffold associati alla terapia genica e il tipo di approccio riabilitativo più efficace per il trattamento e la prevenzione delle lesioni cartilaginee.

BIBLIOGRAFIA

- Murphy L, Schwartz TA, Helmick CG. Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum* 2008; 59: 1207-13.
- Buckwalter JA. Sports, joint injury, and post-traumatic osteoarthritis. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003; 33: 578-88.
- Mandelbaum B, Mithoefer K, Peterson L, et al. Cartilage issues in football (soccer): an executive summary of the Fédération Internationale de Football Association (FIFA)/International Cartilage Repair Society (ICRS) Initiative. *Cartilage* 2012; 3: 65-105.
- Mainil-Varlet P, Aigner T, Brittberg M, et al. International Cartilage Repair Society. Histological assessment of cartilage repair: a report by the Histology Endpoint Committee of the International Cartilage Repair Society (ICRS). *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85 (Suppl 2): 45-57.
- Widuchowski W, Widuchowski J, Trzaska T. Articular cartilage defects: study of 25,124 knee arthroscopies. *Knee* 2007; 14: 177-82.
- Lee HH, Chu CR. Clinical and basic science of cartilage injury and arthritis in the football (soccer) athlete. *Cartilage* 2012; 3 (Suppl): 635-685.
- Subburaj K, Kumar D, Souza RB, et al. The acute effect of running on knee articular cartilage and meniscus magnetic resonance relaxation times in young healthy adults. *Am J Sports Med* 2012 40: 2134-41.
- Jazrawi LM, Alaia MJ, Chang G. Advances in magnetic resonance imaging of articular cartilage. *J Am Acad Orthop Surg* 2011; 19: 420-9.
- Ebert JR, Robertson WB, Woodhouse J, et al. Clinical and magnetic resonance imaging-based outcomes to 5 years after matrix-induced autologous chondrocyte implantation to address articular cartilage defects in the knee. *Am J Sports Med* 2011; 39: 753-63.
- Duda GN, Kleemann RU, Bluecher U, et al. A new device to detect early cartilage degeneration. *Am J Sports Med* 2004; 32: 693-8.
- Safran MR, Seiber K. The evidence for surgical repair of articular cartilage in the knee. *J Am Acad Orthop Surg* 2010; 18: 259-66.
- Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ, et al. Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: average 11-year follow-up. *Arthroscopy* 2003; 19: 477-84.
- Mithoefer K. Return to sports after articular cartilage repair in the football (soccer) player. *Cartilage* 2012; 3 (Suppl): 575-625.
- Mithoefer K, McAdams T, Williams RJ, et al. Clinical efficacy of the microfracture technique for articular cartilage repair in the knee: an evidence-based systematic analysis. *Am J Sports Med* 2009; 37: 2053-63.
- Pánics G, Hangody LR, Baló E, et al. Osteochondral autograft and mosaicplasty in the football (soccer). *Athlete Cartilage* 2012; 3 (Suppl): 255-305.
- Hangody L, Füles P. Autologous osteochondral mosaicplasty for the treatment of full-thickness defects of weight-bearing joints: ten years of experimental and clinical experience. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85 (Suppl 2): 25-32.
- Marcacci M, Kon E. Arthroscopic autologous osteochondral grafting for cartilage defects of the knee prospective study results at a minimum 7-year follow-up. *Am J Sports Med* 2007; 35: 2014-21.
- Gudas R, Gudaite A, Pocius A, et al. Ten-year follow-up of a prospective, randomized clinical study of mosaic osteochondral autologous transplantation versus microfracture for the treatment of osteochondral defects in the knee joint of athletes. *Am J Sports Med* 2012; 40: 2499-508.
- Fu FH, Zurakowski D, Browne JE, et al. Autologous chondrocyte implantation versus debridement for treatment of full-thickness chondral defects of the knee: an observational cohort study with 3-year follow-up. *Am J Sports Med* 2005; 33: 1658-66.
- Safran MR, Seiber K. The evidence for surgical repair of articular cartilage in the knee. *J Am Acad Orthop Surg* 2010; 18: 259-66.
- Marcacci M, Berruto M, Brocchetta D, et al. Articular cartilage engineering with Hyalograft C: 3-year clinical results. *Clin Orthop Relat Res* 2005; (435): 96-105.
- Marcacci M, Kon E, Derlucigiano M, et al. Arthroscopic autologous osteochondral grafting

- for cartilage defects of the knee. *Am J Sport Med* 2007; 35: 2014-21.
23. Erggelet C, Sittinger M, Lahm A. The arthroscopic implantation of autologous chondrocytes for the treatment of full-thickness cartilage defects on the knee joint. *Arthroscopy* 2003; 19: 108-10.
 24. Steadman JR, Rodkey WG, Rodrigo JJ. Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects. *Clin Orthop Rel Res* 2001; 391: S362-9.
 25. Creta D. Il trattamento riabilitativo del ginocchio dopo trapianto autologo di condrociti con supporto tridimensionale di acido ialuronico condotto per via artroscopica. *Ital J Rehab Med - MR* 2008; 22: 167-74.
 26. Reinold MM, Wilk KE, Macrina LC, et al. Current concepts in the rehabilitation following articular cartilage repair procedures in the knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36: 774-94.
 27. Clements KM, Bee ZC, Crossingham GV, et al. How severe must repetitive loading be to kill chondrocytes in articular cartilage?. *Osteoarthritis Cartilage* 2001; 9: 499-507.
 28. Lindahl A, Brittberg M, Peterson L. Cartilage repair with chondrocytes: clinical and cellular aspects. *Novartis Found Symp* 2003; 249: 175-86.
 29. Reinold M, Wilk K, Macrina LC, et al. Current concepts in the rehabilitation following articular cartilage repair procedures in the knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006; 36: 774-94.
 30. Hooiveld M, Roosendaal G, Wenting M, et al. Short-term exposure of cartilage to blood results in chondrocyte apoptosis. *Am J Pathol* 2003; 162: 943-51.
 31. Mithofer K, Peterson L, Mandelbaum B, et al. Articular cartilage repair in soccer players with autologous chondrocyte transplantation. *Am J Sport Med* 2005; 33: 1639-46.
 32. Hambly K, Bobic V, Wondrasch B, et al. Autologous chondrocyte implantation post operative care and rehabilitation. *Am J Sport Med* 2006; 34: 1020-37.
 33. Lee CR, Grodzinsky AJ, Spector M. Biosynthetic response of passaged chondrocytes in a type II collagen scaffold to mechanical compression. *J Biomed Mater Res* 2003; 64A: 560-9.
 34. Grodzinsky AJ, Levenston ME, Jin M, et al. Cartilage tissue remodeling in response to mechanical forces. *Annu Rev Biomed Eng* 2000; 2: 691-713.
 35. Chmielewski TL, Mizner RL, Padamonsky II W. Physical therapies in sport and exercise. In: *Knee Kolt GS, Snyder-Mackler L (Eds). Churchill Livingstone, 2003, pp 379-98.*
 36. McKenna F, Borenstein D, Wendt H, et al. Celecoxib versus diclofenac in the management of osteoarthritis of the knee. *Scand J Rheumatol* 2001; 30: 11-8.
 37. Jarit GJ, Mohr KJ, Waller R, et al. The effects of home interferential therapy on post-operative pain, edema and range of motion of the knee. *Clin J Sport Med* 2003; 13: 16-20.
 38. Hirschmuller A, Baur H, Brau S, et al. Rehabilitation after autologous chondrocyte implantation for isolated cartilage defects of the knee. *Am J Sports Med* 2011; 39: 2686-96.
 39. Li KW, Falcovitz YH, Nagrampa JP, et al. Mechanical compression modulates proliferation of transplanted chondrocytes. *J Orthop Res* 2000; 18: 374-82.
 40. Vanwansseele B, Lucchinetti E, Stussi E. The effects of immobilization on the characteristics of articular cartilage: current concepts and future directions. *Osteoarthritis Cartilage* 2002; 10: 408-19.
 41. Roi GS, Creta D, Nanni G, et al. Return to official Italian First Division soccer games within 90 days after anterior cruciate ligament reconstruction: a case report. *J Orthop Sports Phys Ther* 2005; 35: 52-61.
 42. Barker MK, Seedhom BB. The relationship of the compressive modulus of articular cartilage with its deformation response to cyclic loading: does cartilage optimize its modulus so as to minimize the strains arising in it due to the prevalent loading regime?. *Rheumatology (Oxford)* 2001; 40: 274-84.
 43. Hewett TE, Paterno MV, Myer GD. Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clin Orthop* 2002; 402: 76-94.
 44. Desnica Bakrac N. Dynamics of muscle strength improvement during isokinetic rehabilitation of athletes with ACL rupture and chondromalacia patellae. *J Sports Med Phys Fitness* 2003; 43: 69-74.
 45. Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobone JV et al. The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. A prospective study. *Am J Sports Med* 1999; 27: 699-706.
 46. Grodzinsky AJ, Levenston ME, Jin M, et al. Cartilage tissue remodeling in response to mechanical forces. *Annu Rev Biomed Eng* 2000; 2: 691-713.
 47. Hambly K, Silvers HJ, Steinwachs M. Rehabilitation after articular cartilage repair of the knee in the football (soccer) player. *Cartilage* 2012; 3: 505.
 48. Jerre R, Ejerhed L, Wallmon A, et al. Functional outcome of anterior cruciate ligament reconstruction in recreational and competitive athletes. *Scand J Med Sci Sports* 2001; 11: 342-6.
 49. Syed IY, Davis BL. Obesity and osteoarthritis of the knee: hypotheses concerning the relationship between ground reaction forces and quadriceps fatigue in long-duration walking. *Med Hypotheses* 2000; 54: 182-5.
 50. Koonce RC, Bravman JT. Obesity and osteoarthritis: more than just wear and tear. *J Am Acad Orthop Surg* 2013; 21: 161-9.
 51. Shrier I. Muscle dysfunction versus wear and tear as a cause of exercise related osteoarthritis: an epidemiological update. *Br J Sports Med* 2004; 38: 526-35.
 52. Kreuz PC, Steinwachs M, Erggelet C, et al. Importance of sports in cartilage regeneration after autologous chondrocyte implantation: a prospective study with a 3-year follow-up. *Am J Sports Med* 2007; 35: 1261-8.