



Università degli Studi
di Genova



Università degli studi di Genova
Facoltà di Medicina e Chirurgia
MASTER IN RIABILITAZIONE DEI DISORDINI
MUSCOLOSCHIELETRICI
in collaborazione con libera Università di Bruxelles

Trapianto di cartilagine del ginocchio: stato dell'arte e interesse per la terapia manuale.

REFERENTE:
LORENZO SPAIRANI

TESI DI:
BRASCA MATTEO

ANNO 2006/07

Abstract

Il problema cartilagineo è molto comune, associato a traumatismi o semplicemente a patologie artrosiche. Negli ultimi anni stanno procedendo le ricerche in questo ambito e può capitare di trovarsi a trattare dei pazienti in seguito ad un trapianto di cartilagine.

Questo lavoro si propone di analizzare lo stato dell'arte della chirurgia di ricostruzione cartilaginea, incentrando particolarmente l'attenzione sul trapianto di condrociti autologhi nell'articolazione del ginocchio.

Dopo un breve richiamo riguardante la diffusione e l'eziologia dei disturbi cartilaginei verranno sintetizzate la metodica e le indicazioni al trattamento con trapianto di condrociti autologhi. Verrà analizzato anche il ruolo della diagnostica per immagini per localizzare e definire l'entità dei disturbi cartilaginei in fase pre-operatoria, nonché come strumento di valutazione nei successivi follow-up.

Al fine di evidenziare le possibili strategie riabilitative da mettere in atto dopo interventi chirurgici di questo tipo verranno esaminati gli studi riguardanti le metodiche di trattamento EBP approfondendo eventuali possibili applicazioni per la terapia manuale.

A tal fine sono state utilizzate come parole chiave "*chondrocytes*", "*knee joint*", "*cartilage disease*", "*rehabilitation*" e "*manual therapy*" utilizzando come database Pubmed restringendo la ricerca alle revisioni in lingua inglese o italiana dal 1990 al 2008.

Introduzione

Le lesioni cartilaginee stanno assumendo un ruolo d'importanza sempre crescente negli ultimi anni sia per la loro ampia diffusione sia per il fatto che il tessuto cartilagineo non è in grado di attuare un completo meccanismo di autoriparazione.

La cartilagine articolare è un tessuto connettivo altamente specializzato, che ha funzione di protezione dell'osso subcondrale dagli stress meccanici. Provvedendo alla lubrificazione delle superfici articolari essa facilita il movimento delle articolazioni diartrodiali. La cartilagine articolare, in un individuo adulto, è un tessuto avascolare, aneurale e alinfatico e la sua nutrizione è dovuta principalmente alla presenza del liquido sinoviale (Mankin and Bradt, 1984).

Lo spessore della cartilagine articolare varia in relazione alle diverse aree di contatto di una stessa articolazione, alle diverse articolazioni e diminuisce con l'età.

I condrociti sono responsabili della sintesi, manutenzione e turnover della matrice extracellulare (ECM), che è composta principalmente da una rete di fibre collagene, messe in un gel di molecole altamente cariche: i proteoglicani (20).

Il tipo di intervento chirurgico preso in analisi si propone di isolare dei campioni di condrociti prelevati dal paziente, coltivarli in vitro e trapiantarli poi nelle sedi di lesione della cartilagine articolare del paziente stesso.

Tale intervento viene chiamato trapianto di condrociti autologhi (autologous chondrocyte implantation ACI) e sembra aver sostituito le precedenti tipologie di interventi chirurgici volti a ripristinare la funzione della cartilagine articolare.

Le nuove tecniche chirurgiche hanno portato ad una terza generazione di ACI volta a migliorare i precedenti risultati. Dal punto di vista riabilitativo, invece, in letteratura, permangono ancora molti dubbi e gli studi disponibili offrono spesso risultati contrastanti.

Dopo un rapido accenno riguardante la distribuzione dei difetti condrali ed una breve panoramica dei metodi di diagnostica, andremo ad analizzare il trapianto di condrociti autologhi.

Delineate le principali indicazioni chirurgiche continueremo con l'analisi del trattamento riabilitativo, delle sue evidenze scientifiche e dei presupposti per l'utilizzo della terapia manuale.

Eziologia

Per dimostrare la diffusione e l'eziologia dei disturbi cartilaginei sono stati presi in esame principalmente due studi (4 e 21). Entrambi, valutando un buon numero di pazienti sottoposti ad artroscopia, hanno rilevato una percentuale di lesioni cartilaginee pari o superiore al 60% dei casi presi in esame e questo ci fa capire perché tale tipo di lesioni gode di un interesse sempre maggiore da parte della chirurgia. I due studi analizzano complessivamente più di 26.000 artroscopie di ginocchio ma nonostante la differenza quantitativa (993 casi il primo e 25.124 il secondo) alcuni risultati sono molto simili. Entrambi gli studi evidenziano una maggior diffusione delle lesioni cartilaginee negli uomini.

Le zone maggiormente colpite da lesioni cartilaginee sono il condilo femorale mediale e la superficie articolare della rotula; zone in cui sono anche state rilevate le lesioni più importanti come gravità ed estensione.

La gravità e l'estensione delle lesioni risultano comunque molto eterogenee e non sono possibili confronti più precisi anche per le diverse scale di valutazione utilizzate dai due studi.

La causa primaria sembra essere nel 59% dei casi traumatica con o senza contatto diretto e correlata alle attività della vita quotidiana o all'attività sportiva praticata, additata come causa traumatica dal 46% dei casi con evoluzione traumatica. Tra gli sport maggiormente a rischio troviamo il calcio e lo sci seguiti, anche se con percentuali molto più basse, da diversi sport di squadra quali pallavolo, pallacanestro e pallamano.

L'evoluzione non traumatica dei sintomi interessa comunque il 41% dei casi e sembrano essere abbastanza influenti la presenza di precedenti interventi quali ad esempio meniscectomia selettiva mediale e ricostruzione del LCA.

Entrambi gli studi hanno evidenziato come le lesioni focali più definite e con gradi di profondità della lesione meno elevate siano state riscontrate nei pazienti con età inferiore ai 45 anni, mentre oltre tale soglia le lesioni sono più frequentemente a tutto spessore e più diffuse.

I dati di questi studi ci portano dunque a delineare alcuni tratti distintivi dei pazienti affetti da lesioni cartilaginee, ma evidenziano allo stesso tempo la molteplicità delle lesioni che risultano diverse per gravità, estensione e localizzazione.

A tali differenze si uniscono poi diverse patologie concomitanti: problemi di malallineamento articolare, interventi precedentemente eseguiti e lesioni totali o parziali dei sistemi legamentosi del ginocchio. Tutto ciò mette in risalto la molteplicità di aspetti che il chirurgo deve tenere presente prima di proporre ad un paziente un intervento di trapianto di condrociti autologhi, onde evitare fallimenti terapeutici o parziali risoluzioni della problematica a carico dell'articolazione (1).

Al fine di definire al meglio il quadro clinico del paziente in fase pre-operatoria il chirurgo può avvalersi della diagnostica per immagini ed in particolar modo della risonanza magnetica. Tale strumento, infatti, oltre a non essere invasivo, permette di stabilire in modo molto accurato la situazione del tessuto cartilagineo e sarà molto utile anche in fase post-operatoria per monitorare nei diversi follow-up il comportamento dei siti d'impianto dei nuovi condrociti.

Diagnostica

La risonanza magnetica grazie al suo elevato contrasto nella differenziazione dei tessuti molli e alla multiplanarietà delle visuali sembra essere al momento lo strumento con le potenzialità diagnostiche più adeguate per lo studio delle lesioni cartilaginee (17, 8).

Tuttavia, anche utilizzando sequenze dedicate, nelle prime fasi di sofferenza cartilaginea risulta molto più efficace l'utilizzo dell' Artro-RM che riesce a riconoscere le precoci alterazioni del profilo cartilagineo.

L'artro-RM, infatti, avendo una buona affinità chimica con le alterazioni molecolari che si determinano nelle prime fasi del danno cartilagineo, consente di aumentare notevolmente l'attendibilità diagnostica anche nelle prime fasi di lesione condrale.

Le lesioni di medio-alto grado sono invece ben riconoscibili con la semplice RM e non giustificano l'utilizzo di Artro-RM.

La RM permette inoltre la documentazione delle aree di sofferenza ischemica dell'osso subcondrale a fronte di minimi e focali danni condrali valutabili artroscopicamente. In tali situazioni solo la RM fornisce le informazioni per una corretta pianificazione terapeutica andando a colmare una delle cosiddette "aree cieche artroscopiche" (10). L'artroscopia, infatti, con la possibilità di sondare, palpare e vedere dall'interno l'articolazione rappresenta ancora il gold standard di riferimento destinato però ad essere superato dalle nuove generazioni di immagini della stessa RM. In artroscopia, infatti vengono raccolte informazioni utilissime riguardanti soprattutto lo strato superficiale della cartilagine, mentre con la RM potremo avere informazioni più dettagliati sugli strati profondi, lo spessore della lesione e le condizioni dell'osso subcondrale (7).

Molti studi (tra i quali 5 e 16), infatti, sostengono che, in un futuro non molto lontano, grazie ai progressi nell'utilizzo di RM ad alta risoluzione e all'attenta combinazione di sequenze altamente specializzate la RM diventerà il gold standard di riferimento per la valutazione delle lesioni condrali. Le nuove tecnologie in questo campo, infatti, forniranno immagini sempre più approfondite, valutazioni tridimensionali e se ben utilizzate saranno in grado di fornire informazioni riguardo alla biochimica e alla biomeccanica dei nuovi impianti.

Tali informazioni saranno la base per un miglior monitoraggio della neogenesi cartilaginea e una precoce diagnosi di eventuali complicanze post-operatorie (13), nonché un punto di partenza per stabilire, con una tecnica non invasiva, l'ottimale decorso post-operatorio, monitorando gli effetti del carico precoce e del percorso riabilitativo più adeguato dopo impianto di condrociti autologhi.

Il trapianto di condrociti autologhi (ACI)

Prima dell'avvento del trapianto di condrociti autologhi, le tecniche chirurgiche di riparazione del tessuto condrale erano differenti ma tutte basate sullo stesso principio fondamentale.

Graffiando o fissurando superficialmente l'osso subcondrale alla base delle zone sofferenti della cartilagine, si provocava un "sanguinamento controllato", che, attraverso un processo riparativo intra-articolare, avrebbe portato alla conseguente formazione di fibrocartilagine.

Questa nuova fibrocartilagine andava così a riempire le zone di sofferenza condrale alleviando la sintomatologia dolorosa ma, nel lungo periodo non era in grado di sopperire alle richieste meccaniche dell'articolazione avendo una differente conformazione biochimica e biomeccanica.

Tutto ciò ha portato ad un interesse sempre crescente verso l'impianto di condrociti autologhi, metodica che si propone, invece, di colmare le zone condrali sofferenti con una neo cartilagine biochimicamente e strutturalmente quanto più possibile identica a quella originale (2).

L' ACI è considerato il trattamento di elezione per pazienti giovani (non oltre i 45 anni) con lesioni condrali a tutto spessore comprese tra i 2 e i 12 cm² e localizzati principalmente sulla superficie retropatellare o sul condilo femorale mediale (16, 1).

In un recente ed interessante RCT di Saris et al. (14) il trapianto di condrociti autologhi viene contrapposto alla tecnica delle microfratture (MF) eseguite in artroscopia. I risultati di tale studio evidenziano che, a 18 mesi dall'intervento i pazienti trattati con ACI mostravano una migliore rigenerazione tissutale, rispetto ai pazienti trattati con MF. Nonostante i risultati a breve termine fossero abbastanza simili in entrambi i gruppi, già ad un anno di distanza, il trattamento con ACI sembrava dunque gettare le basi per migliori risultati a lungo termine, anche se, il vero limite di questo studio, forse è quello di non aver proseguito con follow-up di maggiore durata.

Altra caratteristica importante dello studio sopraccitato è quella di aver incluso in entrambi i gruppi di trattamento pazienti con precedenti interventi chirurgici quali ricostruzione di LCA e meniscectomie. Tali pazienti sono risultati più numerosi nel gruppo trattato con ACI, così come in tale gruppo erano presenti pazienti con sintomatologia dolorosa di durata maggiore rispetto al gruppo trattato con MF.

I risultati comunque migliori del gruppo trattato con ACI inducono a pensare, quindi, che, a differenza di quanto succedeva per i trattamenti con MF, gli interventi con ACI garantiscono buoni risultati anche in presenza di precedenti interventi chirurgici o di una sintomatologia dolorosa di lunga durata.

Nel corso degli anni le tecniche chirurgiche si sono evolute e ad oggi siamo già giunti ad un trapianto di condrociti autologhi di "terza generazione" che, facendo tesoro delle difficoltà incontrate dalle precedenti metodiche sembra dare migliori risultati in fase di rigenerazione cartilaginea e minori complicanze post-operatorie.

Le prime tecniche di ACI, infatti, utilizzavano una sospensione di condrociti abbinata alla fissazione di un frammento di periostio, ma tale procedura favoriva la distribuzione non uniforme delle cellule e possibili complicanze riguardo il

periostio. Proprio quest'ultimo poteva infatti essere soggetto a distacchi totali o parziali, delaminazioni o ipertrofia e venne sostituito, nella seconda generazione di ACI, da una membrana collagene multistrato (18).

L'uso di questo biomateriale semplificò la tecnica chirurgica e diminuì le complicanze riguardanti il periostio. Ad oggi ulteriori progressi chirurgici hanno portato alla terza generazione di ACI.

Il materiale impiantato si presenta come un tessuto tridimensionale biocompatibile abbastanza complesso in cui vengono "piantati" i condrociti al fine di generare un nuovo tessuto articolare funzionale.

Dopo un adeguata preparazione chirurgica, il biomateriale viene posizionato in modo da coprire esattamente la zona di sofferenza condrale.

Nonostante la mancanza di una struttura di fissazione (come il precedente periostio), Marlovits et al. (9) hanno dimostrato un ottimo attecchimento di tale materiale in un difetto cartilagineo del condilo femorale senza ulteriori mezzi di fissazione (9).

Sebbene i buoni risultati degli interventi con ACI quest'ultimo non può essere ritenuto l'unico intervento possibile in caso di lesione cartilaginea.

Shah et al. (15), con una revisione della letteratura, hanno recentemente proposto un algoritmo che sintetizza la scelta del trattamento chirurgico di una lesione cartilaginea.

Tale algoritmo si basa sulle caratteristiche del paziente stesso come età, livello di attività, pregressa storia di dolore articolare e precedenti interventi di ricostruzione falliti ed è schematizzato in figura 1.

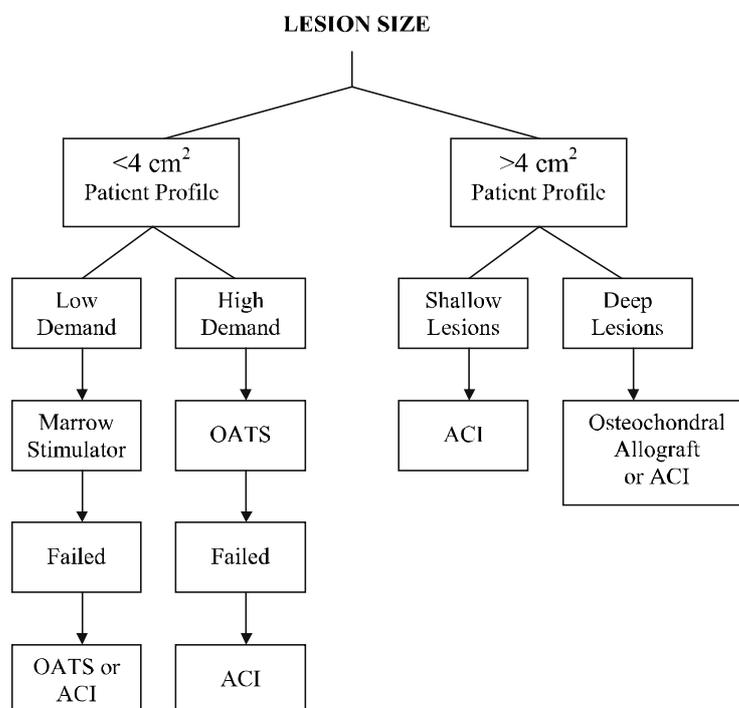


Figura 1. Algoritmo di trattamento per difetti articolari tratto da *Studio di Shah et al.* (15)

Come facilmente osservabile dalla tabella, in caso di fallimento di precedenti interventi, si ricorre spesso all'intervento con ACI.

Tra le metodiche citate, infatti, la chirurgia con ACI è l'unica che propone una ricostruzione biochimicamente simile rispetto alla cartilagine articolare e che prospetta un effetto duraturo.

L'interesse crescente riguardo la ricostruzione cartilaginea e l'utilizzo negli ultimi anni di pratiche chirurgiche, rivelatesi fallimentari nel lungo periodo, porteranno ad un probabile futuro incremento di interventi con ACI.

Per tale motivo sarà importante, per il fisioterapista, conoscere i presupposti teorici del trattamento riabilitativo e le recenti acquisizioni supportate della letteratura, in modo da poter impostare un progetto di recupero funzionale basato sull'evidenza.

Presupposti del trattamento riabilitativo

Il trapianto di condrociti autologhi per la ricostruzione del tessuto cartilagineo inizia a diffondersi nel 1987 e ad oggi vanta più di 15.000 interventi in diversi stati. Nonostante più di 20 anni di esperienza chirurgica, le evidenze scientifiche nel campo riabilitativo sono davvero scarse. Uno degli studi più interessanti in quest'ambito è sicuramente la revisione di Hambly et al. del 2006 (6), in cui gli autori esaminano le componenti principali del trattamento riabilitativo post-chirurgico discutendone i principi e le applicazioni al fine di formulare un protocollo riabilitativo completo per i pazienti sottoposti a trapianto autologo di condrociti.

Molto importante per gli autori è analizzare l'indicazione chirurgica; infatti L'ACI è diventata la tecnica di elezione per lesioni superiori ai 2 cm² e tale indicazione già influirà nel percorso riabilitativo in termini di riduzione del carico articolare post-operatorio per evitare la distruzione dei nuovi impianti. La tecnica chirurgica presa in esame, inoltre, è indicata dopo uno o più fallimenti chirurgici con altri trattamenti riparativi e, in campo riabilitativo, bisognerà tener conto del decorso preo-operatorio dei sintomi e del tipo di interventi che l'articolazione ha già dovuto affrontare.

Altro aspetto importante è la procedura chirurgica. Nell' ACI, infatti, sono previste due fasi: una prima biopsia artroscopica e una seconda fase di impianto dei condrociti. Tali fasi, nel rispetto dell'omeostasi articolare devono essere distanziate di almeno 3 settimane. In questo intervallo di tempo, infatti, l'articolazione può recuperare il liquido sinoviale perduto, la cute tende a riparare le ferite del primo ingresso e viene garantito un buon recupero dopo la prima anestesia.

Alla biopsia segue poi l'impianto di condrociti, solitamente eseguito con un'artrotomia mini-open che, portando alla distruzione di un buon quantitativo di meccanorecettori lascia intravedere un percorso riabilitativo più lungo e complesso rispetto alle precedenti metodiche di riparazione cartilaginea che venivano eseguite artroscopicamente.

Ora il neo-impianto cartilagineo inizia la sua fase di maturazione, un percorso lungo e ancora discusso che sembra dividersi in una prima fase proliferativa di circa 6-8 settimane, una fase di transizione che accompagna il tessuto fino al sesto mese, e una terza fase di rimodellamento che sembra apportare modificazioni nella struttura cartilaginea fino a due anni dopo l'intervento chirurgico.

Nel discutere queste fasi il condizionale è d'obbligo dato che in letteratura non esistono ancora rilevanti studi a supporto e molti dati sono stati acquisiti in fase di sperimentazione animale.

Nel processo di rimodellamento del neo-impianto, quindi, potrà essere importante verificare lo stadio di maturazione attraverso tecniche non invasive avvalendosi dunque delle specifiche tecniche di RM precedentemente analizzate.

Data talvolta l'impossibilità pratica di monitorare continuamente la zona d'intervento gli autori focalizzano l'attenzione sulla biomeccanica, punto fermo ed inamovibile da cui trarre importanti spunti riabilitativi.

Partendo dal presupposto che il sito di riparazione deve essere tutelato e sottoposto a carico graduale nei primi tre mesi (come vedremo successivamente), conoscere l'esatta posizione del neo-impianto e approfondire la biomeccanica di

tale zona all'interno dell'articolazione femoro-tibiale (o patello femorale) favorisce un approccio ragionato volto a minimizzare il rischio di interferire con la fase di crescita del nuovo tessuto condrale.

Un buon programma riabilitativo, dunque, prima di avvalersi di tempistiche ed esercizi deve partire da una buona conoscenza della storia pre-operatoria del paziente, dalla localizzazione precisa del sito di riparazione, della sua biomeccanica e, dove possibile essere integrata da un buon monitoraggio con RM per verificare il corretto decorso post-operatorio.

Soprattutto nelle prime fasi sarà essenziale una buona educazione del paziente riguardo al decorso post-operatorio, il terapeuta dovrà gestire le aspettative del paziente, informarlo ed ottenere una piena condivisione del progetto riabilitativo e programmare i primi obiettivi a breve termine. Solo con un clima di stretta collaborazione e buona comunicazione tra chirurgo terapeuta e paziente si potranno ottimizzare i benefici dell'intervento chirurgico.

Prima di analizzare nello specifico le varie fasi e componenti del programma riabilitativo e capire quali acquisizioni in ambito fisioterapico siano supportate da evidenze scientifiche bisogna tener presente che L'EBP dopo interventi di ACI è ancora agli albori.

Come detto in precedenza, infatti, nonostante il grande interesse chirurgico, gli studi a supporto dell'aspetto fisioterapico non sono molti e, essendo interventi altamente specializzati, anche il numero di fisioterapisti a stretto contatto con problematiche post-operatorie di questo tipo non è poi così rilevante.

L'approccio riabilitativo quindi sarà da considerarsi ancora in una fase di iper-cautela poiché non esistono i presupposti, le fonti e l'esperienza pratica cui i terapisti possono fare riferimento come ad esempio per altri interventi quali la ricostruzione di LCA, dove nonostante la complessità dell'intervento, i protocolli riabilitativi propongono, forti di una maggiore esperienza, strategie di carico precoce e un approccio riabilitativo più deciso.

Riabilitazione e EBP

Partendo dai presupposti precedentemente elencati che fanno di ogni esperienza un caso dalle caratteristiche ben precise, possiamo fissare come primi obiettivi del trattamento riabilitativo post-chirurgico la tutela del sito di riparazione e il ritorno alla funzione.

Sempre personalizzando e adattando i principi generali al caso specifico possiamo suddividere il trattamento in tre diverse componenti: un progressivo ritorno al carico, il recupero del fisiologico ROM e la normalizzazione del tessuto muscolare in termini di forza e controllo propriocettivo.

Come già premesso nei primi tre mesi il neo-impianto sarà molto vulnerabile e Hambly et al. (6) propongono un graduale ritorno al carico e un cauto recupero del ROM che viene schematizzato nella seguente tabella

TABLE 1
Comparative Analysis of Ranges in Parameters During Early-Stage ACI Rehabilitation Protocols^a

| | Patellofemoral | | Tibiofemoral | |
|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| | Minimum/Earliest Introduction | Maximum/Latest Introduction | Minimum/Earliest Introduction | Maximum/Latest Introduction |
| Time to full weightbearing | 6 h postoperatively | 12 wk | 7 wk | 12 wk |
| ROM goals for 6 wk postoperatively | 30° | 120° | 90° | 130° |
| Orthoses | No brace | 6 wk locked in full extension | 3 wk | 8 wk in unloader brace |
| CPM | 2 h/d while an inpatient (3-5 d) | 8-12 h/d for 6 wk | 2 h/d while an inpatient (3-5 d) | 6-8 h/d for 6 wk |
| Patellar mobilizations | Immediately postoperatively | 2 wk | Immediately postoperatively | Not included |
| Hydrotherapy | 2 wk | 4 wk | 2 wk | 4 wk |
| Cycling | 4 wk | 12 wk | 2 wk | 12 wk |

Figura 2. Tabella tratta dallo *Studio di Hambly et al. (6)*

Tali cautele vanno poi integrate, come già detto, con la conoscenza dell'esatto sito di riparazione ed un approccio attento alla biomeccanica di quest'ultimo. Per esempio, l'aspetto posteriore del condilo femorale mediale viene a contatto con la tibia tra i 90° e i 120° di flessione, dunque un approccio al carico graduale eseguito in posizioni comprese tra gli 0° e gli 80° di flessione garantirà una maggiore tutela per un eventuale impianto in tale zona.

Movimenti attivi o passivi

Alcuni degli studi analizzati (6 e 20) dimostrano come un prolungato periodo di immobilizzazione rallenti i processi riparativi post-operatori mentre un graduale e controllato ritorno all'attività favorisca il recupero funzionale.

Dopo interventi di ACI è sempre necessaria una fase di protezione del neo-impianto che prevede una parziale immobilizzazione, l'uso di ortesi, ove necessario e un ritorno al carico graduale. Come già detto eventuali tutele dipenderanno dalla zona d'intervento, dalla storia pre-operatoria del paziente e dalla sua compliance.

In una prima fase sarà dunque molto importante educare il paziente ad un ritorno graduale al carico, ad esempio utilizzando una bilancia in modo da fornire al paziente un feedback visivo correlato al graduale aumento del carico.

Dopo una prima fase di parziale immobilizzazione, dunque, è indicato un graduale recupero del ROM ottenuto attraverso esercizi attivi e passivi. Movimenti indotti passivamente stimolano la circolazione generale, prevengono la formazione di aderenze e, causando un movimento del liquido sinoviale, migliorano la perfusione nella zona operata.

Creando cambiamenti intermittenti della pressione intra-articolare i movimenti passivi ripetuti stimolano l'attività degli stessi condrociti (6).

Un ragionato inserimento di esercizi attivi deve sempre tener conto della zona d'intervento e della biomeccanica articolare al fine di evitare forze compressive lesive. Attraverso tali esercizi, infatti, viene coinvolta anche la funzione muscolare, vi è un recupero dell'attività di stabilizzazione muscolare, un maggiore stimolo circolatorio e un recupero della forza muscolare.

Riassumendo, nel percorso riabilitativo post-operatorio, il fisioterapista dovrà somministrare e alternare intelligentemente esercizi attivi e passivi. L'intensità e il ROM di tali esercizi dovranno essere sempre specifici per non danneggiare il sito di riparazione e adeguati rispetto alla fase di recupero. Parallelamente il paziente dovrà essere ben informato rispetto alle tutele chirurgiche ed educato ad un recupero graduale delle ADL in modo da non provocare eccessive forze compressive sul sito di lesione.

Esercizi in catena cinetica chiusa o aperta

Negli ultimi anni è stato molto enfatizzato il contrasto tra esercizi in catena cinetica aperta (OKC) ed esercizi in catena cinetica chiusa (CKC). Molti studi (6, 11) presentano i primi come meno funzionali e causa di maggiori forze compressive a livello dell'articolazione femoro-rotulea, attribuendo invece, ai secondi una migliore attivazione propriocettiva ed un maggiore reclutamento di meccanismi di cocontrazione dovuti ad azioni più funzionalmente corrette e multiarticolari.

La scelta e la progressione degli esercizi durante il programma riabilitativo deve sempre tener conto della storia pre-operatoria del paziente, del sito di lesione, dell'estensione di quest'ultima, della fase di riparazione, della presenza di patologie articolari concomitanti e ultimo, ma non meno importante della compliance del paziente.

Partendo dal meccanismo di roll e slide dell'articolazione tibio-femorale gli esercizi in catena cinetica chiusa sembrano sviluppare maggiori forze compressive e incrementare le cocontrazione muscolari, favorendo la stabilità articolare e riducendo il rischio di danni al neo-impianto.

In completa estensione di ginocchio, d'altra parte, la rotula, come sappiamo, non è articolata con il femore, quindi il rischio di compressione femoro-rotulea è nullo. In tale posizione dunque, esercizi in OKC come ad esempio il classico straight leg raise favoriscono il recupero di forza del quadricipite senza rischi di danno compressivo. Le forze compressive a livello femoro-rotuleo sono molto basse anche negli ultimi 25° di estensione, quindi, nella prosecuzione del programma riabilitativo anche in questo limitato ROM potranno essere inseriti esercizi in OKC, che dovranno essere invece somministrati con molta più cautela in un ROM compreso tra i 90° di flessione e i 25° prima dell'estensione completa, sempre a causa delle crescenti forze compressive.

Nella scelta degli esercizi, comunque, bisogna sempre ricordare la maggiore influenza a livello propriocettivo degli esercizi in CKC, tali esercizi, infatti, dovranno essere maggiormente enfatizzati in una seconda fase riabilitativa proprio per stimolare il ritorno alla funzionalità e alla stabilità dell'articolazione in gesti che più si avvicinano alle ADL.

Riassumendo potremmo dire che gli esercizi in OKC possono essere utilizzati per un rinforzo mirato e proposti in ROM ristretti e specifici, favorendo l'attivazione e il rinforzo in particolare del quadricipite femorale. Tali esercizi saranno molto utili in una prima fase proprio perché non necessitano di un completo ROM, ma consentiranno di proporre un adeguato stimolo per un rinforzo ottimale (del quadricipite femorale) ed un conseguente miglioramento degli outcome durante il proseguo del trattamento.

Gli esercizi in CKC dovranno essere proposti dal terapeuta enfatizzando il recupero delle ADL, con esercizi sempre più specifici e correlati al decorso post-operatorio. Tali esercizi permetteranno inoltre di coinvolgere anche le articolazioni adiacenti e giocheranno un ruolo fondamentale nel recupero propriocettivo e nella stabilità dinamica dell'articolazione.

Dunque entrambe le categorie di esercizi prese in esame saranno un utile strumento nelle mani del fisioterapeuta che dovrà sempre adattare le attività proposte alla situazione specifica.

Ortesi PRICES e CPM

Alcuni studi (3) promuovono l'utilizzo di apparecchi di mobilizzazione passiva continua (CPM) dopo interventi di ACI. Tuttavia confrontando più studi (6) non sembrano esserci evidenze a riguardo ed i dati ottenuti risultano a volte in contrasto, nonchè influenzati dal sito di lesione e dalle patologie concomitanti.

Il movimento passivo ripetuto sembra infatti stimolare l'attività di rigenerazione dei condrociti e prevenire la formazione di aderenze. Nonostante non esistano studi specifici che prendano in esame l'utilizzo di CPM dopo ACI, tali apparecchi vengono spesso utilizzati nel primo periodo post-operatorio per circa 6-8 ore al giorno.

Il periodo di somministrazione, la progressione del ROM e la durata delle sessioni variano a seconda dello specifico caso e della zona di riparazione.

Come già anticipato il decorso post-operatorio dopo ACI prevede l'utilizzo di ortesi per prevenire eventuali forze compressive articolari e per limitare il ROM nella fase di tutela del neo-impianto.

Dopo ACI per l'articolazione femoro-rotulea, vengono consigliate ortesi bloccate in estensione completa, in modo che il carico non interferisca con la zona operata (come già visto in massima estensione la rotula non ha rapporti articolari col femore). Il ROM viene poi incrementato gradualmente e la dismissione di tale ortesi avviene generalmente in non più di 6 settimane.

Per quanto riguarda l'articolazione femoro-tibiale, invece, esistono due diverse scuole di pensiero discordanti riguardo l'utilizzo di ortesi nelle prime tre settimane dopo ACI per prevenire traumi al sito del neo-impianto, ma entrambe le fazioni prevedono un abbandono dell'ortesi entro le 8 settimane dall'intervento.

La combinazione di trattamenti comunemente noti come protocollo PRICES (protezione, riposo funzionale, compressione, elevazione e stabilizzazione, da cui l'acronimo) svolgono un ruolo fondamentale nell'immediato periodo post-operatorio. La protezione del sito operato, un adeguato riposo funzionale ed una postura in elevazione sono fortemente raccomandati nelle 48 ore successive all'intervento.

In tale lasso di tempo risulta molto importante la crioterapia che favorisce l'abbassamento della temperatura locale, diminuisce la formazione di edema e riduce la sintomatologia dolorosa.

Bisogna invece fare un uso ragionato della crioterapia nelle fasi rieducative successive. Le applicazioni locali di ghiaccio infatti sembrano aumentare la stiffness articolare e diminuire la percezione del dolore: caratteristiche che possono influenzare negativamente una successiva seduta di rieducazione o l'utilizzo di apparecchi per CPM, anche se in proposito non esistono ancora studi autorevoli.

L'utilizzo di crioterapia viene invece consigliato anche in una fase di recupero successiva come "cooling down" al termine di sedute di recupero o dopo l'utilizzo di CPM.

Compressione e stabilizzazione possono favorire l'immediato post-operatorio per poi diminuire gradualmente a favore di un recupero funzionale dell'articolazione.

Propriocezione e funzione neuromuscolare

La rieducazione muscolare ed il riallenamento propriocettivo sono componenti essenziali nel recupero della stabilità articolare anche se spesso all'interno del programma riabilitativo non ricevono la dovuta attenzione.

La funzione neuromuscolare coinvolge i meccanorecettori periferici che, creando un input afferente, stimolano la risposta del sistema nervoso centrale il quale, attraverso uno stimolo efferente, regola l'equilibrio, la stabilità e la mobilità articolare.

Alcuni studi dimostrano una diminuzione del controllo propriocettivo dell'articolazione del ginocchio dopo sindromi dolorose prolungate (gonartrosi o sindrome femoro-rotulea) o dopo interventi chirurgici (ricostruzione LCA, artroprotesi..).

Interessante notare come il deficit propriocettivo rilevato fosse esteso anche all'arto controlaterale non coinvolto nell'intervento chirurgico.

Dato il sopraggiungere di un intervento chirurgico possiamo dunque ipotizzare una diminuzione del controllo propriocettivo anche dopo interventi di ACL, anche se, non esistono ancora studi specifici a supporto.

Il riallenamento propriocettivo dovrà quindi essere diviso in tre fasi e le attività proposte dovranno essere sempre adeguate alla situazione articolare e riadattate al singolo caso.

Una prima fase pre-operatoria, con attenzione soprattutto a quei pazienti con sintomi dolorosi di vecchia data, una storia preclinica che evidenzia ulteriori interventi agli arti inferiori o problematiche di malallineamento articolare.

Una seconda fase volta a minimizzare la perdita di funzione neuromuscolare dovuta al primo intervento di biopsia cartilaginea ed accompagnare il paziente fino all'intervento di ACL.

Una terza ed ultima fase dopo la ricostruzione cartilaginea che, integrata in un programma riabilitativo specifico, porterà il paziente ad un completo recupero della funzione articolare.

Soprattutto in quest'ultima fase gli esercizi dovranno tener conto delle restrizioni riguardanti il carico ed il ROM, coinvolgere entrambi gli arti inferiori e inserirsi in un contesto funzionale globale volto ad allenare anche i meccanismi di feed-forward, componente essenziale della risposta articolare.

La progressione del riallenamento propriocettivo vedrà l'utilizzo di esercizi di difficoltà crescente sempre più specifici riguardo il singolo caso e lo stato di recupero.

Tali esercizi andranno poi integrati con attività più funzionali, globali e dinamiche volte al recupero di una gestualità complessa e al ritorno alle ADL. Camminare, salire e scendere le scale, e nelle fasi finali saltare e correre diventeranno non solo esercizi specifici ma anche immediati test di valutazione delle abilità recuperate che forniranno un importante feedback funzionale anche al paziente stesso.

Idrochinesiterapia

In una prima fase di recupero, soprattutto se ci troviamo in presenza di restrizioni riguardanti il carico, l'ambiente acqua può rivelarsi un ottimo alleato nel percorso riabilitativo.

Gli esercizi in acqua, infatti, producono un segnale elettromiografico minore rispetto alle stesse attività riproposte a secco, favorendo l'attivazione muscolare a bassa intensità.

La riduzione del carico e la diminuzione delle forze compressive sulle articolazioni dell'arto inferiore, fanno dell'acqua l'ambiente adatto ad un precoce recupero di gesti funzionalmente più completi in assenza di rischi per il neo-impianto cartilagineo. L'inserimento di attività globali o gesti funzionali ancora impossibili all'esterno promuovono l'attività di recupero propriocettivo e favoriscono il lavoro multiarticolare.

Nell'ambito di un approccio biopsicosociale poi, la sensazione di libertà data dall'acqua, che permette ad esempio, in una prima fase, di camminare liberamente senza stampelle crea un notevole vantaggio psicologico, rafforzando la compliance del paziente.

Laser, Ultrasuoni, elettroterapia e biofeedback

Dopo ricostruzione cartilaginea con trapianto di condrociti autologhi vengono spesso proposte sedute di laserterapia o ultrasuoni a bassa intensità al fine di favorire ed accelerare il processo di condrogenesi. In realtà in letteratura non esistono studi che dimostrino tali capacità delle terapie sopracitate riguardo la stimolazione dell'attività dei condrociti in vivo e, di conseguenza non esistono linee guida riguardanti le più comuni terapie fisiche dopo interventi di ACI.

Riguardo all'utilizzo di TENS esistono studi che dimostrano una sostanziale inefficacia di tale stimolazione nella riduzione del dolore in fase post-operatoria. Sembra molto limitata, se non inesistente, l'influenza di tale stimolazione sull'inibizione muscolare artrogenica ai danni del quadricipite.

Alla luce degli studi più recenti, quindi, ultrasuoni, laserterapia, e stimolazione con TENS non sembrano trovare evidenze scientifiche per poter essere inserite in un programma riabilitativo basato sull'EBP.

Diverso il ruolo dell'elettrostimolazione neuromuscolare che potrebbe essere inserita nelle prime fasi di riabilitazione per favorire il reclutamento muscolare e garantire un miglior rinforzo del quadricipite femorale. Con il recupero di una completa contrazione volontaria, però, tale tipo di stimolazione diventa però superflua e sembra non influire positivamente sul rinforzo. L'elettrostimolazione neuromuscolare dovrà quindi essere utilizzata solamente in una fase iniziale con particolare attenzione a pazienti con una ridotta capacità di contrazione volontari, una rilevante storia di dolore pregresso, una precedente debolezza muscolare e poche motivazioni riguardo al recupero funzionale.

L'utilizzo di apparecchiature di Biofeedback per rieducare una contrazione volontaria del quadricipite femorale sembra migliorare la qualità e la durata della contrazione stessa e favorire un migliore attivazione muscolare. Anche se non esistono studi riguardo all'uso di tali apparecchiature dopo interventi di ACI, gli studi esistenti danno risultati favorevoli sia dopo interventi in artroscopia che dopo interventi più complessi come ricostruzione del LCA e artroplastica; situazioni dall'impatto chirurgico paragonabile o addirittura superiore alla metodica presa in esame.

ACI e Terapia Manuale

In letteratura, vista anche la scarsità degli articoli specifici, non esistono studi a supporto dell'utilizzo della terapia manuale dopo interventi di ACI.

Nonostante ciò l'approccio della terapia manuale potrebbe avere un importante impiego sia in fase diagnostica che in fase riabilitativa.

Una buona conoscenza della biomeccanica articolare basata sul modello artrocinematico può essere, come visto in precedenza, un utile strumento su cui basare la propria pratica clinica.

Le manovre valutative che sono alla base dell'impiego della terapia manuale, infatti, permettono di definire eventuali disordini biomeccanici, localizzare eventuali scrosci, valutare la sintomatologia dolorosa, il coinvolgimento delle strutture anatomiche adiacenti e la reattività dei tessuti e quindi di condurre un'attenta analisi su cui basare il proprio percorso riabilitativo.

Purtroppo la terapia manuale viene spesso vista come la mera effettuazione di tecniche o di manipolazioni tralasciandone il basilare aspetto valutativo che poi struttura un "ponte per la terapia" razionale e specifico.

I pochi studi a supporto sostengono comunque che l'esercizio terapeutico unito all'utilizzo di tecniche manuali assicura risultati migliori rispetto al solo esercizio riabilitativo in diverse problematiche riguardanti l'articolazione del ginocchio (19).

In particolare l'utilizzo di tecniche manuali si è dimostrato utile nel ridurre la reattività tissutale, nell'incremento del ROM e nel ripristino del corretto meccanismo di roll e slide articolare.

Dopo l'intervento di ACI vengono inoltre menzionate, in alcuni protocolli riabilitativi, blande tecniche di mobilizzazione manuale utilizzate per prevenire la formazione di aderenze parapatellari senza però fare riferimento a tecniche specifiche.

Conferme indirette dell'efficacia di alcune tecniche manuali ci vengono date comunque dagli studi a supporto della biomeccanica articolare e dei meccanismi di nutrizione e proliferazione condrale.

Infatti, come si può dedurre dalla letteratura, sembra che sia effettivamente possibile influenzare la riparazione cartilaginea tramite manovre di compressione e che i movimenti passivi, creando modificazioni di flusso del liquido sinoviale, stimolino l'attività dei condrociti.

Nel recupero del ROM, inoltre si fa spesso riferimento ai movimenti accessori di rotazione e slide tibiale, caratteristiche cinematiche ormai assodate che sono alla base delle tecniche manuali.

Vista l'importanza di una mobilizzazione passiva specifica, monitorata e graduale, soprattutto nelle prime fasi di riparazione, si potrebbe pensare all'utilizzo di tecniche di terapia manuale, in quanto l'utilizzo di apparecchi per CPM potrebbe risultare a dir poco generico.

Programma riabilitativo dopo ACI

Nello studio di Hambly et al. (6) viene proposto un programma di riabilitazione postoperatorio (figura 3).

Basandosi sulle attuali conoscenze biologiche della riparazione condrale e sui corrispondenti goals riabilitativi suddivide tale programma in sei fasi che coprono un lasso di tempo superiore alle 78 settimane.

Tale programma riassume obiettivi, modalità e criteri di progressione alla fase successiva per ognuna delle sei suddivisioni.

Nello studio si precisa inoltre che la suddivisione temporale indicata, naturalmente, può subire considerevoli variazioni a seconda del caso specifico.

Nell'attuazione del programma il terapeuta dovrà apportare eventuali modifiche in base alla localizzazione e l'entità del danno, l'età, l'attività svolta, le concomitanti procedure chirurgiche e la richiesta funzionale del paziente.

Il passaggio alla fase successiva non sarà dettato dunque dalla mera suddivisione temporale, ma basato sul raggiungimento degli obiettivi riguardanti la fase precedente.

Ancora una volta l'unicità del percorso riabilitativo dovrà rimanere predominante rispetto ad un comunque utile strumento di programmazione che permetta al team riabilitativo di visualizzare gli obiettivi comuni.

Postoperative Timelines for ACI Rehabilitation Based on
Biology of Healing and Corresponding Therapy Goals,
Modalities, and Criteria for Progression^a

PHASE I: RECOVERY AND PROTECTION (WEEKS 0-4)

Biology: cell attachment, inflammation, and proliferation

Therapy goals

- Protect healing tissue from load and shear forces and allow cell adherence
- Restore joint homeostasis (for relative rest situation)
- Prevent adhesions
- Restore full passive knee extension
- Gradually increase pain-free knee flexion
- Ensure safe transfers at home and for transportation
- Regain quadriceps control

Modalities

- Education/coaching
- Cryotherapy, elevation, and compression
- Continuous passive motion
- Active ROM exercises (joint circulation exercises: ankle pumps, heel slides, hip extension and abduction)
- Weightbearing control with crutches for ADL
- Bracing (postoperative or functional unloading) as indicated
- Quadriceps setting
- Patellar mobilization
- Biofeedback and electrical muscle stimulation as indicated

Criteria for progression to next phase

- Minimal pain and swelling, able to perform daily joint circulation exercises
- Surgical incisions healed
- Full passive knee extension and voluntary quadriceps activity
- Active, pain-free knee flexion of 90°
- Earliest time for progression to next phase: 4 weeks postoperatively

PHASE II: INAUGURATION (WEEKS 4-8)

Biology: cell differentiation and start of maturation phase

Therapy goals

- Restore joint homeostasis (for daily joint circulation exercises)
- Increase pain-free ROM (local stretching of the joint capsule is acceptable)
- Maintain full extension
- Ensure safe transfers at home and for transportation
- Gradually increase weightbearing for protection of repair
- Gain quadriceps control in safe, multiangle CKC exercises

Modalities

- Education/coaching
- Active ROM exercises (joint circulation exercises: heel slides, stationary rowing [no resistance], or bicycle [minimal resistance])
- Balance for control of weightbearing for ADL (with brace if indicated)
- Continued bracing (postoperative or functional unloading) as indicated
- Quadriceps isometric multiangle control and coordination
- Quadriceps setting

- Gluteus maximus, medius, and minimus retraining
- Patellar and soft tissue mobilization
- Biofeedback and electrical muscle stimulation as indicated
- Hydrotherapy for gait coordination and joint circulation exercises

Criteria for progression to next phase

- Minimal pain and swelling and voluntary quadriceps activity
- Full passive knee extension
- Active, pain-free knee flexion of >110°
- Ability to perform daily joint circulation exercises for at least 30 minutes within homeostasis
- Earliest time for progression to next phase: 6 weeks postoperatively

PHASE III: MATURATION (WEEKS 8-12)

Biology: cell differentiation and maturation

Therapy goals

- Restore joint homeostasis (for light functional exercises)
- Gain full, active, pain-free ROM (local stretch of the joint capsule is acceptable)
- Ensure safe transfers at home and for transportation
- Gradually increase weightbearing for protection of repair
- Increase quadriceps strength in safe, multiangle CKC exercises
- Regain quadriceps control in FROM CKC exercises
- Gradually increase ADL
- Regain optimal coordination for walking, stair climbing/descending, and transfers

Modalities

- Education/coaching
- Active ROM exercises (no resistance over repaired zone and light resistance in safe ranges)
- FWB control in exercise conditions (balance, mat, sport- and occupation-specific)
- Weaning off bracing and/or crutches
- Feed-forward exercises for coordination in multidirectional tasks
- Quadriceps settings
- Gluteus maximus, medius, and minimus retraining and strengthening
- Patellar and soft tissue mobilization
- Biofeedback and electrical muscle stimulation as indicated
- Hydrotherapy for gait coordination and endurance

Criteria for progression to next phase

- Minimal pain and swelling
- Full passive knee extension and voluntary quadriceps activity
- Active, pain-free knee flexion of >110°
- Able to walk 1-2 miles or stationary bicycle/rowing (light resistance) for 30 minutes within homeostasis
- Earliest time for progression to next phase: 10 weeks postoperatively

PHASE IV: INTEGRATION (WEEKS 12-26)

Biology: maturation and integration

Therapy goals

- Restore joint homeostasis (for intense low-impact exercises)
- Ensure safe static postures

- Increase lower-limb strength through FROM in CKC
- Gradually increase training load and volume
- Maintain joint circulation exercises (3 or more times/wk)

Modalities

- Education/coaching
- Active ROM exercises with light resistance in safe ranges
- Balance exercises in challenging postures (balance, trampoline, flip boards, sport- and occupation-specific)
- Feed-forward and feedback exercises for coordination in multidirectional open tasks
- Hydrotherapy for gait coordination and endurance
- Strength training (light resistance over repaired zone and full resistance over other areas)

Criteria for progression to next phase

- No pain or swelling after intense low-impact exercises
- Full, pain-free ROM
- Able to perform daily joint circulation exercises for at least 60 minutes within homeostasis
- Earliest time for progression to next phase: 12 weeks postoperatively

PHASE V: FUNCTIONAL ADAPTATION (WEEKS 26-52+)

Biology: maturation and integration

Therapy goals

- Restore joint homeostasis (for impact exercises longer than 30 minutes)
- Ensure safe dynamic postures
- Aim for unrestricted ADL
- Gradually increase lower-limb strength in range of repair (OKC and CKC)
- Maintain training intensity, load, and volume
- Maintain joint-circulation exercises (daily)
- Prevent future damage/injury
- Continually improve comfort and confidence in knee

Modalities

- Education/coaching
- Active ROM exercises: light resistance, full range
- Balance exercises in challenging, coordinative tasks (balance, trampoline, flip boards)
- Hydrotherapy for general endurance
- Sport-specific agility training (unidirectional, noncontact)
- Strength training (full resistance over repaired zone)

Criteria for progression to next phase

- No pain or swelling after impact exercises longer than 30 minutes
- Full, pain-free ROM
- Graft is able to withstand the specific demands of the activity, as assessed by sport-specific functional testing
- Patient is motivated to return to sport
- Earliest time for progression to next phase: 26 weeks postoperatively

PHASE VI: RETURN TO SPORTS (WEEKS 26-78+)

Biology: maturation and integration

Therapy goals

- Restore joint homeostasis (for specific sports activities)
- Maintain safe dynamic postures
- Aim for unrestricted sport (at same or lower level)
- Restore symmetry, including lower-limb strength and flexibility
- Increase training intensity, load, and volume
- Prevent further damage/injury
- Restore confidence in knee
- Restore competition fitness

Modalities

- Education/coaching
- Active ROM exercises: unrestricted resistance, full range
- Sport-specific agility training (multidirectional, contact)
- Balance exercises in challenging, sport-specific coordinative tasks
- Hydrotherapy for cardiovascular fitness
- Pre-sports conditioning (circuits)
- Functional strength training

Criteria for progression to increased work load

- No pain or swelling after specific sports activities
- Full, pain-free ROM
- Graft is able to withstand the specific demands of the sport
- Earliest time for return to sports: 26 weeks postoperatively for lower-impact activities and 52 weeks postoperatively for higher-impact activities

Figura 3. Protocollo riabilitativo tratto dallo *Studio di Hambly et al.* (6)

Ritorno allo sport

Data l'incertezza che contraddistingue, allo stato attuale, la riabilitazione dopo interventi di ricostruzione cartilaginea con ACI il ritorno all'attività sportiva rappresenta un'ulteriore incertezza.

In uno studio di Mithofer et al. (12), nonostante il 72% dei 45 giocatori di calcio presi in esame avessero ottenuto eccellenti risultati nel recupero funzionale del ginocchio, solo il 33% di loro riuscì a ritornare a giocare.

Non esistono al momento misure di outcome precise per il ritorno all'attività sportiva.

Attività a basso impatto, come nuotare, andare in bicicletta o giocare a golf, possono essere usualmente riprese dopo 6 mesi dall'intervento.

Per quanto riguarda sport ad alto impatto, come corsa, arti marziali e sport di squadra, gli attuali programmi pongono un limite temporale variabile tra i 12 e i 18 mesi. Nello specifico caso bisognerà sempre considerare e valutare se il neo impianto sarà in grado di sostenere la richiesta funzionale dello sport praticato e se il percorso riabilitativo del paziente potrà permettergli un ritorno sicuro all'attività sportiva.

Qualora il ritorno all'attività sportiva fosse l'obiettivo primario del paziente sarà importante inserire nel percorso riabilitativo attività funzionali correlate allo sport prescelto ed allenare i relativi gesti sportivi più frequenti.

Conclusioni

Dall'analisi della letteratura possiamo affermare che le ricerche riguardo la riabilitazione dopo interventi di chirurgia con ACI sono ancora insufficienti.

Dato l'incremento della chirurgia ricostruttiva con ACI, anche la riabilitazione dopo tali interventi può essere definita in continua crescita.

In un recente futuro, nuove acquisizioni riguardo la biologia dei condrociti permetteranno di capire come tutelare al meglio il sito di riparazione e le nuove tecniche chirurgiche permetteranno interventi con un impatto sempre minore sulla funzione articolare.

Ad oggi, comunque, la riabilitazione dopo interventi di ACI deve tener conto di molte variabili riguardanti sia l'aspetto chirurgico che il singolo caso.

Essendo ancora in fase embrionale la riabilitazione dopo ACI non può permettersi di accelerare i tempi a discapito della salvaguardia del neo impianto.

Un'adeguata conoscenza della biomeccanica articolare, del sito di lesione, della tecnica chirurgica e della storia clinica del paziente possono fornire una buona base di partenza.

Partendo da tale base, il terapeuta, attingendo alle varie risorse a disposizione, dovrà proporre esercizi ed attività correlate alla progressione funzionale.

Le poche basi scientifiche a nostra disposizione riguardanti la biomeccanica articolare e il comportamento del tessuto cartilagineo sembrano condurre verso un utilizzo crescente della terapia manuale.

Data la mancanza di linee guida generali, una EBP specifica dovrà basarsi su di una attenta valutazione articolare e, anche in tale fase, la terapia manuale fornisce una base adeguata.

Dopo aver individuato le strutture coinvolte e ragionato sulle strategie di protezione del sito di riparazione, la terapia manuale può fornire un approccio graduale e specifico basato sul *cockpit model*.

Come dimostrato dagli studi sopracitati, la terapia manuale potrà, inoltre, favorire il recupero del ROM articolare agendo sulle componenti di rotazione e slide tibiale.

Purtroppo l'insufficienza delle fonti non permette ulteriori valutazioni riguardo l'utilizzo della terapia manuale dopo interventi di ricostruzione cartilaginea con ACI, ma essendo entrambi due settori in crescita, l'uno nell'ambito chirurgico e l'altro nell'ambito riabilitativo, si può auspicare in un futuro impiego maggiormente supportato da studi a riguardo.

Bibliografia

1. ALFORD JW, COLE BJ.
Cartilage restoration, part 1: basic science, historical perspective, patient evaluation, and treatment options. *Am J Sports Med.* 2005; 33: 295 – 306.
2. ALFORD JW, COLE BJ.
Cartilage restoration, part 2: techniques, outcomes, and future directions. *Am J Sports Med.* 2005; 33: 443-460
3. ALFREDSON H, LORENTZON R.
Superior results with continuous passive motion compared to active motion after periosteal transplantation. A retrospective study of human patella cartilage defect treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999; 7(4): 232-8.
4. ARØEN A, LØKEN S, HEIR S, ALVIK E, EKELAND A, GRANLUND OG, ENGBRETSSEN L.
Articular cartilage lesions in 993 consecutive knee arthroscopies. *Am J Sports Med.* 2004 Jan-Feb; 32(1): 211-5.
5. BURSTEIN D, BASHIR A, GRAY ML.
MRI techniques in early stages of cartilage disease. *Invest Radiol.* 2000 Oct; 35(10): 622-38. Review.
6. HAMBLY K, BOBIC V, WONDRASCH B, VAN ASSCHE D, MARLOVITS S.
Autologous chondrocyte implantation postoperative care and rehabilitation: science and practice. *Am J Sports Med.* 2006 Jun; 34(6): 1020-38. Epub 2006 Jan 25. Review.
7. HO YY, STANLEY AJ, HUI JH, WANG SC.
Postoperative evaluation of the knee after autologous chondrocyte implantation: what radiologists need to know. *Radiographics.* 2007 Jan-Feb; 27(1): 207-20; discussion 221-2. Review.
8. JAMES SL, CONNELL DA, SAIFUDDIN A, SKINNER JA, BRIGGS TW.
MR imaging of autologous chondrocyte implantation of the knee. *Eur Radiol.* 2006 May; 16(5): 1022-30. Epub 2006 Jan 25. Review.
9. MARLOVITS S, STRIESSNIG G, KUTSCHA-LISSBERG F, RESINGER C, ALDRIAN SM, VÉCSEI V, TRATTNIG S.
Early postoperative adherence of matrix-induced autologous chondrocyte implantation for the treatment of full-thickness cartilage defects of the femoral condyle. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005 Sep; 13(6): 451-7. Epub 2004 Oct 16.
10. MASCIOCCHI C, BARILE A, LELLI S, CALVISI V.
Magnetic resonance imaging (MRI) and arthro-MRI in the evaluation of the chondral pathology of the knee joint. *Radiol Med (Torino).* 2004 Sep; 108(3): 149-58. Review. English, Italian
11. MCGINTY G, IRRGANG JJ, PEZZULLO D.
Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000 Mar; 15(3): 160-6. Review.
12. MITHÖFER K., PETERSON L., MANDELBAUM B., MINAS T.
Articular cartilage repair in soccer players with autologous chondrocyte

- transplantation: functional, outcome and return to competition. *Am J Sports Med.* 2005; 33: 1639-1646
13. POLSTER J, RECHT M. Postoperative MR evaluation of chondral repair in the knee. *Eur J Radiol.* 2005 May; 54(2): 206-13. Review.
 14. SARIS DB, VANLAUWE J, VICTOR J, HASPL M, BOHNSACK M, FORTEMS Y, VANDEKERCKHOVE B, ALMQVIST KF, CLAES T, HANDELBERG F, LAGAE K, VAN DER BAUWHEDE J, VANDENNEUCKER H, YANG KG, JELIC M, VERDONK R, VEULEMANS N, BELLEMANS J, LUYTEN FP.
Characterized chondrocyte implantation results in better structural repair when treating symptomatic cartilage defects of the knee in a randomized controlled trial versus microfracture. *Am J Sports Med.* 2008 Feb; 36(2): 235-46.
 15. SHAH MR, KAPLAN KM, MEISLIN RJ, BOSCO JA 3RD
Articular cartilage restoration of the knee. *Bull NYU Hosp Jt Dis.* 2007; 65(1): 51-60. Review.
 16. TRATTNIG S, MILLINGTON SA, SZOMOLANYI P, MARLOVITS S.
MR imaging of osteochondral grafts and autologous chondrocyte implantation. *Eur Radiol.* 2007 Jan; 17(1): 103-18. Epub 2006 Jun 27. Review
 17. TSOU IY, YEGAPPAN M, ONG WS, GOH PO, TAN JL, CHEE TS.
Cartilage injury and repair: assessment with magnetic resonance imaging. *Singapore Med J.* 2006 Jan; 47(1): 80-7; quiz 88. Review.
 18. TUAN RS
A second-generation autologous chondrocyte implantation approach to the treatment of focal articular cartilage defects. *Arthritis Res Ther.* 2007; 9(5): 109.
 19. VAN DEN DOLDER PA, ROBERTS DL.
Six sessions of manual therapy increase knee flexion and improve activity in people with anterior knee pain: a randomised controlled trial. *Aust J Physiother.* 2006; 52(4): 261-4.
 20. VANWANSEELE B, LUCCHINETTI E, STÜSSI E.
The effects of immobilization on the characteristics of articular cartilage: current concepts and future directions. *Osteoarthritis Cartilage.* 2002 May; 10(5): 408-19. Review
 21. WIDUCHOWSKI W, WIDUCHOWSKI J, TRZASKA T.
Articular cartilage defects: study of 25,124 knee arthroscopies. *Knee.* 2007 Jun; 14(3): 177-82. Epub 2007 Apr 10.