



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA



Università degli Studi di Genova

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici

A.A. 2010-2011

Campus Universitario di Savona

Interventi di rigenerazione condrale del ginocchio: implicazioni per la riabilitazione

Candidato:

Salice Massimiliano

Relatore:

Francini Luca

“Bisognerebbe avere l’umiltà di imparare da chiunque”
Professor Guido Rovetta

Indice

<u>abstract</u>	pag 4
<u>introduzione</u>	pag 5
<u>materiali e metodi</u>	pag 6
<u>risultati</u>	pag 7
<u>discussione</u>	pag 8
<u>cartilagine articolare</u>	pag 8
<u>trattamenti</u>	pag 11
<u>protocollo riabilitativo</u>	pag 19
<u>conclusioni</u>	pag 28
<u>bibliografia</u>	pag 29
<u>appendice</u>	pag 32

Abstract

Obiettivi: Lo scopo di questa tesi consiste nel indagare la letteratura circa lo stato dell'arte delle tecniche chirurgiche rivolte ai difetti condrali dell'articolazione del ginocchio e delle relative implicazioni riguardanti gli interventi riabilitativi a riguardo e constatare se nuove tecniche chirurgiche abbiano portato a un rinnovamento delle procedure riabilitative stesse.

Materiali e metodi: La ricerca è stata effettuata online sui database informatici PubMed e SagePub senza inserire alcun limite relativo alla tipologia di studio, all'anno di pubblicazione o alla lingua utilizzata.

Le parole chiave impiegate sono state: “articular cartilage”; “cartilage desase”; “cartilage repair”; “chondroplasty”; “rehabilitation knee” e le loro combinazioni possibili attraverso gli operatori booleani

Risultati: Sono stati inclusi articoli in lingua italiana e inglese dal 1988 a oggi in full free text e l'esclusione degli articoli è avvenuta partendo dalla semplice lettura del titolo, poi dell'abstract e dell'articolo per intero. Ulteriori articoli sono stati raccolti in maniera differente rispetto ai metodi esposti precedentemente ed è stato utilizzato materiale personale.

Conclusioni: La riabilitazione a seguito di intervento per problematiche riguardanti la cartilagine articolare non è ancora supportata da una consistente letteratura. Nuove tecniche riparative quali l'utilizzo di cellule staminali indifferenziate autologhe dal midollo osseo o l'utilizzo di matrici tridimensionali sintetiche o di derivazione equina de-immunizzata sono ancora in fase di studio pertanto non rimane che affidarsi all'esperienza e a uno stretto rapporto con il chirurgo e con il paziente. La nostra linea guida sarà la fase in essere di guarigione del tessuto.

Introduzione

La cartilagine articolare è un tessuto connettivo altamente specializzato che grazie alle sue proprietà viscoelastiche ammortizza i colpi e i carichi durante tutte le attività quotidiane.

Per diversi fattori, interni o esterni, può andare in contro a traumi lesivi o degenerativi e a causa della sua anatomia la rigenerazione spontanea è insufficiente per una guarigione funzionale.

Questo lavoro ha lo scopo di analizzare lo stato dell'arte riguardo il trattamento chirurgico di ricostruzione cartilaginea e le conseguenze legate alla riabilitazione che ne seguono.

A tale scopo sono stati utilizzati motori di ricerca quali Pedro e Pubmed e sono state utilizzate le parole chiave : “articular cartilage”; “cartilage disease”; “cartilage repair”; “chondroplasty”; “rehabilitation knee” restringendo la ricerca ad articoli e revisioni in lingua inglese e italiana dal 1988 al 2012.

Materiali e metodi

La ricerca è stata effettuata online sui database informatici PubMed e SagePub senza inserire alcun limite relativo alla tipologia di studio, all'anno di pubblicazione o alla lingua utilizzata in modo da reperire il maggior numero di articoli.

Le parole chiave impiegate sono state: “articular cartilage”; “cartilage disease”; “cartilage repair”; “chondroplasty”; “rehabilitation knee” e le loro combinazioni possibili attraverso gli operatori booleani

Criteri di inclusione

Sono stati inclusi nello studio articoli in lingua italiana e/o inglese, successivi all'anno 1988, dei quali era ottenibile la versione in free full text.

Criteri di esclusione

Sono stati esclusi dallo studio gli articoli in lingua diversa dall'italiano e dall'inglese; gli articoli dei quali era impossibile ottenere la versione full text gratuita; gli articoli il cui titolo non faceva riferimento alla cartilagine articolare.

Gli articoli sono stati selezionati in base a una prima lettura del titolo successivamente ho apportato un'ulteriore scrematura con la lettura dell'abstract.

Reperito l'articolo full text l'ultima selezione è avvenuta in seguito alla lettura degli articoli per intero.

Ulteriori articoli sono stati reperiti in maniera diversa : ricerca specifica di articoli rinvenuti all'interno della bibliografia di articoli selezionati e di materiale personale; materiale ricevuto durante il Master in Riabilitazione dei Disordini Muscoloscheletrici.

Sono stati selezionati 26 articoli per la stesura di questa revisione.

Risultati

Sono stati inclusi articoli in lingua italiana e inglese dal 1988 a oggi in full free text e l'esclusione degli articoli è avvenuta partendo dalla semplice lettura del titolo, poi dell'abstract e dell'articolo per intero. Ulteriori articoli sono stati raccolti in maniera differente rispetto ai metodi esposti precedentemente ed è stato utilizzato materiale personale.

I 26 articoli selezionati trattano i seguenti argomenti:

- 17 studi prendono in considerazione le diverse tecniche chirurgiche, singolarmente o in combinazione;
- 9 indagano aspetti del trattamento riabilitativo: concessione del carico; utilizzo dell'elettrostimolazione come incentivo al reclutamento muscolare e al recupero della forza; effetti dell'immobilizzazione piuttosto che della mobilizzazione sulla cartilagine operata.

Discussione

Cartilagine articolare

Nelle articolazioni sinoviali, le superfici che si oppongono l'una all'altra sono costituite da cartilagine articolare di colorito bianco-bluastro.

La cartilagine articolare è costituita da diverse componenti:

la sostanza fondamentale o matrice che contiene proteoglicani e catene di amminoacidi i quali aiutano a migliorare la nutrizione, la diffusione, la sintesi e gli eventi bioelettrici che avvengono nella cartilagine articolare. Contribuiscono, inoltre, alla tensione passiva della cartilagine stessa, nel resistere al carico compressivo.

Durante i periodi di immobilizzazione, il contenuto di proteoglicani misurabile nella sostanza intercellulare si riduce. Durante il carico in compressione prolungato, le molecole dei proteoglicani aumentano di dimensioni e in carica negativa. Questi eventi agiscono per produrre una maggior forza repellente che contrasti la compressione;

le fibre collagene, di cui il 90-95% sono di tipo II, migliorano le proprietà idrofile e glicolitiche della cartilagine articolare, così come la sua resistenza alla rottura:

i condroblasti/condrociti, la cui funzione è sintetizzare la cartilagine articolare. Negli adulti tale processo avviene principalmente in modo anaerobico, con l'aiuto dei processi di diffusione del liquido sinoviale.

La cartilagina articolare è costituita da vari strati di cellule che si muovono tra loro e sostengono il carico. Distribuzione di carico e deformazione riducono il carico sull'osso subcondrale oltre a fornire alla cartilagine forza passiva, durezza, un basso coefficiente d'attrito, picchi di sollecitazione minimizzati, elasticità, permeabilità e insensibilità (il tessuto cartilagineo è avascolare e aneurale).

Le cellule degli strati superficiali sono semipermeabili, cosa che aiuta la lubrificazione e il trasporto dei nutrienti per mezzo della diffusione e di conseguenza agiscono per ridurre l'usura della superficie. Questo strato è ricco di collagene e acqua e povero di proteoglicani.

La zona di transizione della cartilagine è quella regione in cui le forze di traslazione, a cui sono sottoposti gli strati superficiali, sono trasformate in forze di compressione

quando le superfici articolari scorrono l'una sull'altra. La conseguenza è una migliore distribuzione delle forze che sostengono il carico su un'area maggiore. Vi è presente una buona percentuale di condrociti attivi.

Gli strati più profondi contengono cellule che agiscono come le molle di un materasso, saldamente legate tra loro, con il compito di ammortizzare le forze e di migliorare la permeabilità alla base della nutrizione. Qui ci sono condrociti che hanno un'attività metabolica 10 volte superiore rispetto gli strati precedenti

Esiste anche una zona calcificata, nella quale si verifica la transizione dalla soffice cartilagine articolare all'osso subcondrale.

A causa di traumi, sovraccarichi, patologie, usura e strappi si possono verificare difetti a pieno spessore della cartilagine delle articolazioni sinoviali. Quindi, sostanze chimiche allojeniche e mediatori infiammatori possono rendere sensibili i nocicettori dell'osso subcondrale, producendo dolore. Inoltre, come conseguenza dell'aumentata pressione intraossea, si potrebbero verificare collassi delle arteriole dell'osso subcondrale, che determinano osteonecrosi e dolore¹.

La cartilagine articolare quando viene sottoposta a un carico costante, per via delle sue proprietà meccaniche di viscoelasticità, si deforma. In base al tipo di deformazione possiamo registrare due tipi di fenomeno:

- *creep behaviour* (comportamento a cedimento) sotto uno stress mantenuto nel tempo il tessuto cede (*fisicamente*: essudazione del liquido interstiziale) e si adatta opponendo meno resistenza;
- *stress relaxation* sotto uno stress mantenuto nel tempo il tessuto si deforma (*fisicamente* redistribuzione del liquido all'interno della matrice).

La cause di lesione cartilaginea hanno origine multifattoriale. La causa più frequente è rappresentata dall'osteoartrosi idiopatica, malattia reumatica degenerativa. Se ne possono distinguere due tipologie:

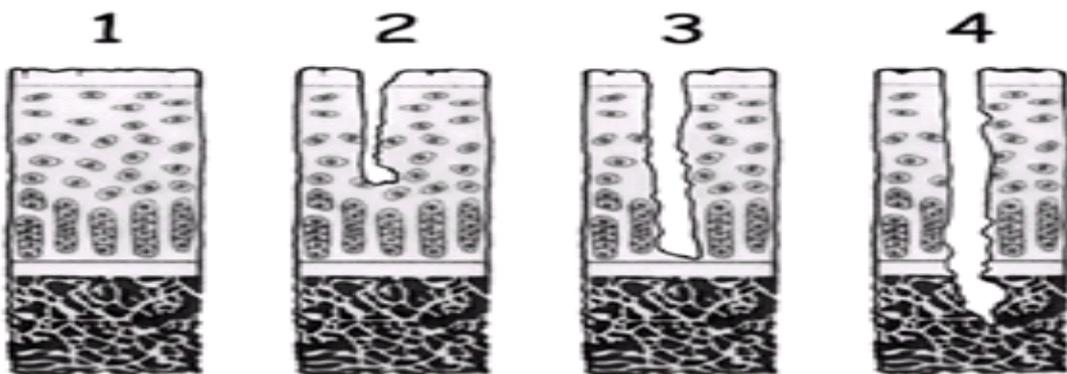
¹Maitland

- primarie (essenziale)
- secondarie, determinate cioè da un'alterazione congenita(displasia d'anca, coxa vara, iperlassità legamentosa) o acquisita endo/esoarticolare che predispone o conduce all'OA.

Il processo artrosico prevede un'alterazione della cartilagine articolare in seguito alla quale si verifica una riduzione della rima articolare a cui l'osso reagisce creando osteofiti e successiva sclerosi dell'osso subcondrale

Esistono diversi metodi di classificazione delle lesioni osteocondrali o cartilaginee

- sistemi in gradi : *Outerbridge; Insall & Al 1976; Hungerford and Ficat 1977; Casscells 1982; Bandi 1982; Bentley & Al 1984; Dandy 1987; Noyes and Stabler 1989.*
- sistemi descrittivi: *Goodfellow & Al 1976; Bauer & Jackson 1988; Dzioba 1988; Maiotti & Campi 1990.*
- sistemi misti: *Lewandrowski 1996; ICRS 2000.*



Classificazione delle lesioni cartilaginee secondo l' ICRS:

- un grado 0 (normale)
- un **grado 1** (quasi normale: lesione superficiale)
- un **grado 2** (anormale: lesione estesa fino a <50% dello spessore della cartilagine)
- un **grado 3** (molto anormale: difetto >50%)
- un **grado 4** (molto anormale: lesione osteocondrale con esposizione dell'osso subcondrale)

Trattamenti

La cartilagine articolare è un tessuto avascolare; le possibilità di fallimento sono elevate proprio per la fragilità intima di questo tessuto.

Obiettivi fondamentali di qualsiasi trattamento sono il ripristino della funzionalità intrinseca della struttura, la riduzione della sintomatologia e un miglioramento della qualità di vita quotidiana della persona.

Trattamento Conservativo

Una differenza macroscopica tra l'approccio conservativo e l'approccio chirurgico è senza dubbio l'evidenza che il primo si rivolge alla persona attraverso mille campi sui quali misurarsi e amministrarsi mentre il secondo è più limitato a un lavoro di bottega. Il fisioterapista, e altri professionisti della salute, può affrontare il problema attraverso il rinforzo muscolare ; l'allungamento tissutale; il lavoro aerobico. Fondamentali le tecniche di mobilizzazione articolare con stress capsulare (a funzione di pompaggio per il liquido sinoviale). Importante educare il paziente a quello che è il suo problema principale e quali eventuali secondari e indirizzarlo a eventuali modifica di stile di vita o abitudini.

Altre terapie sono quelle di tipo farmacologico con l'utilizzo di FANS come l'Acido acetilsalicilico o i corticosteroidi; o le iniezioni intrarticolari di acido ialuronico o ancora corticosteroidi.

Trattamento chirurgico

Esistono diverse tipologie di trattamento per danni cartilaginei e la scelta di quale sia il più opportuno viene fatta in relazione alla tipologia della lesione, all'età e alle abitudini del paziente e al grado di perizia del chirurgo o alle sue convinzioni circa tale tecnica o tal'altra.

Le opzioni chirurgiche per il trattamento delle lesioni condrali sono essenzialmente di due tipi:

- interventi chirurgici riparativi, cioè che non ripristinano la microarchitettura della cartilagine ma sono in grado di alleviare i sintomi;
- interventi chirurgici rigenerativi, che invece hanno l'obiettivo teorico di ricreare la microarchitettura della cartilagine e il ripristino totale della funzione fisiologica e biomeccanica

Le indicazioni migliori per il trattamento delle lesioni condrali sono:

- ~ età inferiore ai 50 anni;
- ~ lesione traumatica;
- ~ grado 3-4 della classificazione dell' ICRS;
- ~ 2-4cmq di estensione;
- ~ assenza di deviazioni assiali;
- ~ assenza di lesione del LCA;
- ~ assenza di lesioni meniscali.

Brevemente di seguito le tecniche chirurgiche:

Tecniche di stimolazione del midollo osseo

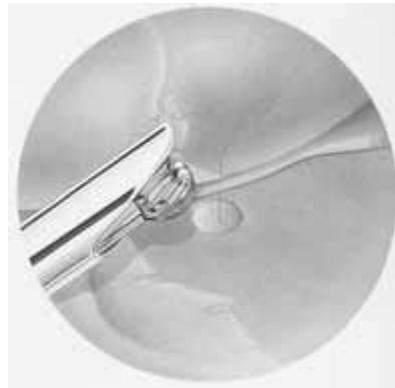
Abrasioni artroplastiche, foratura e micro-fratture sono tutte tecniche di riparazione midollo-stimolanti. Questi metodi mirano a bucare l'osso subcondrale inducendo in tal modo il sanguinamento presso il sito di difetto e permettendo la formazione di un coagulo di sangue. Il coagulo contiene cellule mesenchimali pluripotenti del midollo osseo destinate a differenziarsi in fibroblasti. Il tessuto neoformato sarà una variegata miscela di collagene di tipo I (in maggior parte), II e III con conseguenti ovvie differenze nelle proprietà meccaniche rispetto all'originale cartilagine ialina articolare riuscirà nel migliore dei casi solamente a ritardare il processo degenerativo.

Abrasiono artroplastica (o sbrigliamento)

La cartilagine che circonda le lesioni sintomatiche è solitamente fibrillata e non funzionale. Lo sbrigliamento chirurgico consiste nell'asportazione locale di questa intera area di cartilagine instabile nella speranza di formazione di nuovo tessuto a partire dalla base ossea della lesione provocata (non arriva però all'osso subcondrale).

L'artroplastica dell'abrasione è stata descritta nel trattamento delle ginocchia osteoartrosiche prima di arrivare alla sostituzione totale del ginocchio ma gli studi recenti hanno riportato conclusioni contrastanti e più recentemente un esame di Cochrane ha confermato che non è efficace nel trattamento di OA.

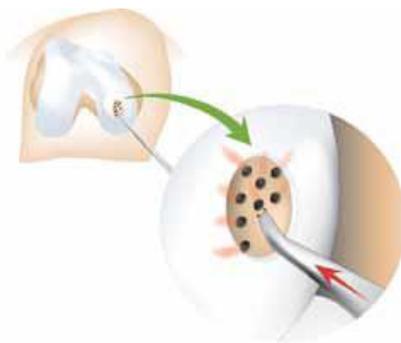
All'atto pratico l'uso dello sbrigliamento viene combinato con le tecniche riparatrici (micro-frattura) per provare a migliorare il tessuto di superficie.



Abrasiono

Foratura e Micro-frattura

Come potremmo paragonare il debridement a una sbucciatura, un graffio superficiale, possiamo affiancare foratura e micro-fratture all'idea di un taglio profondo. La differenza che salta immediatamente all'occhio è la portata di sangue riparatore. Per mezzo di queste tecniche si attraversa il tidemark (linea di transizione tra zona profonda e zona calcificata) e l'osso subcondrale mettendo in comunicazione la zona vascolarizzata con la sede di lesione.



Microfrattura

Trapianto di cellule cartilaginee

L'impianto autologo di condrociti (ACI) è una delle tecniche più utilizzate per provare a generare cartilagine riparatrice. I condrociti vengono prelevati da zone poco sottoposte a carichi eccessivi, messi in cultura e impiantati nella zona di lesione allo scopo di produrre una nuova matrice pseudocartilaginea.

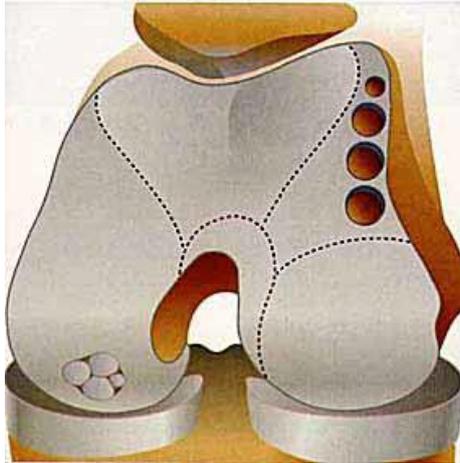
Questo tipo di tecnica è indicata soprattutto per le lesioni sintomatiche femorali che hanno avuto precedente fallimentare esperienza con tecniche alternative.

Si possono oltremodo utilizzare per il trapianto cellule autologhe di altro tipo derivanti da altro connettivo (muscolatura, pelle) che sottoposte a trattamento di crescita, amalgamate da specifici fattori ambientali vengono spinte a differenziarsi in simil-condrociti che produrranno la nuova cartilagine (avente comunque caratteristiche viscoelastiche differenti dall'originale).

Innesti osteocondrali a mosaico

Varie spine osteocondrali di forma cilindrica vengono prelevate dalla periferia di entrambi i condili femorali e vengono inserite in fori precedentemente eseguiti nella sede di lesione a mo' di piccole piastrelline (stile mosaico).

Questo tipo di tecnica può essere eseguita in artroscopia o a cielo aperto.



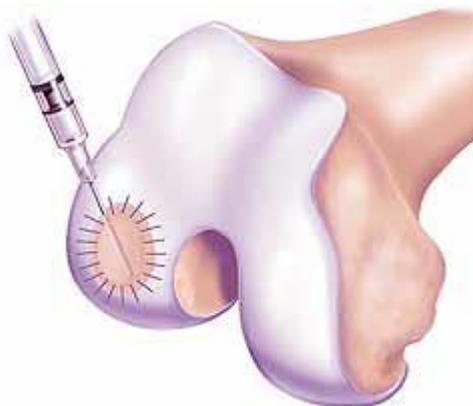
Mosaicoplastica

Innesti osteocondrali eterologhi

La tecnica è la medesima e i vantaggi consistono nell'assenza di morbidità correlata alla preparazione dell'innesto la capacità di ricoprire ampie lesioni.

Impianto di condrociti matrice

L'impianto di condriciti coltivati in vitro con l'aggiunta di matrice biologica o sintetica (MACI) è una delle ultime tecniche riparative. Invece di un'iniezione di condrociti coltivati sotto una tasca, le cellule sono pre-caricate sopra un patch di collagene suina. In un secondo momento la patch viene tagliata manualmente delle dimensioni della lesione e messa a copertura. Viene tenuta in loco da colla o eventualmente suture.



Osteotomia

L'osteotomia è una tecnica di allineamento correttivo del ginocchio utilizzata soprattutto in quei casi di osteoartrosi monocompartimentale. Consiste nella rimozione di un segmento osseo o nell'inserimento di un cuneo osseo o di materiale sostitutivo.

Diversi documenti sono stati pubblicati circa il benefico utilizzo dell'osteotomia in associazione alla riparazione cartilaginea con funzione di scarico della zona di reinnesto.

(9)

Nuove prospettive chirurgiche

Dal testo "Riab. post ch del pz ortopedico" : Cattaneo G. e Galletto L.

L'ingegneria tissutale prevede procedure di rigenerazione dei tessuti mediante cellule staminali indifferenziate autologhe dal midollo osseo inserite su supporti che, con l'utilizzo di fattori di crescita prelevati dalla centrifugazione del siero del paziente, si differenziano nelle cellule del tessuto specifico da riparare. Queste applicazioni possono essere utilizzate per piccole lesioni al di sotto dei 4 cmq di grado 4 secondo l'ICRS. Nelle lesioni più ampie, è interessante l'utilizzo di matrici tridimensionali sintetiche o di derivazione equina de-immunizzata che mimano l'intero comparto anatomico osteocartilagineo : cartilagine, tidemark (zona di transizione tra tra gli strati profondo e calcificato) dell'osso subcondrale.

Questi supporti vengono impiantati in sede di lesione previo curettage della lesione per assicurare un corretto apporto di sangue midollare. In tempi variabili, dai 4 ai 6 mesi, grazie alle proprietà biomimetiche e per gradiente di porosità si riesce a ottenere una riabilitazione dell'impianto con osso e cartilagine. I risultati clinici sono ancora in fase di studio.

Gli innesti eterologhi osteocondrali possono essere utilizzati per le lesioni a tutto spessore più ampie (maggiori di 10 cmq) dopo il fallimento di una o due delle procedure precedenti. Gli innesti eterologhi freschi (ovvero ottenuti tra le 24 e le 72 ore) offrono la maggior probabilità di sopravvivenza condrocitaria, ma comportano anche un rischio più elevato di malattia immunogenica e trasmissibile. I periodi di incubazione per il controllo delle infezioni possono essere troppo lunghi per consentire l'innesto di un impianto fresco entro il limite delle 72 ore. L'utilizzo di un impianto a conchiglia (con una base di osso subcondrale inferiore a 1 cm) riduce l'immunogenicità dell'impianto, limitando l'esposizione dei globuli bianchi dell'osso spugnoso. Un fattore che contribuisce al fallimento degli innesti eterologhi subcondrali è il rimodellamento tissutale dell'impianto a opera del ricevente attraverso fenomeni di rivascolarizzazione-riassorbimento. La velocità di tale sostituzione viene ridotta dalla stabilizzazione " a tappo " dell'impianto eterologo (in cui un impianto modellato come un cono viene inserito a pressione nella sede) nel ginocchio ospite, ma aumenta quando necessaria una stabilizzazione attraverso l'innesto (ovvero con viti o fili riassorbibili).

I limiti tecnici dell'impianto chirurgico di innesti eterologhi subcondrali freschi sono assai più impegnativi: deve essere disponibile del tessuto fresco da un donatore giovane (meno di 30 anni), il paziente ricevente deve essere facilmente rintracciabile e il chirurgo deve essere in grado di trapiantare l'innesto a tutte le ore del giorno e della notte.

Trattamento riabilitativo dopo intervento chirurgico di riparazione cartilaginea (2)

Introduzione

Le lesioni cartilaginee costituiscono una delle ragioni più frequenti di dolore e impotenza funzionale per qualsiasi tipologia di paziente, sia esso uno sportivo che una persona anziana. Come abbiamo visto la particolare struttura anatomica del tessuto cartilagineo e soprattutto la sua scarsa irrorazione sanguigna fanno sì che le riparazioni spontanee siano insufficienti e il ricorso al chirurgo rappresenta nel maggior parte delle situazioni l'unica soluzione da intraprendere per una totale riduzione della sintomatologia.

La meta del nostro lavoro è quella di far sì che il paziente riacquisti la completa funzionalità e che questo avvenga nel più breve tempo possibile evitando però di non sovraccaricare strutture in via di guarigione con carichi eccessivamente gravosi che rischierebbero di compromettere la buona riuscita dell'intervento stesso.

Se non possiamo paragonare un intervento con un altro quando ad esempio trattiamo una ricostruzione di LCA tanto più questo presupposto vale in caso di riparazione cartilaginea dove le variabili sono più numerose e le possibili complicanze si trovano sempre dietro l'angolo. Fondamentale risulta porsi alcune domande :

- come sono le caratteristiche individuali del paziente? - l'età, la salute generale, l'indice di massa corporea;
- quali caratteristiche presenta la lesione? Quanto la lesione è estesa o profonda? Come si presenta di qualità il tessuto circostante?;
- che tipo di intervento è stato scelto? Artroscopia? Artrotomia?

E ancora dobbiamo tenere in considerazione se c'è stata una contemporanea riparazione di altre strutture attigue o se si tratta di un primo intervento o no.

In generale, a prescindere dal tipo intervento dobbiamo porci come obiettivi primari:

1. la guarigione del tessuto oggetto dell'intervento;
2. la riduzione del dolore e il controllo dell'edema;
3. il completo recupero del ROM;
4. il miglioramento della forza, del controllo neuromuscolare e della propriocezione

Come fisioterapisti il nostro iter riabilitativo dovrà tenere sempre presente la fase del

processo di guarigione del tessuto in base alla quale porteremo una scelta piuttosto che un'altra e avere un continuo rapporto simbiotico con il chirurgo.

Approfondendo i precedenti punti cardine:

1. La guarigione del tessuto oggetto dell'intervento

Importante per quanto riguarda la guarigione del tessuto è l'utilizzo controllato di carico e di movimento (Modello di Carico/ Capacità di Carico). Il carico deve essere adeguato alla fase di guarigione in essere. Ne eccessivo ne tantomeno scarso. Se andassimo oltre la soglia di sopportazione del tessuto rischieremmo di compromettere l'intero intervento ma allo stesso tempo se non dessimo sollecitazioni sufficienti il neotessuto non imparerebbe quello che è il suo compito. Basta pensare a cosa succede agli astronauti che a causa dell'assenza di gravità vanno incontro a un depauperamento osseo. Perché? Perché le nostre strutture anatomiche rispondono in maniera proporzionale ai carichi che vengono loro sottoposti. Sta all'abilità del fisioterapista individuare il carico e i movimenti adeguati che favoriscono al meglio il recupero delle proprietà meccaniche del tessuto.

Come fisioterapisti abbiamo nelle nostre mani diverse frecce: l'utilizzo di tecniche di compressione/trazione; il controllo del carico parziale; l'idrochinesiterapia; macchinari isochinetici che possiamo somministrare al paziente consapevolmente e in maniera scientifica ma anche fantasiosa.

Fondamentale è conoscere la biomeccanica e l'artocinematica del ginocchio in modo da intervenire riducendo durante la mobilizzazione passiva pericolose forze compressive e/o di taglio.

2. La riduzione del dolore e controllo dell'edema

In base alla tipologia di intervento le problematiche di dolore e gonfiore saranno differenti. Se viene eseguita un artrotomia le proporzioni saranno maggiori che non se viene eseguito un intervento in artroscopia.

Il principio PRICE (protezione, riposo, ghiaccio, compressione, elevazione) è

consigliabile in fase acuta post operatoria a prescindere dal tipo di intervento. L'obiettivo è di ridurre l'emorragia, la tumefazione, l'infiammazione e il dolore. Inoltre l'utilizzo di terapie fisiche e analgesici può essere consigliato. Il terapeuta manuale può utilizzare tecniche di trazione ad alta frequenza, magari associandovi tecniche vibratorie, secondo la reattività del paziente, per sfruttare il meccanismo del gate control.

Le tecniche vibratorie/oscillatorie sono usate durante la gestione terapeutica della fase infiammatoria per la riduzione della reattività. Vengono eseguite con un ritmo che alterna movimenti ad alta, media e bassa frequenza (per evitare un adattamento dei recettori e in accordo con la reattività del paziente) a diversi gradi articolari, per agire sui meccanocettori in modo da provocare un'inibizione della percezione dolorosa secondo la teoria del gate control di Melzack e Wall.

Queste tecniche vengono utilizzate anche in fase di riscaldamento, prima di altre tecniche più specifiche e in fase di defaticamento al termine del trattamento.

3. Completo recupero del Range Of Motion

Quando abbiamo a che fare con l'articolazione del ginocchio e con il suo recupero, gli obiettivi primari e necessari dal punto di vista del Rom son due: 0° di estensione e 90° di flessione. Senza il raggiungimento di questi due limiti un ginocchio non è funzionale e ne risulta il fallimento dell'intero intervento. Aggiungiamo che se non si arriva alla completa estensione si verificheranno problematiche certe a carico dell'articolazione femoro-rotulea.

Ne consegue che fin dai primi giorni venga effettuata la mobilizzazione passiva sia manuale che per mezzo del Kinetec (mobilizzatore ciclico) per raggiungere gli 0° di estensione e i 90° di flessione. Con lo stesso obiettivo è importante rivolgersi fin da subito a tecniche di stretching della muscolatura posteriore e anteriore, nello specifico ischio-crurali e gemelli; quadricipite e tensore della fascia lata).

Raggiunto questo target il nostro approccio deve essere quello di spostare l'asticella degli obiettivi sempre più in alto e arrivare passo dopo passo al recupero del completo Rom di flesso-estensione.

Questo ci permette di far fronte a tutte quelle complicanze conseguenti un intervento

chirurgico in particolar modo la prevenzione e il trattamento di aderenze che saranno più facilmente presentabili in caso di artrotomia. Fondamentale: la mobilitazione della rotula nelle diverse direzioni, medio-laterale e prossimo-distale; il trattamento di scollamento della cicatrice (dopo guarigione completa della ferita chirurgica); il trattamento dei tessuti molli per prevenire la formazione di aree fibrotiche periarticolari. Non vanno dimenticate inoltre le articolazioni a valle e a monte del ginocchio in un ottica di globalizzazione e ottimizzazione del lavoro.

4. Miglioramento della forza, del controllo neuromuscolare e della propriocezione

L'utopia consiste nel avere pazienti che abbiano eseguito un programma di rinforzo muscolare pre-operatorio in modo da avere un vantaggio nell'immediato post-operatorio. Ma raramente il chirurgo porta questo suggerimento al paziente. E si aggravano le problematiche del soggetto e del fisioterapista. Già nei giorni immediati l'operazione il paziente va educato e rieducato in particolar modo sulla percezione e il reclutamento del muscolo quadricipite il quale per il fenomeno di inibizione muscolare artrogenica viene come "spento" dal cervello stesso per preservare e non disturbare la parte lesa. Vengono eseguiti esercizi di rinforzo muscolare non solo dell'apparato estensore del ginocchio ma di tutto l'arto inferiore (specialmente gastrocnemio, ischio-crurali e glutei).

L'utilizzo dell'elettrostimolatore associato alla contrazione volontaria isometrica e isotonica sostiene al reclutamento della massima quantità di fibre muscolari. In base alla fase di guarigione introdurremo esercizi contro resistenza che comportino però il reclutamento di tutti i gruppi muscolari con un lavoro specifico sulle catene muscolari anteriori e posteriori; sfrutteremo gesti funzionali e intimi del paziente.

Utile ove possibile il lavoro in acqua dove a seconda del carico concesso potremmo sollecitare la muscolatura posturale e iniziare un recupero sul controllo neuromuscolare e propriocettivo. Iniziando da un lavoro in sospensione utile maggiormente per la ricerca di flessibilità dei tessuti (in totale assenza di gravità) passeremo da un lavoro con acqua al petto (20-30% del peso) e arriveremo a un lavoro con acqua al bacino (40-50% del peso). Lavoreremo a secco con spostamenti di carico in antero-posteriore e latero-laterale, squat, affondi; passando da superficie piana, obliqua o instabile.

Dobbiamo sempre tenere a mente i principi del Cockpit Model e del rapporto

Carico/Capacità di Carico onde evitare sovraccarichi pericolosi per le strutture in fase di guarigione.

Trattamento riabilitativo dopo intervento chirurgico (2)

Il trattamento riabilitativo deve considerare prima di tutto la fase di guarigione in essere e contemporaneamente tenere presente che tipo di intervento è stato eseguito. Deve prendere in considerazione la zona di intervento e preservarla dal carico secondo le indicazioni ortopediche. Fondamentale è una buona conoscenza della biomeccanica per evitare eccessivi stress e una continua cautela perché bisogna sempre tenere a mente che si tratta comunque di tecniche che ancora non hanno un solido supporto di EBM in campo riabilitativo.

Gli obiettivi del trattamento riabilitativo sono in primis la protezione del sito di riparazione, il graduale e progressivo ritorno al carico, il recupero dell'articolarietà fisiologica e il ripristino del controllo neuro-motorio e propriocettivo.

Gli esercizi proposti varieranno a seconda della fase di recupero in essere e potranno essere attivi o passivi, in catena cinetica aperta (da eseguire a determinati ROM in quanto inducono maggiori forze compressive a livello dell'articolazione femoro-rotulea) o in catena cinetica chiusa (più “allenanti” il sistema propriocettivo e più vicino alle ADL).

Tecniche di terapia manuale possono essere utili per ridurre la reattività in fase iniziale ad esempio con tecniche di I e II grado o per il recupero dell'articolarietà e del reciproco gioco tra le diverse superfici articolari o ancora tecniche per la nutrizione e la riproduzione condrale.

Affronteremo il trattamento riabilitativo delle principali tecniche operatorie ma prima guardiamo il discorso dal punto di vista dei tessuti cioè del loro stato nel processo di guarigione

1. Fase Proliferativa

Nei primi 5-6 giorni è fondamentale ridurre il gonfiore e il dolore, ripristinare il ROM passivo e riattivare il muscolo quadricipite. Applicare carichi controllati alla cartilagine in determinati archi di movimento favorisce il nutrimento, e dunque anche la guarigione della stessa. La mobilizzazione passiva favorisce anche la prevenzione della formazione di aderenze. In accordo con le indicazioni del chirurgo e a seconda del tipo di operazione eseguita, il fisioterapista valuta la possibilità di svolgere esercizi con carico parziale; una volta ottenuta la guarigione della cicatrice è possibile lavorare in acqua. Sono fondamentali per il recupero del ROM la mobilizzazione della rotula e l'allungamento dei tessuti molli, nonché lo stretching della muscolatura coinvolta. Per favorire l'attivazione fisiologica del quadricipite è possibile combinare l'elettrostimolazione alla contrazione volontaria. Se la situazione del paziente lo consente è possibile iniziare esercizi propriocettivi semplici come spostamenti di carico.

2. Fase di rimodellamento

Nel corso di questa fase al paziente verrà concesso, secondo le indicazioni del chirurgo e in funzione della tecnica operatoria utilizzata, il carico totale e si dovrà raggiungere il completo ROM in flessione; in questo modo verrà riacquisita la piena autonomia nelle ADL. Per il recupero della forza si eseguono esercizi contro resistenza, anche mediante l'uso di elastici o lavorando in palestra con macchinari specifici. In base alla reattività del paziente, si intensificano anche esercizi per la propriocettività, per il controllo neuromuscolare e per il recupero funzionale del ginocchio. Questi carichi di lavoro devono tuttavia essere attentamente pesati per evitare che lavori eccessivamente aggressivi vadano a riattivare l'infiammazione del ginocchio o a danneggiare la cartilagine operata.

3. Fase di maturazione

Come per le fasi precedenti anche in questo caso i tempi sono dettati soprattutto dalla tecnica operatoria utilizzata sul paziente, dalle dimensioni e dalla localizzazione della

porzione di cartilagine riparata sia per la durata delle singole fasi sia per il passaggio da una a quella successiva. Tenendo in adeguata considerazione le condizioni generali del paziente, il suo livello di reattività e rispettando il modello di carico/capacità di carico, si imposta il lavoro in modo che il paziente possa, per quanto possibile, ritornare alle attività che svolgeva prima della lesione e allo stesso livello di partecipazione.

Indicazioni trattamento riabilitativo per le principali tecniche operative

Perforazioni

In questa tecnica chirurgica il sanguinamento che si vuole ottenere ha il fine di richiamare, nelle zone attigue al danno cartilagineo, cellule pluripotenti che vadano a formare della nuova cartilagine sostituendo quella lesa. Il piano riabilitativo andrà progettato in funzione del sito in cui le perforazioni sono state eseguite, ricercando la mobilizzazione funzionale al nutrimento cartilagineo, ma limitando ogni tipo di sollecitazione, aspetto, quest'ultimo, che richiede al fisioterapista un'approfondita conoscenza dell'artrocinematica del ginocchio per evitare di lavorare in zone di ROM in cui le aree operate vengono direttamente sollecitate. Anche i tempi di recupero e di progressione nel trattamento saranno determinati in base al sito dell'intervento: in caso di mobilizzazione passiva precoce i tempi di concessione del carico variano a seconda che le perforazioni siano state eseguite nel femore – dove l'appoggio è possibile tra le 2 e le 3 settimane dall'intervento a seconda dell'estensione della lesione e il carico tollerato è concesso tra le 3 e le 4 settimane – o nella rotula piuttosto che nella tibia (regioni nelle quali il carico è concesso fin da subito secondo tolleranza). L'utilizzo di un tutore bloccato in estensione evita che i carichi indesiderati vadano a scaricarsi nella zona della lesione. Tra le 4 e le 8 settimane si raggiunge il carico totale. Intorno alle 12 settimane lo stato della neocartilagine risulta notevolmente migliorato. Il pieno ritorno alle attività avviene tra i 4 e i 6 mesi, ma per le lesioni più estese anche verso gli 8 mesi.

Mosaicoplastiche

Nella riabilitazione postchirurgica degli interventi di mosaicoplastica alcuni autori utilizzano il numero di frammenti spostati come il parametro fondamentale sul quale

impostare il trattamento in quanto indice di una minore congruità delle superfici articolari. Nell'immediato postoperatorio non è concesso il carico che diventa parziale tra le 2 e le 4 settimane e totale intorno alle 8 settimane. Il carico parziale è invece concesso, con tutore bloccato in estensione, immediatamente dopo l'intervento nel caso il sito di riparazione sia nella rotula, dove a 6-8 settimane viene concesso il carico totale. Al fine di prevenire la formazione di aderenze si eseguono fin da subito delle mobilizzazioni passive in archi di movimento sicuri per la lesione e tollerati dal paziente. Il recupero del ROM avviene tra le 8 e le 10 settimane, anche se nei casi di ampie lesioni si può posticipare tale obiettivo alle 12-14 settimane. A questo punto iniziano esercizi di rinforzo muscolare anche contro resistenza e il paziente può riprendere a eseguire attività che non siano però di forte impatto per la lesione subita. Con la progressione del trattamento avremo un incremento del lavoro finalizzato al recupero della propriocettività e del controllo motorio e dei carichi di lavoro stesso. Attività sportiva a basso impatto (a esempio il ciclismo) sono consentite tra i 6 e gli 8 mesi, mentre quelle più provocative (tennis, calcio, rugby) tra i 12 e i 18 mesi.

Tecnica MACI

Questa tecnica, diretta evoluzione del trapianto autologo di condrociti, necessita di un intervento riabilitativo che tenga conto dei tempi biologici dell'innesto cartilagineo. Nell'immediato postoperatorio viene iniziata la mobilizzazione passiva eseguita più volte durante la giornata per prevenire la formazione di aderenze; attraverso l'applicazione di ghiaccio si interviene sull'edema e sul dolore ed è possibile iniziare a eseguire contrazioni isometriche della muscolatura dell'arto inferiore per mantenere il tono muscolare e favorire la circolazione. Come è già stato visto, per il nutrimento e la guarigione della cartilagine è fondamentale somministrare nelle giuste quantità le forze di carico e di movimento. In uno studio del 2010 Ebert et al. (3) hanno confermato, come ipotizzato in uno studio di due anni precedenti (sempre degli stessi autori), come un protocollo accelerato, per quanto riguarda la concessione del carico, abbia effetti positivi sulla riduzione del dolore, il recupero funzionale e permetta un recupero precoce del normale pattern del passo senza causare danno o alcuna complicazione. Il protocollo accelerato è stato confrontato con un protocollo di tradizionale concessione del carico (dati riportati nella tabella sottostante).

Settimane	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<u>Gruppo con protocollo tradizionale</u>											
carico concesso (%)	-20				50	60	70	80	90	100	
Bastoni canadesi	2				1	1	1	1	1	1	0
Tutore	si				si	si	si	si	Si	si	Si
<u>Gruppo con protocollo accelerato</u>											
Carico concesso (%)	-20	30	40	50	60	80	100				
Bastoni canadesi	2	2	2	2	1	1	1	0			
Tutore	si	no									

Proseguendo nel trattamento verso la fase proliferativa e di rimodellamento si andrà ad aumentare il ROM, le forza del quadricipite e il miglioramento nell'esecuzione delle attività del paziente. Quando è assicurata radiograficamente la corretta adesione e la formazione completa del neotessuto si possono aumentare i carichi concessi al paziente e proporre esercizi per il recupero della propriocettività, dell'equilibrio e del controllo motorio. Tra la 12 e la 26 settimana il paziente dovrebbe raggiungere i 120°-135° di flessione del ginocchio, potrà effettuare lavori in piscina, cyclette, squat fino a 60° e verrà incoraggiato a camminare su percorsi più lunghi anche con dislivello. Al termine della fase di maturazione, tra le 26 e le 52 settimane dovrebbe avvenire il completo ritorno alle attività del paziente; le attività sportive a basso rischio (nuoto, ciclismo) possono essere incominciate intorno ai 6 mesi, mentre per quelle a più alto impatto il paziente dovrà aspettare 12-18 mesi.

Conclusioni

La riabilitazione a seguito di intervento per problematiche riguardanti la cartilagine articolare non è ancora supportata da una consistente letteratura. Risulta perciò fondamentale fare affidamento alla propria esperienza e attingere alle conoscenze della biomeccanica articolare. Informarsi sulla zona di lesione. Apprendere la storia clinica del paziente; la storia di vita attuale.

Fondamentale è la conoscenza dell'artrocinematica e della biomeccanica del ginocchio in modo da poter lavorare senza sollecitare le zone in via di guarigione di modo da non compromettere il buon esito dell'operazione chirurgica.

La terapia manuale può darci la vista del problema in maniera quadrimensionale.

Possiamo approcciarci al paziente attraverso il modello biopsicosociale e mirare in maniera completa ad un ritorno funzionale simil-precedente.

Importante è ricordare una continua collaborazione con l'ortopedico chirurgo e con il paziente.

“Il buon senso viene dall’esperienza anche se l’esperienza la fai quando non hai buon senso”

Bibliografia

1. Elly Hengeveld, Kevin Banks, *Manipolazioni Periferiche di Maitland*, quarta edizione. Ed Elsevier Masson.
2. Silvano Ferrari, Paolo Pillastrini, Marco Testa, Carla Vanti, *Riabilitazione post-chirurgica nel paziente ortopedico*, Ed Elsevier Masson..
3. JR. Ebert et al *A prospective, randomized comparison of traditional and accelerated approaches to postoperative rehabilitation following autologous chondrocyte implantation : 2-Year clinical outcomes* Cartilage 1 (3) 180-187, 2010
4. T Piontek et al. *All arthroscopic AMIC procedure for re-pair of cartilage defects of the knee*, Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc (2012) 20:922–925
5. RA Marder et al. *Arthroscopic microfracture of chondral defects of the knee: a comparison of two postoperative treatments*, Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, Vol 21, No 2 (February), 2005: pp 152-158
6. E J Strauss et al. *Augmentation strategies following the microfracture technique for repair of focal chondral defects*, Cartilage 1(2) 145–152 2010
7. J. P. Benthien and P. Behrens *Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC): combining microfracturing and a collagen I/III matrix for articular cartilage resurfacing*, Cartilage 1(1) 65–68 2010
8. Madry H et al. *Cartilage repair and joint preservation*, Cartilage repair and joint preservation: medical and surgical treatment options. Dtsch Arztebl Int 2011; 108(40):669–77
9. S Vijayan et al. *Cartilage repair: A Review of Stanmore experience in the treatment of osteochondral defects in the knee with various surgical techniques*; Indian J Orthop. 2010 Jul-Sep; 44(3): 238–245
10. T J Gill et al. *Chondral defect repair after the microfracture procedure: a nonhuman primate model*, The American Journal of Sports Medicine, Vol. 33, No. 5 2005
11. S Vijayan e G Bentley *Combined autologous chondrocyte implantation (ACI) with supra condylar fem-oral varus osteotomy, following lateral growth plate damage in an adolescent knee: 8-year follow-up*, Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology 2011, 3:5 2011

12. M Willey et al. *Complications associated with realignment osteotomy of the knee performed simultaneously with additional reconstructive procedures*, The Iowa Orthopaedic Journal
13. JS Howard et al. *Continuous passive motion, early weight bearing, and active motion following knee articular cartilage repair: Evidence for Clinical Practice*, Cartilage 1(4) 276–286 2010
14. MM Reinold et al. *Current concepts in the rehabilitation following articular cartilage repair procedures in the knee*, J Orthop Sports Phys Ther 2006;36(10):774-794
15. J Haapala et al. *Decline after immobilisation and recovery after remobilisation of synovial fluid IL1, TIMP, and chondroitin sulphate levels in young beagle dogs*, Ann Rheum Dis 2001;60:55–60
16. A Delitto et al. *Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery*, PHYS THER. 1988; 68:660-663
17. K Mithoefer et al. *Guidelines for the design and conduct of clinical studies in knee articular cartilage repair: International Cartilage Repair Society Recommendations based on current scientific evidence and standards of clinical care*, Cartilage 2(2) 100–121 2011
18. T Gunes et al. *Intraarticular hyaluronic acid injection after the microfracture technique for the management of full-thickness cartilage defects does not improve the quality of repair tissue*, Cartilage 3(1) 20–26 2012
19. K Zaslav et al. *New frontiers for cartilage repair and protection*, Cartilage 3(Suppl. 1) 77S–86S 2012
20. L Sun et al. *Role of cartilage-forming cells in regenerative medicine for cartilage repair*, Orthopedic Research and Reviews 2010;2 85–94
21. S R. Piva et al. *Predictors of pain and function outcome after rehabilitation in patients with patellofemoral pain syndrome*, J Rehabil Med 2009; 41: 604–612
22. K Hambly et al. *Rehabilitation after articular cartilage repair of the knee in the football (soccer) player*, Cartilage 3(Suppl. 1) 50S–56S 2012
23. A. K. Lynn et al. *Repair of defects in articular joints*, J Bone Joint Surg [Br] 2004;86-B:1093-9

24. L. Snyder-Mackler et al. *Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament*, The Journal of Bone and Joint Surgery Vol. 77-A n8, Aug 1995
25. B. Vanwanseele et al. *The effects of immobilization on the characteristics of articular cartilage: current concepts and future directions*, Osteoarthritis and Cartilage (2002) 10, 408–419
26. T J. Gill et al. *The treatment of articular cartilage defects using the microfracture technique*, J Orthop Sports Phys Ther 2006;36(10):728-738
27. PC Kreuz et al. *Treatment of focal degenerative cartilage defects with polymer-based autologous chondrocyte grafts: four-year clinical results*, Arthritis Research & Therapy Vol 11 No 2 2009
28. SD Gillogly et al. *Treatment of full-thickness chondral defects in the knee with autologous chondrocyte implantation*, Orthop Sports Phys Ther 2006;36(10):751-764

Appendice

Tabella degli articoli inclusi

Titolo e anno	Autori	C di inclusione
A prospective, randomized comparison of traditional and accelerated approaches to postoperative rehabilitation following autologous chondrocyte implantation : 2-Year clinical outcomes, 2010	Jay R. Ebert, William B. Robertson, David G. Lloyd, M. H. Zheng, David J. Wood and Timothy Ackland	Aspetti riabilitativi
All-arthroscopic AMIC procedure for repair of cartilage defects of the knee, 2011	Tomasz Piontek, Kinga Ciemniowska-Gorzela, Andrzej Szulc, Jakub Naczka, Michał Słomczykowski	Tecnica chirurgica
Arthroscopic microfracture of chondral defects of the knee: a comparison of two postoperative treatments, 2005	Richard A. Marder, M.D., Gail Hopkins, Jr., M.D., and Laura A. Timmerman, M.D.	Tecniche chirurgiche
Augmentation strategies following the microfracture technique for repair of focal chondral defects, 2010	Eric J. Strauss, Joseph U. Barker, James S. Kercher, Brian J. Cole and Kai Mithoefer	Tecnica chirurgica
Autologous Matrix-Induced Chondrogenesis (AMIC): combining microfracturing and a collagen I/III matrix for articular cartilage resurfacing, 2010	J. P. Benthien, P. Behrens	Tecnica chirurgica
Cartilage repair and joint preservation, 2011	Henning Madry, Ulrich Wolfgang Grün, Gunnar Knutsen	Tecnica chirurgica
Cartilage repair: A review of Stanmore experience in the treatment of osteochondral defects in the knee with various surgical techniques, 2010	S Vijayan, G Bentley, TWR Briggs, JA Skinner, RWJ Carrington, R Pollock, and AM Flanagan	Tecnica chirurgica
Chondral defect repair after the microfracture procedure a nonhuman primate model, 2005	TJ. Gill, PC. McCulloch, SS. Glasson, Tracey Blanchet and Elizabeth A. Morris	Tecnica chirurgica
Combined autologous chondrocyte implantation (ACI) with supra-condylar femoral varus osteotomy, following lateral growth-plate damage in an adolescent knee: 8-year follow-up, 2011	Sridhar Vijayan, George Bentley	Tecnica chirurgica

Complications associated with realignment osteotomy of the knee performed simultaneously with additional reconstructive procedures, 2007	Michael Willey, Brian R. Wolf, Baris Kocaglu, Annunziato Amendola	Tecniche chirurgiche
Continuous passive motion, early weight bearing, and active motion following knee articular cartilage repair: Evidence for-Clinical Practice,2010	Jennifer S. Howard, Carl G. Mattacola, Spencer E. Romine, and Christian Lattermann	Aspetti riabilitativi
Current concepts in the rehabilitation following articular cartilage repair procedures in the knee, 2006	Michael M. Reinold, Kevin E. Wilk, Leonard C. Macrina, Jeffrey R. Dugas, E. Lyle Cain,	Aspetti riabilitativi
Decline after immobilisation and recovery after remobilisation of synovial fluid IL1, TIMP, and chondroitin sulphate levels in young beagle dogs, 2001	J Haapala, J P A Arokoski, S Rönkkö, U Ågren, V-M Kosma, L S Lohmander, M Tammi, H J Helminen, I Kiviranta	Aspetti riabilitativi
Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery, 1988	A Delitto, S J Rose, J M McKowen, R C Lehman, J A Thomas, R Shively	Aspetti riabilitativi
Guidelines for the design and conduct of clinical studies in knee articular cartilage repair: International Cartilage Repair Society Recommendations based on current scientific evidence and standards of clinical care, 2011	Kai Mithoefer, Daniel B.F. Saris, Jack Farr, Elizaveta Kon, Kenneth Zaslav, Brian J. Cole, Jonas Ranstam, Jian Yao, Matthew Shive, David Levine, Wilfried Dalemans, and Mats Brittberg	Tecniche chirurgiche
Intraarticular hyaluronic acid injection after the microfracture technique for the management of full-thickness cartilage defects does not improve the quality of repair tissue, 2011	Taner Gunes, Bora Bostan, Mehmet Erdem, Resid Dogan Koseoglu, Murat Asci, and Cengiz Sen	Tecniche chirurgiche
New frontiers for cartilage repair and protection, 2012	Kenneth Zaslav, Timothy McAdams, Jason Scopp, Jason Theosadakis, Vivek Mahajan and Alberto Gobbi	Tecniche chirurgiche
Role of cartilage-forming cells in regener-	Lin Sun, Michaela R	

ative medicine for cartilage repair, 2010	Reagan, David L Kaplan	Tecnica chirurgica
Predictors of pain and function outcome after rehabilitation in patients with patellofemoral pain syndrome, 2009	Sara R. Piva, G. Kelley Fitzgerald, Stephen Wisniewski and Anthony Delitto	Aspetti riabilitativi
Rehabilitation after articular cartilage repair of the knee in the football (soccer) player, 2012	Karen Hambly, Holly Jacinda Silvers, and Matthias Steinwachs	Aspetti riabilitativi
Repair of defects in articular joints, 2004	A.K. Lynn, R.A. Brooks, W. Bonfield, N. Rushton	Tecnica chirurgica
Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament, 1995	L. Snyder-Mackler, A Delitto, S W Stralka	Aspetti riabilitativi
The effects of immobilization on the characteristics of articular cartilage: current concepts and future directions, 2002	B. Vanwanseele, E. Luchinetti and E. Stussi	Aspetti riabilitativi
The treatment of articular cartilage defects using the microfracture technique, 2006	Thomas J. Gill, Peter D. Asnis, Eric M. Berkson	Tecnica chirurgica
Treatment of focal degenerative cartilage defects with polymer-based autologous chondrocyte grafts: four-year clinical results, 2009	Peter C Kreuz, Sebastian Müller, Christian Ossendorf, Christian Kaps and Christoph Ergelet	Tecnica chirurgica
Treatment of full-thickness chondral defects in the knee with autologous chondrocyte implantation, 2006	Scott D. Gillogly, Thomas H. Myers, Michael M. Reinold	Tecnica chirurgica