



Università degli Studi  
di Genova



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA**  
**FACOLTA' DI MEDICINA E CHIRURGIA**

***Master in Riabilitazione dei disordini Muscoloscheletrici***  
***In collaborazione con la libera Università di Bruxelles***

**“Il processo di osteoincorporazione  
del trapianto autologo dei tendini ischiocrurali  
nella ricostruzione del LCA  
in relazione alla sua capacità di carico:  
quali evidenze utili per la riabilitazione?”**

**Referente**

**Riccardo Ansaldo**

**Tesista**

**Davide Dardanella**

## ***Abstract***

**Obiettivi:** effettuare una revisione della letteratura in merito agli aspetti biologici di guarigione tendine-osso nella ricostruzione del legamento crociato anteriore con tendini ischiocrurali in relazione alla sua capacità di carico e alla riabilitazione post-chirurgica e le eventuali relazioni con le misure di outcome nei follow-up a lungo termine.

**Metodi:** la ricerca è stata effettuata su 3 database: Pubmed, Pedro e COCHRANE Library per selezionare revisioni narrative, revisioni sistematiche, meta-analisi, linee guida e studi istologici ed in vitro sull'argomento.

I limiti temporali della ricerca bibliografica vanno dal 1995 al 2009.

**Risultati:** sono state selezionate, 3 revisioni sistematiche, 14 revisione non sistematiche , 3 meta-analisi, 2 linee guida ed 11 studi in vitro sugli aspetti istologici e meccanici del processo di guarigione del materiale biologico autologo utilizzato come innesto.

**Conclusioni:** una riabilitazione troppo aggressiva nelle prime settimane post-chirurgiche dopo la ricostruzione del LCA con tendini ischiocrurali autologhi, potrebbe pregiudicare il processo di guarigione del trapianto.

## **Metodi:**

### **Criteri di inclusione**

- Linee guida sulla riabilitazione post-chirurgica della ricostituzione del legamento crociato anteriore.
- Revisioni sistematiche e revisioni non sistematiche sulla riabilitazione post-chirurgica della ricostituzione del legamento crociato anteriore.
- Meta-analisi e revisioni sistematiche con confronto delle misure di outcome nei follow-up a breve, medio e lungo termine fra la ricostruzione del LCA con prelievo di tendine rotuleo e la ricostruzione con il prelievo di tendini ischiocrurali.
- Revisioni e studi (istologici ed in vitro su uomo e cavie) sul processo di "ligamentizzazione" dell'innesto tendineo nella ricostituzione del legamento crociato anteriore con tessuto autologo.

### **Criteri di esclusione**

- Letteratura scientifica non in lingua inglese.
- Letteratura scientifica al di fuori dei limiti temporali della ricerca che vanno dal 1995 al 2009.
- Letteratura scientifica di bassa qualità.  
Per valutare la qualità delle meta-analisi e delle revisioni sistematiche, sono stati utilizzati i criteri del SIGN (Scottish Intercollegiate Guidelines Network) e del QUOROM Statement 2000.

### **Parole chiave**

- ACL reconstruction, ACL rehabilitation, graft healing, tendon healing

### **Strategia di ricerca**

Gli articoli di interesse sono stati identificati utilizzando le seguenti banche dati elettroniche:

- PEDro - The Physiotherapist Evidence Database
- MEDLINE
- COCHRANE Library

## Introduzione

Il ginocchio è un'articolazione che deve fondamentalmente garantire una grande stabilità ed allo stesso tempo una mobilità tale da consentire all'individuo una normale cinematica. Il perfetto equilibrio fra mobilità e stabilità è garantito dall'interazione di 3 sub-sistemi: dagli stabilizzatori attivi miotendinei, passivi capsulo-legamentosi e dal sub-sistema di controllo neurale.<sup>2</sup>

Le strutture capsulo-legamentose del ginocchio da un punto di vista anatomico-descrittivo possono essere divise in quattro compartimenti (anteriore, interno, esterno, posteriore); due punti d'angolo (postero-interno e postero-esterno); due menischi (mediale e laterale) e il pivot centrale (legamento crociato anteriore e posteriore).<sup>2</sup>

I traumi più frequenti a carico del ginocchio sono le distorsioni; il legamento crociato anteriore (LCA) viene spesso interessato da danno in questo tipo di traumi. In particolare l'LCA è il legamento del corpo umano più frequentemente interessato da lesione.<sup>12</sup>

I tassi di incidenza della lesione del legamento crociato anteriore sono difficili da valutare, anche perché alcune lesioni risultano difficili da diagnosticare in alcuni esiti distorsivi di ginocchio. Alcuni recenti studi descrivono un'incidenza della lesione del legamento crociato anteriore che va dal 3,2% degli uomini al 3,5% delle donne nel corso di un periodo di 4 anni.<sup>20</sup> Quando invece si va ad analizzare uno sport o un'attività fisica a cui partecipano entrambi i sessi, le donne manifestano un tasso significativamente più alto (da due a sei volte maggiore degli atleti di sesso maschile) di lesioni del LCA rispetto agli uomini. La maggior parte delle lesioni dell'LCA (circa il 67% negli uomini e quasi il 90% delle donne) avviene senza alcun contatto fisico diretto.<sup>14,24</sup>

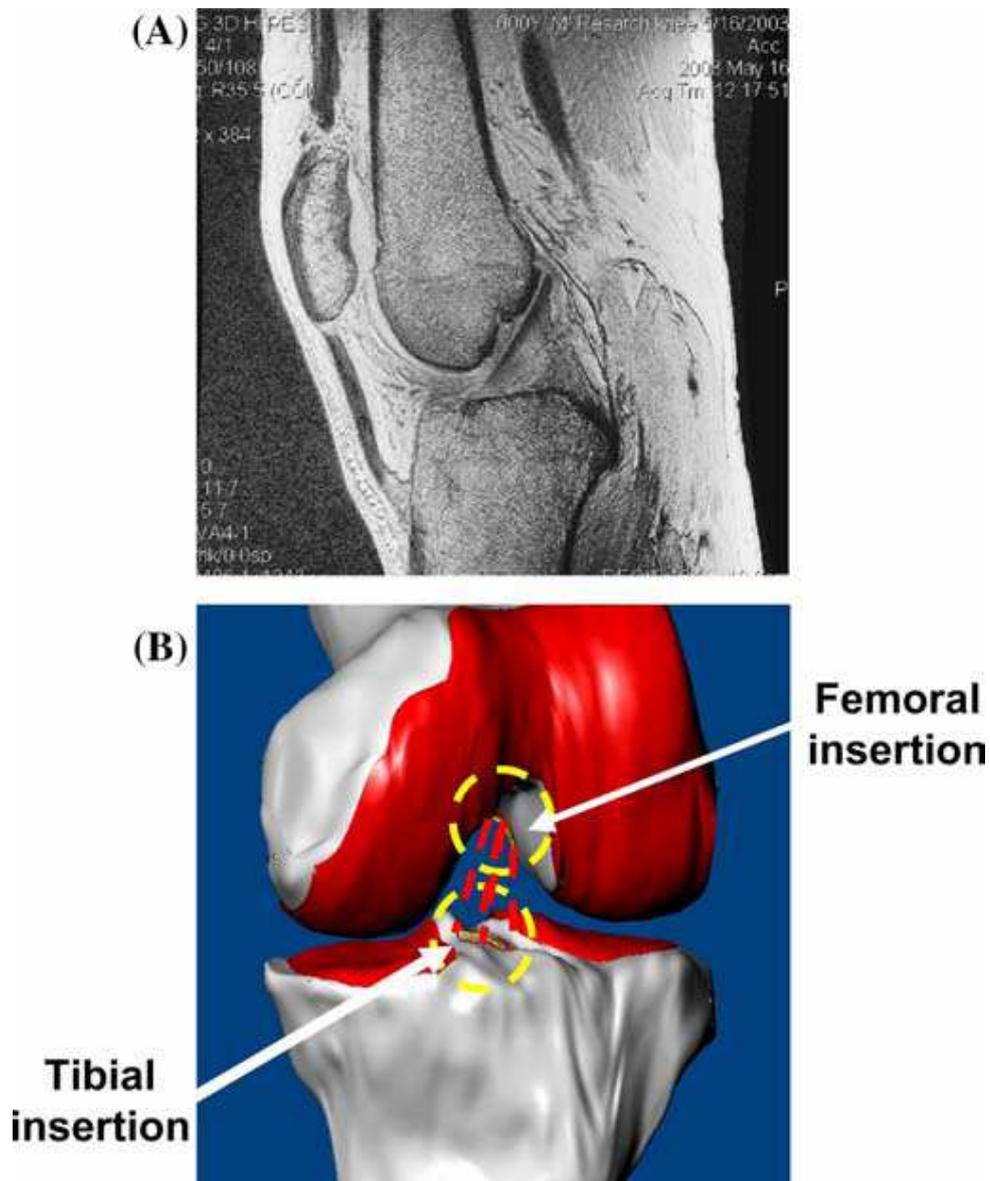


Fig. 1 (A) Tipica sezione sagittale di risonanza magnetica del ginocchio. (B) Modello anatomico 3D del ginocchio con i siti di inserzione del LCA.

Una lesione del LCA non trattata aumenta la lassità articolare e spesso rende il ginocchio instabile. Oltre alla menomazione, alla potenziale disabilità residua ed ai costi sociali associati, una lesione dell'LCA aumenta significativamente il rischio di degenerazione articolare precoce del ginocchio.<sup>19</sup> E' stato stimato che nel 50% dei pazienti con lesione dell'ACL, da 10 a 20 anni dopo il trauma discorsivo, si sviluppa una gonartrosi.<sup>19,3</sup>

## Trattamento

La maggior parte dei pazienti con una lesione cronica del legamento crociato anteriore, può camminare normalmente e può svolgere attività che non implicino eccessivi stress torsionali, quali la salita e la discesa di scale, la mountain bike e la corsa.<sup>2</sup>

Il trattamento chirurgico è indicato se il paziente manifesta una sensazione di instabilità nelle normali attività della vita quotidiana o se il paziente vuole riprendere la pratica di attività sportive che sollecitino con forze di taglio e rotazione il ginocchio, come il calcio, il basket, il tennis o lo sci alpino. Oppure professioni, come quella dei vigili del fuoco, degli agenti delle forze dell'ordine ed anche alcune occupazioni in ambito edilizio che richiedono un'ottima stabilità di ginocchio.<sup>2</sup>

La ricostruzione del legamento crociato anteriore è a tutt'oggi un intervento molto effettuato con un continuo aumento della sua frequenza nella pratica chirurgica ortopedica.<sup>2,17</sup>

Indipendentemente dal fatto che l'intervento chirurgico ricostruttivo venga effettuato o meno, nel primo mese post-trauma, la gestione di una distorsione di ginocchio con lesione del ACL dovrebbe incentrarsi in primis sulla riduzione dell'emartrosi con riposo, ghiaccio, compressione ed elevazione (RICE) e l'eventuale somministrazione di farmaci non-steroidi; la progressiva riacquisizione di una normale articolarietà, la ripresa del controllo neuro-muscolare del quadricipite femorale ed il ripristino di un normale cammino senza zoppia.<sup>2</sup>

Le possibilità di trattamento dopo lesione del LCA sono quindi sia conservative che chirurgiche.

Il trattamento conservativo è consigliato nell'adulto dopo i 40-50 anni che non svolge attività sportiva agonistica e nel giovane che non voglia essere sottoposto ad intervento chirurgico. Al fine di

ottenere buoni risultati è necessario osservare le seguenti condizioni:

- costanza e osservanza del protocollo riabilitativo;
- disponibilità a modificare il tipo o il livello di attività sportiva, abbandonando lo sport praticato in presenza di sintomi o segni di insufficienza;
- accettazione dell'utilizzo di un tutore funzionale nelle condizioni a rischio.<sup>2</sup>

Di norma in tutti gli altri casi si esegue l'intervento chirurgico per via artroscopica. Se si sceglie di ricostruire chirurgicamente il legamento, di norma, è consigliabile far passare un periodo di circa 2/4 settimane dal trauma.<sup>2</sup>

Negli ultimi vent'anni l'approccio chirurgico intra-articolare più frequentemente utilizzato consiste nella ricostruzione dell'LCA lesionato con un innesto di tessuto autologo prelevato dal tendine rotuleo o dai tendini dei muscoli semitendinoso e gracile.

Il prelievo di tessuto tendineo viene adattato e preparato, in seguito viene fatto passare attraverso i tunnel scheletrici femorale e tibiale preparati con trapano e quindi tensionato e fissato con mezzi di sintesi chirurgici. Lo scopo è quello di ripristinare il più fedelmente possibile la normale anatomia del pivot centrale, con l'obiettivo di eliminare la lassità articolare causata dalla lesione dell'LCA.<sup>2</sup>

I rischi di fallimento del neo-legamento nella ricostruzione dell'LCA a due anni dall'intervento esistono in circa il 3,6 % dei pazienti. Le complicazioni post-chirurgiche dopo la ricostruzione del ACL sono abbastanza rare, ma sono fondamentalmente rappresentate da infezioni, trombosi venose profonde e lesioni a nervi.<sup>6,15,21,25</sup> Fra la ricostruzione del LCA con il prelievo del tendine rotuleo ed il prelievo dei tendini ischio-crurali, non esistono differenze significative a lungo termine nelle principali misure di outcome funzionali; le ricostruzioni con il prelievo dei tendini ischio-crurali sembrano essere però leggermente più lasse nel Lachman e nel Pivot-shift test rispetto alla ricostruzione con il tendine rotuleo.<sup>5,11,30</sup>

In studi prospettici di coorte, è stato valutato che il rischio di ri-lesionare un legamento crociato anteriore ricostruito equivale al rischio di lesionare l'LCA controlaterale normale (circa il 3,0% per ciascuno).<sup>17,36</sup>

### **Riabilitazione post-chirurgica**

Il trattamento riabilitativo dopo la ricostruzione chirurgica del LCA, è cambiato molto negli ultimi 30 anni. Anche la chirurgia è stata rivoluzionata, soprattutto per quanto riguarda il tessuto di prelievo: mentre negli anni 80-90 il gold standard era il tendine rotuleo, dal 2000 la porzione distale dei tendini ischio-crurali (gracile e semitendinoso) è diventata l'innesto di riferimento in ambito clinico e scientifico.<sup>17</sup>

All'inizio l'approccio riabilitativo era iper-protettivo, caratterizzato da un periodo di immobilizzazione dell'arto di circa 8-10 settimane e con un ritorno allo sport a circa 9-12 mesi dall'intervento chirurgico.<sup>17</sup>

Gli anni 90 vedono la nascita della cosiddetta riabilitazione accelerata, con la "pubblicazione manifesto" di Shelbourne KD e Nitz P: *Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction*. (Am J Sports Med. 1990 May-Jun;18(3):292-9) fino ad arrivare, nel 2005 alla descrizione di case report con un'aggressività riabilitativa estrema. (Roi S. et al. 2005 - *Return to official Italian First Division soccer games within 90 days after anterior cruciate ligament reconstruction*.)

Dall'iper-protezione iniziale alla frequente aggressività riabilitativa dello sport d'élite<sup>22</sup>, oggi sembra essersi trovato un equilibrio.

La tendenza moderna è comunque quella di una riabilitazione accelerata, con una riacquisizione del ROM e del carico gravitativo immediato e con un ritorno allo sport previsto a circa 6 mesi dall'intervento.<sup>8,17,25</sup>

## Discussione

La chirurgia e la riabilitazione della lesione del legamento crociato anteriore rappresenta un esempio paradigmatico di come l'enorme quantità di informazioni disponibili non è pari alla loro qualità: a fronte di una mole amplissima di risorse scientifiche sul tema (9000 voci per la ricerca "anterior cruciate ligament" su PubMed, il database biomedico della National Library of Medicine) non sono disponibili linee guida basate su evidenze in grado di sintetizzare e rendere facilmente disponibili al professionista impegnato le migliori conoscenze scientifiche.

Nella revisione della letteratura da me effettuata, infatti sono state selezionate solo 2 linee guida sulla riabilitazione post-chirurgica della ricostruzione dell'LCA<sup>8,25</sup> (appunto non Evidence Based) ed altri 37 articoli che hanno rispettato i criteri di inclusione imposti con l'obiettivo di indagare gli aspetti biologici di guarigione tendine-osso nella ricostruzione del ACL con prelievo di tendini ischiocrurali.

Nella chirurgia ricostruttiva del legamento crociato anteriore il punto di fissazione osso-trapianto rappresenta sicuramente l'anello debole della ricostruzione sotto l'aspetto biomeccanico. Questo perché il processo di ligamentizzazione del trapianto è lento ed a volte incompleto. Esistono diversi tipi di trapianto con caratteristiche meccaniche, di fissazione chirurgica e di incorporazione biologica molto differenti.<sup>2,3,17</sup>

La scelta del materiale biologico di prelievo ed il metodo di fissazione chirurgica influenzano notevolmente la guarigione ed il processo di rimodellamento a livello dell'interfaccia tendine-osso; questa relazione è stata indagata in diversi studi su cavie animali.<sup>2,3,17,33,34</sup>

Diversi gruppi di ricerca hanno valutato il punto di rottura allo stress meccanico in trazione e gli aspetti biologici di guarigione tessutale nei cani e nei conigli.<sup>10,28</sup>

Nei cani, per valutare la proprietà di resistenza alla rottura dei tendini estensori digitali fissati nei tunnel ossei. A 2, 4 e 8 settimane, la rottura si è verificata con l'avulsione dell'innesto a livello dei tunnel ossei; dopo 12 e 26 settimane, invece, la rottura si è verificata a livello della parte centrale del tessuto dell'innesto.<sup>10,28</sup>

Nei conigli, in una ricerca, è stato studiato il processo biologico di guarigione dei tendini ischiocrurali autologhi per ricostruzione del LCA. Lo studio ha rilevato che l'innesto dei tendini ischio-crurali si incorpora con l'osso tramite un'entesi fibrosa e che la capacità di resistenza alla trazione dell'interfaccia tendine-osso è già abbastanza elevata nella prima fase post-operatoria. A 3 settimane dalla ricostruzione la rottura si è verificata a livello della parte centrale del tessuto dell'innesto e non con l'avulsione dell'innesto a livello dei tunnel ossei. In un successivo studio dello stesso gruppo di ricerca è stato rilevato che nella ricostruzione dell'LCA con tendini ischio-crurali autologhi, l'incorporazione dell'innesto avviene tramite una fissazione fibrosa che si conclude a circa 26 settimane dall'intervento.<sup>7</sup>

In un altro studio con cavie canine<sup>31</sup>, Tomita ha comparato il processo di guarigione intra-scheletrico nelle ricostruzioni dell'LCA fra 2 tipi di prelievo: i tendini flessori duplicati ed il tendine rotuleo (BPTB, Bone - Patellar Tendon - Bone).

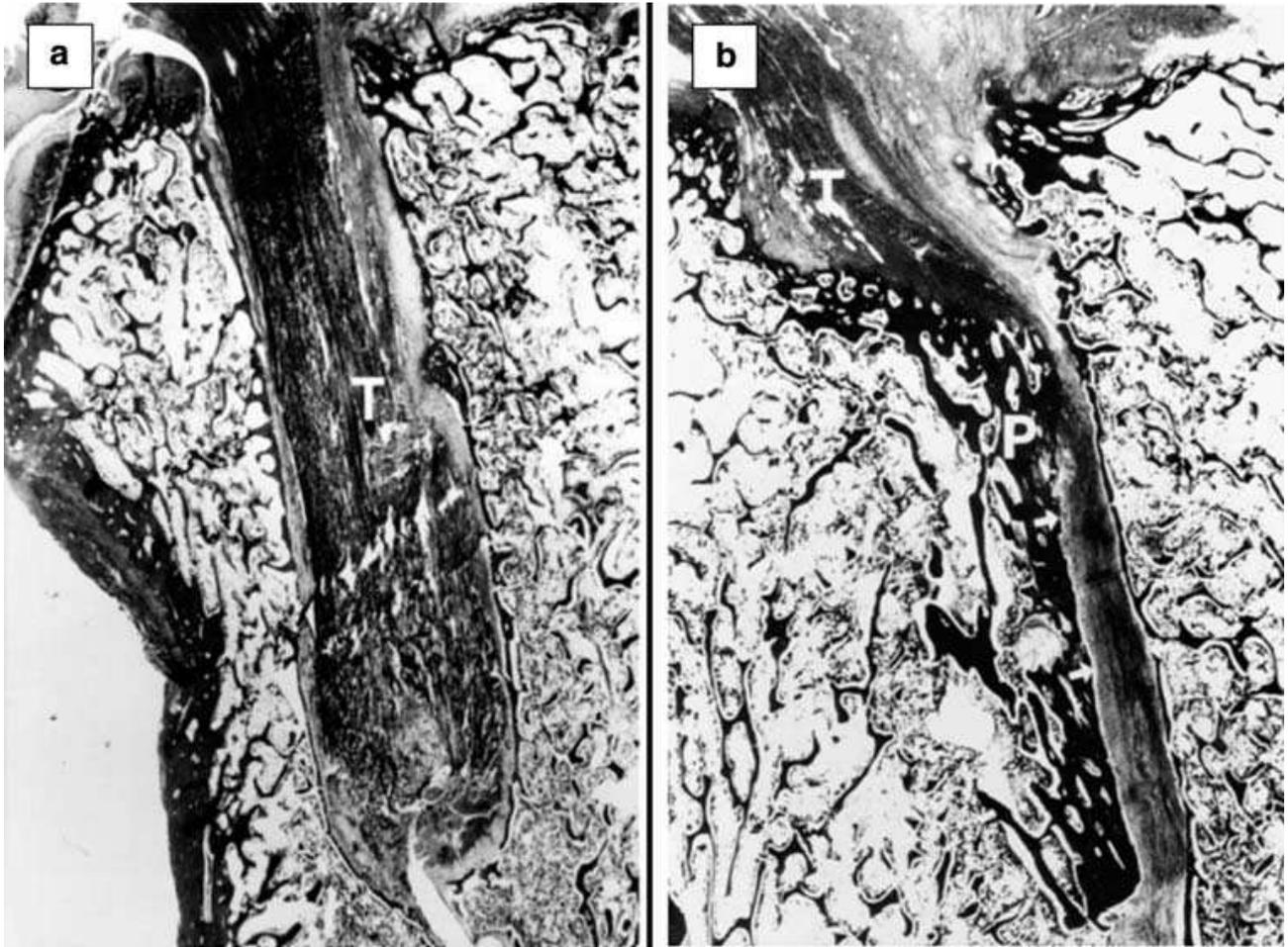
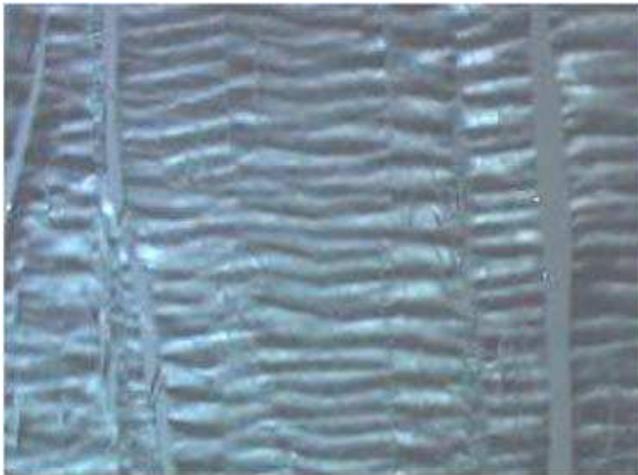


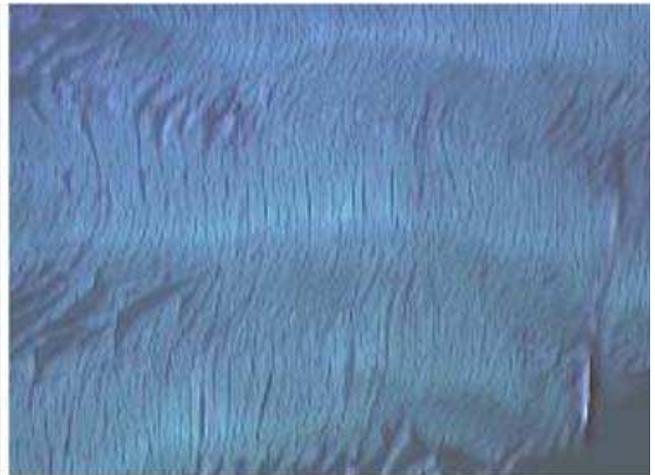
Fig. 2 Comparazione tra il processo di osteoincorporazione del trapianto tendineo isolato e del trapianto tendineo con bratte ossee in una cavia canina.

a La sezione istologica del trapianto tendineo isolato a 6 settimane di guarigione biologica mostra il tessuto di granulazione che penetra attraverso l'interfaccia tendine/osso. b La sezione istologica del trapianto tendineo con bratte ossee a 6 settimane di guarigione biologica mostra la completa osteoincorporazione dell'innesto (T tendine, P bratta ossea dell'innesto BTB)<sup>31</sup>

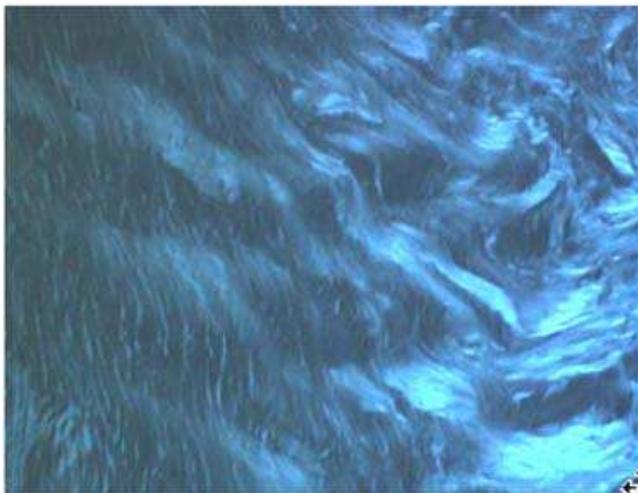
Nei test di stress meccanico in trazione è stato riscontrato che il punto debole dei tendini flessori duplicati a 3 settimane è rappresentata dall'interfaccia innesto-tunnel ossei, mentre a 6 settimane è rappresentata dall'inserzione fibrosa dell'innesto. Nella ricostruzione con BPTB il punto debole a 3 settimane è rappresentato dall'interfaccia innesto-tunnel ossei, mentre a 6 settimane è rappresentata dalla bratta ossea prossimale dell'innesto tendineo. A 3 settimane dalla ricostruzione, il punto di rottura nei test di resistenza alla trazione, nei tendini flessori duplicati è il 45% di quella con il tendine rotuleo; questo valore sale all'85% a 6 settimane.<sup>31</sup>



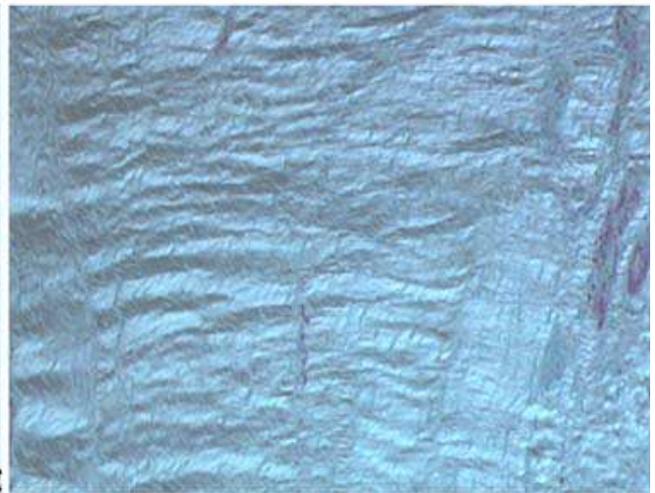
Intact ACL



Flexor tendon graft at t=0



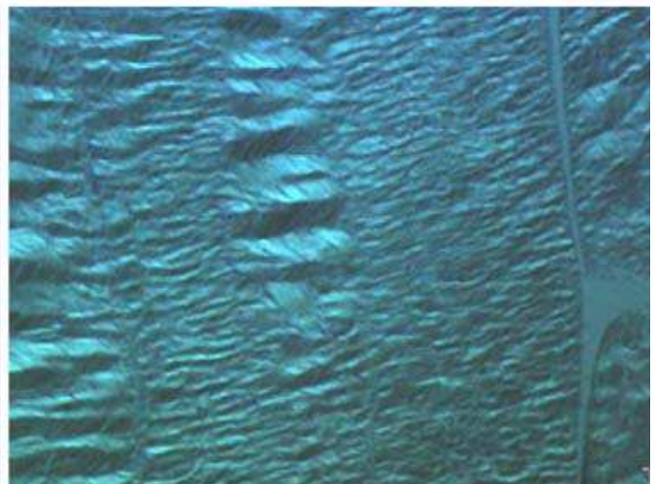
6 weeks



12 weeks



24 weeks



52 weeks

Fig. 3 Variazione dell'orientamento delle fibre collagene in diverse fasi della guarigione biologica dell'innesto in comparazione con l'orientamento delle fibre collagene in un LCA fisiologico. (microscopio a luce polarizzata, cavia ovina)<sup>10</sup>

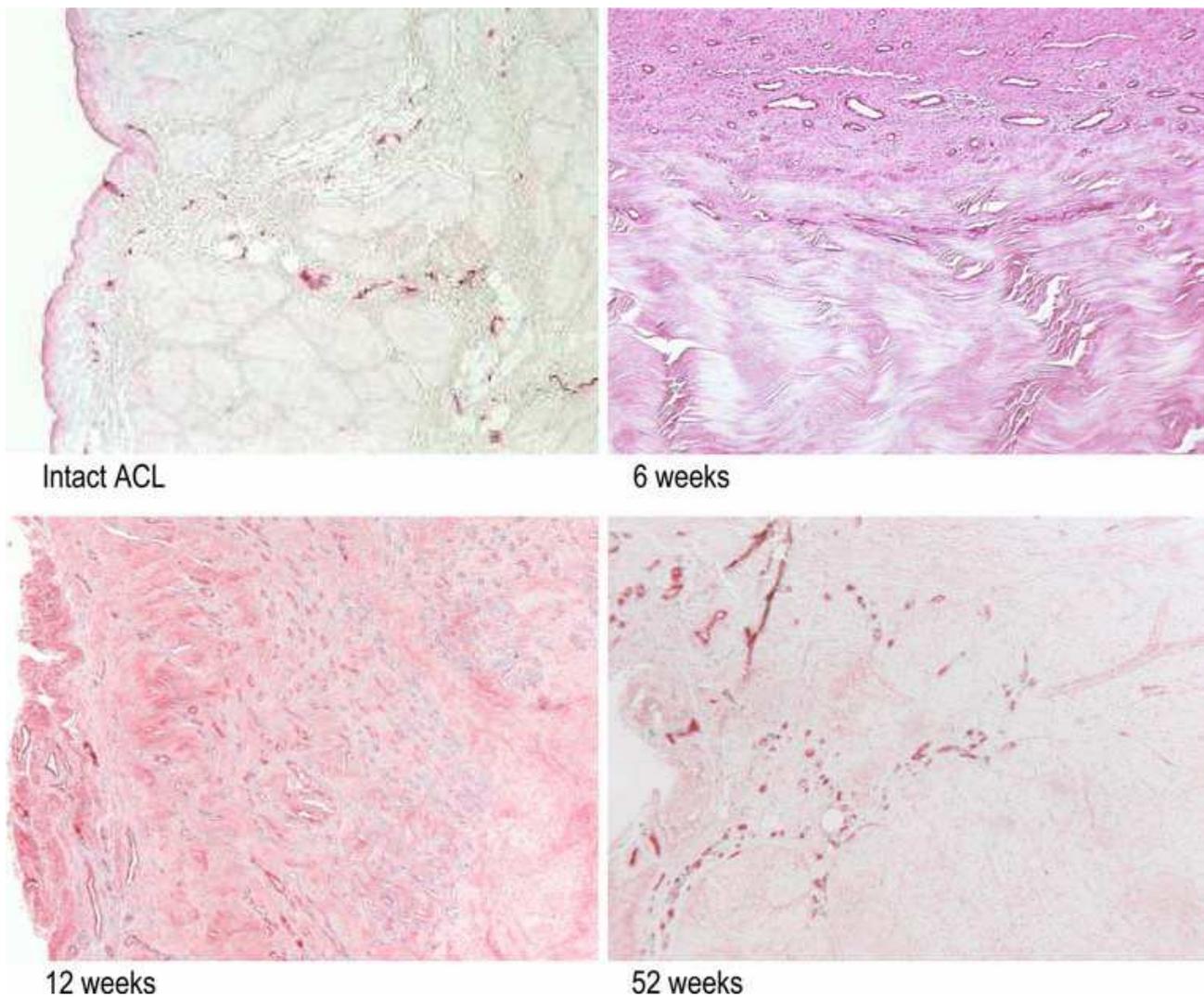


Fig. 4 Rivascolarizzazione dell'innesto in diverse fasi della guarigione biologica.<sup>1,10</sup>

È importante sottolineare che gli studi sperimentali effettuati su articolazioni di cavie animali, hanno dei limiti a causa della grande diversità anatomica e fisiologica con il ginocchio umano e per l'impossibilità di controllare il periodo post-operatorio sotto l'aspetto riabilitativo. Anche se le ricerche sulle cavie animali hanno fornito importanti dati sui processi di modellamento del trapianto e sulla biomeccanica articolare della ricostruzione, l'applicazione diretta di questi dati nella pratica clinica deve essere effettuata con grande cautela.

Per esempio, nella ricostruzione del LCA dell'uomo (con il prelievo del tendine rotuleo) non avviene la grande riduzione della capacità strutturale che è stata osservata negli studi su cavie animali.<sup>1,4,13</sup>

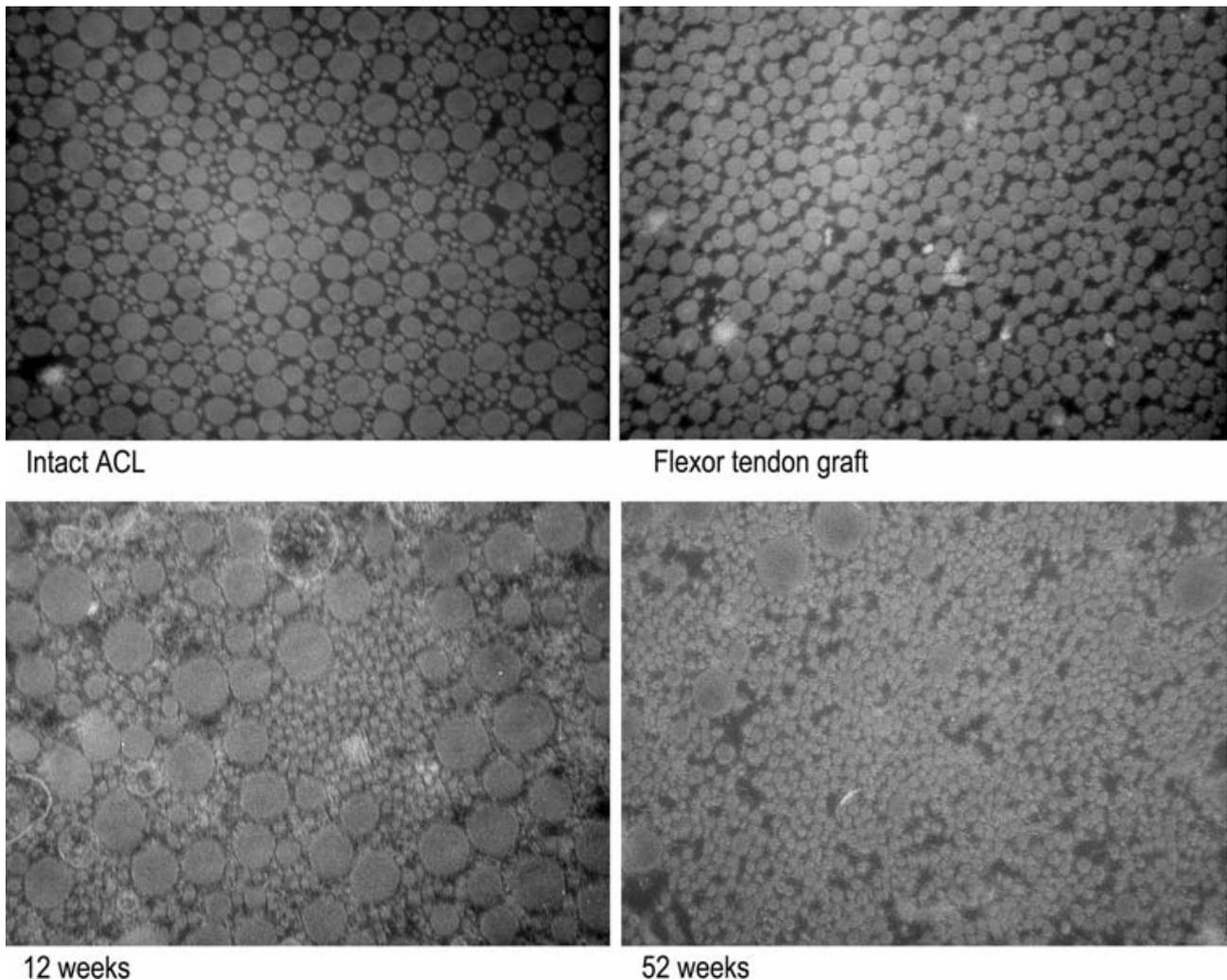


Fig. 5 Rimodellamento del collagene di trapianto tendineo nella ricostruzione del LCA in una cavia ovina in diverse fasi della guarigione biologica dell'innesto in comparazione con le fibrille di collagene di un LCA fisiologico.<sup>10</sup>

Questo è stato riscontrato in un interessante case report di un paziente sottoposto alla ricostruzione del LCA con il prelievo del terzo centrale del tendine rotuleo autologo, deceduto 8 mesi dopo.<sup>4</sup> Ad 8 mesi dalla chirurgia, è stata valutata la capacità di carico allo stress meccanico in trazione, riscontrando che il punto di rottura e la stiffness del trapianto erano praticamente

equivalenti a quelli del legamento controlaterale (fisiologico), mentre la lassità anteriore del ginocchio operato è significativamente maggiore rispetto a quello sano.

Più recentemente, Delay ed i colleghi hanno descritto un altro case report<sup>9</sup> di un paziente sottoposto alla ricostruzione del LCA con il prelievo del terzo centrale del tendine rotuleo (BPTB) autologo, a 18 mesi dalla ricostruzione. E' stata riscontrata un'integrazione ossea completa, sia del polo femorale che di quello tibiale dell'innesto, con però profonde aree di necrosi dell'innesto associate ad aree in fase di rimodellamento tessutale. Il polo prossimale dell'innesto tendineo presentava la parte superficiale e quella profonda rivascolarizzata, mentre la parte profonda del polo distale dell'innesto presentava diverse aree di necrosi, acellularizzate ed avascolarizzate.

Questo riscontro è supportato anche da un lavoro di Rougraff e Shelbourne<sup>27</sup>, i quali effettuarono 2 artroscopie di controllo post-chirurgico con biopsia a 3 ed 8 settimane in 9 soggetti sottoposti a ricostruzione dell'LCA con prelievo del tendine rotuleo autologo. Tutti i soggetti presentavano aree dell'innesto acellularizzate e degenerate, i ricercatori però osservarono una vascolarizzazione già presente a 3 settimane dalla ricostruzione con un continuo incremento anche alla valutazione artroscopica successiva effettuata ad 8 settimane. Petersell e Laprell<sup>23</sup> effettuarono biopsie a trapianti di tendini autologhi di ischiocrurali e rotulei in pazienti sottoposti a revisione chirurgica in esiti di ricostruzione dell'ACL.<sup>23</sup> Entrambi i tipi di innesto di tessuto autologo dimostrarono di essere ben incorporati nello scheletro, ma con fissazioni di tipo differente. Il trapianto con prelievo del tendine rotuleo ha una fissazione scheletrica attraverso le bratte ossee che ripristinano l'entesi condrale del LCA naturale, mentre il trapianto con prelievo dei tendini ischiocrurali ha una fissazione attraverso la penetrazione diretta delle fibrille dell'innesto nello scheletro con un entesi di tipo fibroso.<sup>23,26</sup>

In uno studio del gruppo di ricerca di Hunt<sup>16</sup> è stata valutata la capacità di resistenza alla trazione della ricostruzione dell' LCA con tendini flessori digitali superficiali di cavie ovine, con l'obiettivo di simulare la fissazione tendine-osso della ricostruzione con ischiocrurali. A distanza di un anno, l'innesto fissato anatomicamente a femore e tibia attraverso viti ad interferenza, presenta una capacità di resistenza alla trazione che è solo il 45% di un LCA normale.

E' indubbio che le sollecitazioni applicate al trapianto nella ricostruzione del LCA indotte dalle contrazioni muscolari e dal movimento articolare influenzino il processo di guarigione del neo-legamento nelle prime settimane post-chirurgiche. C'è però uno scarso consenso (fra l'altro con una letteratura di bassa qualità) su come e quanto gli aspetti biomeccanici dell'esercizio riabilitativo possano agire sulla biologia del processo di guarigione del trapianto e di tutti gli altri tessuti articolari.<sup>7</sup> Le revisioni e le linee guida selezionate dalla letteratura sui protocolli riabilitativi nella ricostruzione pro-LCA non distinguono il materiale biologico utilizzato come prelievo e non descrivono quali variabili sono state utilizzare per stilare i programmi riabilitativi secondo un approccio *Evidence Based* rendendo quindi impossibile anche un superficiale confronto fra gli stessi.<sup>7</sup>

Le migliori revisioni sulla riabilitazione per la ricostruzione del LCA hanno affrontato esclusivamente tematiche generali quali la concessione immediata del carico, la mobilitazione articolare precoce, il confronto fra esercizi a catena aperta e chiusa, l'elettrostimolazione, la crioterapia, la riabilitazione domiciliare, spesso senza neanche distinguere il tipo di materiale biologico utilizzato come prelievo.

La tendenza moderna è quella di una riabilitazione accelerata, con una riacquisizione del ROM e del carico gravitatorio immediato e con un ritorno allo sport previsto a circa 6 mesi dall'intervento.

L'approccio riabilitativo è lo stesso, sia che la ricostruzione venga effettuata con il prelievo del tendine rotuleo, che con i tendini gracile e semitendinoso, quando invece il processo di ligamentizzazione dei due materiali biologici è molto diverso sia sotto l'aspetto temporale che sotto l'aspetto istologico.<sup>3,17</sup>

Tenendo presente che oggi il 90% circa della ricostruzioni dell'ACL viene fatto con i tendini ischio-crurali è fondamentale per il fisioterapista conoscere il processo biologico di guarigione di questo tipo di innesto tendineo ed attuare un trattamento con un approccio riabilitativo non aggressivo, in attesa che nuovi studi chiariscano le incognite attuali sulla riabilitazione pro-LCA con il prelievo dei tendini-ischio-crurali.<sup>2,3</sup>

Studi di analisi computerizzata della deambulazione e della biomeccanica del ginocchio attraverso modelli matematici hanno dimostrato come il semplice cammino libero in linea retta induca ad ogni passo degli stress sul LCA pari a circa il 13% del punto di rottura alla trazione del legamento.<sup>18,29</sup> L'eccessivo stress sul neo-legamento nelle prime 6 settimane post-chirurgiche nella ricostruzione del LCA con tendini ischiocrurali potrebbe indurre una maggior lassità anteriore rispetto alla ricostruzione con tendine rotuleo.<sup>3,17</sup>

Attualmente esistono delle moderne tecniche di accelerazione del processo di guarigione dell'innesto tendineo legate alla terapia genetica ed ai fattori di crescita che sono in via di sviluppo, a tutt'oggi non esistono però forti evidenze cliniche della loro efficacia.<sup>32,39</sup>

## Conclusioni

A tutt'oggi, nonostante l'enorme quantità di letteratura presente, non esistono linee guida, protocolli o programmi riabilitativi con approccio EBM sulla riabilitazione negli esiti di ricostruzione del LCA con prelievo di tendini ischio-crurali. Sebbene da circa 10 anni questo tipo di trapianto sia diventato il *gold standard* per la ricostruzione del LCA, esiste questa enorme lacuna in letteratura.<sup>3</sup>

Tutti i protocolli-programmi presenti in letteratura fanno ancora riferimento alla ricostruzione con il prelievo del tendine rotuleo o non hanno un approccio *Evidence Based*.<sup>8,17,25</sup>

La riabilitazione negli esiti di ricostruzione di ACL con il tendine rotuleo, ha un approccio aggressivo<sup>8,17,25</sup> con la mobilizzazione precoce dell'articolazione femoro-tibiale, la concessione immediata del carico e del cammino libero.<sup>3,22,37,38</sup>

Concludendo, la riabilitazione moderna non fa un distinguo fra la riabilitazione pro-LCA con il prelievo dei tendini ischio-crurali ed il prelievo del tendine rotuleo, nonostante i risultati degli studi istologici sul processo di guarigione dei tendini ischiocrurali descrivano un incorporazione più lenta ("tendon-to-bone"), con le fibre dell'innesto che penetrano direttamente nei tunnel scheletrici costituendo un'entesi fibrosa non fisiologica.<sup>10,28</sup>

Con questo tipo di incorporazione e gli attuali mezzi di fissazione chirurgica, una riabilitazione troppo aggressiva nelle prime 6 settimane come quella per il tendine rotuleo, potrebbe rendere lasso il trapianto. La lassità potrebbe pregiudicare la stabilità articolare e portare il ginocchio ad una degenerazione precoce.<sup>3,17</sup>

Ne sono un esempio anche le migliori meta-analisi di confronto delle misure di outcome a lungo termine fra la ricostruzione del LCA con il prelievo del tendine rotuleo ed il prelievo dei tendini ischio-crurali che rilevano delle ginocchia leggermente più lasse

nel Lachman e nel Pivot-shift test nelle ricostruzioni con i tendini ischio-crurali.<sup>5,11,30</sup>

Per salvaguardare la perfetta integrità dell'innesto nelle prime 6 settimane, occorre quindi conoscere e rispettare la biologia del processo di *ligamentizzazione* con un approccio riabilitativo non aggressivo, in attesa che nuovi studi chiariscano le incognite attuali sulla riabilitazione pro-LCA con il prelievo dei tendini-ischio-crurali.

## Bibliografia

- 1** Arai Y, Hara K, Takahashi T, Urade H, Minami G, Takamiya H, Kubo T.  
Evaluation of the vascular status of autogenous hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction in humans using magnetic resonance angiography.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2008 Apr;16(4):342-7. Epub 2008 Jan 9.
- 2** Beynnon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE.  
Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I.  
Am J Sports Med. 2005 Oct;33(10):1579-602.  
Review
- 3** Beynnon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE.  
Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 2.  
Am J Sports Med. 2005 Nov;33(11):1751-67.  
Review
- 4** Beynnon BD, Risberg MA, Tjomsland O, Ekeland A, Fleming BC, Peura GD, Johnson RJ.  
Evaluation of knee joint laxity and the structural properties of the anterior cruciate ligament graft in the human: a case report.  
Am J Sports Med. 1997 Mar-Apr;25(2):203-6.
- 5** Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz PJ, Nizard RS.  
Bone-patellar tendon-bone autografts versus hamstring autografts for reconstruction of anterior cruciate ligament: meta-analysis.  
BMJ. 2006 Apr 29;332(7548):995-1001.  
Meta-analysis
- 6** Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz P, Nizard R.  
ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores.  
Clin Orthop Relat Res 2007;458:180-7.  
Meta-analysis
- 7** Blickenstaff KR, Grana WA, Egle D.  
Analysis of a semitendinosus autograft in a rabbit model.  
Am J Sports Med. 1997 Jul-Aug;25(4):554-9.
- 8** British Association for Surgery of the Knee, British Orthopaedic Sports Trauma Association.  
Best practice for primary isolated anterior cruciate ligament reconstruction.  
London: British Orthopaedic Association. (Available at <http://www.boa.ac.uk/PDF%20files/BASK/ACL%20practice.pdf>.)  
GUIDELINES
- 9** Delay BS, McGrath BE, Mindell ER.  
Observations on a retrieved patellar tendon autograft used to reconstruct the anterior cruciate ligament. A case report.  
J Bone Joint Surg Am. 2002 Aug;84-A(8):1433-8. Erratum in: J Bone Joint Surg Am 2002 Nov;84-A(11):2045.
- 10** Ekdahl M, Wang JH, Ronga M, Fu FH.  
Graft healing in anterior cruciate ligament reconstruction  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2008 Oct;16(10):935-47. Epub 2008 Jul 17.  
Review

- 11** Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC.  
Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft.  
Arthroscopy. 2005 Jul;21(7):791-803.  
Meta-analysis
- 12** Gottlob CA, Baker CL Jr, Pellissier JM, Colvin L.  
Cost effectiveness of anterior cruciate ligament reconstruction in young adults.  
Clin Orthop Relat Res. 1999 Oct;(367):272-82.
- 13** Gulotta LV, Rodeo SA.  
Biology of autograft and allograft healing in anterior cruciate ligament reconstruction.  
Clin Sports Med. 2007 Oct;26(4):509-24.  
Review
- 14** Hewett TE, Myer GD, Ford KR.  
Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: Part 1, mechanisms and risk factors.  
Am J Sports Med. 2006 Feb;34(2):299-311.  
Review
- 15** Höher J, Möller HD, Fu FH.  
Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction: fact or fiction?  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1998;6(4):231-40.  
Review
- 16** Hunt P, Scheffler SU, Unterhauser FN, Weiler A.  
A model of soft-tissue graft anterior cruciate ligament reconstruction in sheep.  
Arch Orthop Trauma Surg. 2005 May;125(4):238-48. Epub 2004 Mar 16.
- 17** Kvist J.  
Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation.  
Sports Med. 2004;34(4):269-80.  
Review
- 18** Lloyd DG, Buchanan TS, Besier TF.  
Neuromuscular biomechanical modeling to understand knee ligament loading.  
Med Sci Sports Exerc. 2005 Nov;37(11):1939-47.  
Review
- 19** Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM.  
The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis.  
Am J Sports Med. 2007 Oct;35(10):1756-69. Epub 2007 Aug 29.  
Review
- 20** Mountcastle SB, Posner M, Kragh JF Jr, Taylor DC.  
Gender differences in anterior cruciate ligament injury vary with activity: epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in a young, athletic population.  
Am J Sports Med. 2007 Oct;35(10):1635-42. Epub 2007 May 22.
- 21** Ménétrey J, Duthon VB, Laumonier T, Fritschi D.  
''Biological failure'' of the anterior cruciate ligament graft.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2008 Mar;16(3):224-31. Epub 2008 Jan 9.  
Review

- 22** Myer GD, Paterno MV, Ford KR, Quatman CE, Hewett TE.  
Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: criteria-based progression through the return-to-sport phase.  
J Orthop Sports Phys Ther. 2006 Jun;36(6):385-402.  
Review
- 23** Petersen W, Laprell H.  
Insertion of autologous tendon grafts to the bone: a histological and immunohistochemical study of hamstring and patellar tendon grafts.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2000;8(1):26-31.
- 24** Piasecki DP, Spindler KP, Warren TA, Andrish JT, Parker RD.  
Intraarticular injuries associated with anterior cruciate ligament tear: findings at ligament reconstruction in high school and recreational athletes. An analysis of sex-based differences.  
Am J Sports Med. 2003 Jul-Aug;31(4):601-5.
- 25** Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L.  
Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial.  
Phys Ther. 2007 Jun;87(6):737-50. Epub 2007 Apr 18.  
RCT - GUIDELINES
- 26** Robert H, Es-Sayeh J, Heymann D, Passuti N, Eloit S, Vaneenoge E.  
Hamstring insertion site healing after anterior cruciate ligament reconstruction in patients with symptomatic hardware or repeat rupture: a histologic study in 12 patients.  
Arthroscopy. 2003 Nov;19(9):948-54.
- 27** Rougraff BT, Shelbourne KD.  
Early histologic appearance of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 1999;7(1):9-14.
- 28** Scheffler SU, Unterhauser FN, Weiler A.  
Graft remodeling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2008 Sep;16(9):834-42. Epub 2008 May 31.  
Review
- 29** Shelburne KB, Torry MR, Pandy MG.  
Muscle, ligament, and joint-contact forces at the knee during walking.  
Med Sci Sports Exerc. 2005 Nov;37(11):1948-56.  
Review
- 30** Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE Jr.  
Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review.  
Am J Sports Med. 2004 Dec;32(8):1986-95.  
Systematic review
- 31** Tomita F, Yasuda K, Mikami S, Sakai T, Yamazaki S, Tohyama H.  
Comparisons of intraosseous graft healing between the doubled flexor tendon graft and the bone-patellar tendon-bone graft in anterior cruciate ligament reconstruction.  
Arthroscopy. 2001 May;17(5):461-76.
- 32** Weiler A, Förster C, Hunt P, Falk R, Jung T, Unterhauser FN, Bergmann V, Schmidmaier G, Haas NP.  
The influence of locally applied platelet-derived growth factor-BB on free tendon graft remodelling after anterior cruciate ligament reconstruction.  
Am J Sports Med. 2004 Jun;32(4):881-91.

- 33** Weiler A, Hoffmann RF, Bail HJ, Rehm O, Südkamp NP.  
Tendon healing in a bone tunnel. Part II: Histologic analysis after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep.  
Arthroscopy. 2002 Feb;18(2):124-35.
- 34** Weiler A, Peine R, Pashmineh-Azar A, Abel C, Südkamp NP, Hoffmann RF.  
Tendon healing in a bone tunnel. Part I: Biomechanical results after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep.  
Arthroscopy. 2002 Feb;18(2):113-23.
- 35** Wilson TC, Kantaras A, Atay A, Johnson DL.  
Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament surgery.  
Am J Sports Med. 2004 Mar;32(2):543-9.  
Review
- 36** Wright RW, Dunn WR, Amendola A, Andrish JT, Bergfeld J, Kaeding CC, Marx RG, McCarty EC, Parker RD, Wolcott M, Wolf BR, Spindler KP.  
Risk of tearing the intact anterior cruciate ligament in the contralateral knee and rupturing the anterior cruciate ligament graft during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective MOON cohort study.  
Am J Sports Med. 2007 Jul;35(7):1131-4. Epub 2007 Apr 23.
- 37** Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendola A, Andrish JT, Bergfeld JA, Dunn WR, Kaeding C, Kuhn JE, Marx RG, McCarty EC, Parker RC, Spindler KP, Wolcott M, Wolf BR, Williams GN.  
A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part I: continuous passive motion, early weight bearing, postoperative bracing, and home-based rehabilitation.  
J Knee Surg. 2008 Jul;21(3):217-24.  
Systematic review
- 38** Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendola A, Andrish JT, Bergfeld JA, Dunn WR, Kaeding C, Kuhn JE, Marx RG, McCarty EC, Parker RC, Spindler KP, Wolcott M, Wolf BR, Williams GN.  
A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part II: open versus closed kinetic chain exercises, neuromuscular electrical stimulation, accelerated rehabilitation, and miscellaneous topics.  
J Knee Surg. 2008 Jul;21(3):225-34.  
Systematic review
- 39** Yamazaki S, Yasuda K, Tomita F, Tohyama H, Minami A.  
The effect of transforming growth factor-beta1 on intraosseous healing of flexor tendon autograft replacement of anterior cruciate ligament in dogs.  
Arthroscopy. 2005 Sep;21(9):1034-41.