

## Ricostruzione del legamento crociato anteriore con semitendinoso quadruplicato e "bone blocks"

### ACL reconstruction with "Quadrupled Bone Semitendinosus"

A. Gobbi  
M. Zanazzo

#### RIASSUNTO

**Obiettivi:** L'impiego del semitendinoso nella ricostruzione LCA è frequente per la robustezza dell'innesto e la bassa morbilità locale, talora il tendine rotuleo è preferito per la forte fissazione "bone to bone" e la rapida osteointegrazione.

**Ipotesi:** Il semitendinoso con osso combina i vantaggi delle due tecniche.

**Materiali e metodi:** Da gennaio '96 a dicembre '99 abbiamo prospettivamente valutato 100 pazienti operati con "bone semitendinosus", fissazione femorale con endobutton, tibiale con Fast Lok.

Follow-up medio 34 mesi, valutazione con tabelle IKDC, Lysholm, Tegner, Noyes, test funzionali e strumentali. RX dopo l'intervento ed al controllo finale, Rm a 3/6 mesi per valutare l'integrazione dell'innesto. Analisi statistica: t. students test.

**Risultati:** Tempo medio intervento: 80 min. 80% dei pazienti dimessi entro 24 ore. Valutazione soggettiva: 85/100; kneeling test + 7% dei pazienti, Lachman neg. nel 90%. Rm: buona incorporazione dell'innesto a 3 mesi; analisi computerizzata: < 3 mm di differenza nell'80% dei pazienti. Test isocinetico: normale dopo 12 mesi.

IKDC A + B nel 90% dei casi, C: 9, D: 1 (sepsi).

**Conclusioni:** Il semitendinoso quadruplicato "bone to bone" è una valida alternativa nella ricostruzione LCA; combina precoce integrazione ottima robustezza dell'innesto e rappresenta il "golden standard" in pazienti con preesistenti problemi all'apparato estensore.

*Parole chiave: Ricostruzione LCA, Semitendinoso, Tendini flessori*

#### SUMMARY

**Objectives:** The objective of our study was to show that the quadrupled semitendinosus bone graft could provide clinical improvement in ACL-deficient patients.

**Methods:** ACL reconstruction with an STB graft was performed on 100 patients with isolated ACL injury from January 1996 to December 1999. At a mean follow-up of 34 months, they were evaluated with the following: standard knee scores and functional strength tests; post-operative pain rating; knee x-rays; MRI at 3-6 months; isokinetic test at 3, 6, and 12 months. Computerized laxity analysis was performed at final evaluation. Statistical analysis was done with student's test.

**Results:** Average Noyes score was 86, Lysholm score 92, and Tegner activity rating 6.7. IKDC score showed 90 knees normal or nearly normal, 9 abnormal, and one severely abnormal. Subjective score was 85%; kneeling test was positive in 7% and Lachman test was negative in 90% at final evaluation; MRI showed graft incorpora-

Orthopaedic Arthroscopic  
Surgery International,  
Via Amadeo 24, 20133 Milano,  
Italy  
Tel. 02 7610310  
Fax 02 70124931  
E-mail: info@oasiortopedia.it /  
sportmd@fin.it

Ricevuto il 28 ottobre 2003  
Accettato il 15 dicembre 2003

tion at 3 months. Isokinetic testing showed normal hamstring and quadriceps peak torques at 12 months. The functional strength tests were normal by 6 months. Computerized laxity analysis revealed 90% with less than 3mm side-to-side difference.

**Conclusions:** Quadrupled bone-semitendinosus is a viable graft for ACL reconstruction.

*Key words:* ACL, hamstring, semitendinosus

### INTRODUZIONE

Il trattamento delle lesioni del legamento crociato anteriore è tuttora oggetto di discussione: tra gli argomenti inclusi nelle controversie vi sono la scelta del trapianto e le modalità di fissazione; molti tipi di trapianto sono stati proposti ma il tendine rotuleo ed il semitendinoso talora associato al gracile, sono quelli adottati dalla maggioranza dei chirurghi.

Vantaggi e svantaggi di ciascun tipo di trapianto sono stati ampiamente descritti da molti autori ed un esame della letteratura non rileva importanti differenze riguardo i risultati a distanza<sup>1-3</sup>.

Tra i vantaggi del tendine rotuleo vengono considerati la facilità del prelievo, la sua robustezza e la possibilità di ottenere una solida fissazione osso con osso con rapida integrazione dell'innesto.

D'altra parte il prelievo del terzo centrale del tendine rotuleo può indebolire l'apparato estensore e creare in certi pazienti un fastidioso e persistente dolore anteriore del ginocchio.

Il semitendinoso quadruplicato presenta una notevole robustezza, evita l'indebolimento dell'apparato estensore diminuendo la morbilità post operatoria ma presenta maggiori difficoltà per ciò che concerne il prelievo del trapianto e la sua fissazione<sup>4-7</sup>.

### CARATTERISTICHE DEL TRAPIANTO

Noyes<sup>8</sup> ha eseguito uno studio su 90 cadaveri in cui il legamento crociato anteriore è stato ricostruito con semitendinoso e gracile quadruplicato o con tendine rotuleo ed ha esaminato la resistenza allo strappo e la rigidità del legamento: i risultati mostrano che la resistenza di semitendinoso e gracile è decisamente superiore rispetto ad un prelievo di 10 mm del tendine rotuleo.

Uno studio sperimentale condotto da Steiner<sup>9</sup> ha dimostrato che la forza riportata da Noyes aumenta del 100% quando semitendinoso e gracile sono duplicati, inoltre i tendini flessori offrono un'area di contatto del 35% superiore a quella di un tendine rotuleo di 10 mm<sup>10</sup>.

### GUARIGIONE DEL TRAPIANTO

Una precoce incorporazione del tessuto tendineo all'interno del tunnel è alla base per una buona sopravvivenza del trapianto, pertanto la fissazione e l'incorporazione del tendine all'interno del tunnel sono una preoccupazione teorica e pratica per l'ortopedico.

Un trapianto costituito da fasci multipli può ottenere un maggiore apporto nutritivo infatti l'aumento della superficie di contatto determina la necessità di una minore profondità di penetrazione per la capillarizzazione.

Pinczewski<sup>11</sup> ha riportato l'istologia del trapianto effettuato con semitendinoso e gracile in pazienti che si sono sottoposti ad interventi di revisione ed ha mostrato l'integrazione dei tendini tramite fibre di collagene in continuità fra l'osso ed il tendine.

Weiler<sup>12</sup> ha dimostrato che un diretto contatto tra il trapianto e l'osso all'interno del tunnel è fondamentale per ottenere una completa integrazione in circa 12-15 settimane.

Goradia<sup>13</sup> ha dimostrato che i fibroblasti costituenti il trapianto ottenuto con il terzo centrale del tendine rotuleo muoiono nell'ambiente sinoviale intrarticolare mentre il tendine del semitendinoso trapiantato non va incontro a necrosi tissutale poiché è circondato e nutrito dalla membrana di peritoneo che lo riveste.

### FISSAZIONE DEL TRAPIANTO

Diversi metodi di fissazioni sono stati descritti per fissare il trapianto all'osso sia a livello del femore che della tibia<sup>9 14 15</sup>. Possiamo distinguere tra metodi di fissazione diretta in cui il trapianto viene solidarizzato direttamente all'osso e fissazione indiretta che prevede l'interposizione di un mezzo di connessione. Idealmente le caratteristiche del mezzo di fissazione dovrebbero essere simili a quelle del legamento naturale.

La fissazione del tendine trapiantato all'interno del tunnel avviene per interposizione di tessuto connettivo che si ancora all'osso con delle fibre di collagene definite "fibre

di Sharpey” e tramite la formazione di tessuto osseo nel tunnel<sup>6 11 16</sup>.

Weiler<sup>12 15</sup> ha studiato le caratteristiche di forza iniziale del semitendinoso e gracile sottoposti a forze statiche e dinamiche con differenti tipi di fissazione ed ha dimostrato che l’uso di un innesto costituito dal semitendinoso ancorato ad un blocchetto osseo può offrire una elevata resistenza ed è simile all’impiego del tendine rotuleo con pasticca ossea all’estremità.

Noyes<sup>8</sup> ha stimato in 450 N. gli stress cui è sottoposto il legamento nelle comuni attività giornaliere, ma bisogna tenere presente che i comuni programmi di riabilitazione prevedono forze subliminari ripetitive che stressano il trapianto e possono determinare micro movimenti nella zona di giunzione con l’osso.

Nella ricostruzione endoscopica del LCA è stato talvolta evidenziato radiograficamente un allargamento dei tunnel ossei: si definisce allargamento un aumento superiore al 25% delle misure originali del tunnel stesso e più frequentemente si verifica a livello del tunnel tibiale<sup>17-19</sup>. L’eziologia è multifattoriale: alcuni autori ritengono sia dovuto a fattori biologici, altri considerano dei fattori meccanici; l’ingresso di liquido sinoviale all’interno dei tunnel così come il movimento del trapianto potrebbero giocare un ruolo significativo.

Altri fattori possono determinare una lassità dell’innesto tra cui l’elongazione della sutura a livello della giunzione con il trapianto<sup>18 20</sup>.

## LA RIABILITAZIONE

La riabilitazione del paziente operato di ricostruzione del LCA rappresenta una delle maggiori preoccupazioni poiché lunga ed impegnativa<sup>7 21 22</sup>.

Molti studi dimostrano che la stabilità primaria di un trapianto con semitendinoso e gracile quadruplicati è più che sufficiente per poter iniziare immediatamente un programma riabilitativo accelerato, ma occorre ricordare, che continui movimenti del ginocchio durante gli esercizi riabilitativi possono esercitare un’azione di stress sull’innesto “bungee effect” che può determinare perdita di stabilità del ginocchio.

Anche il recupero della forza muscolare è un altro aspetto importante, Yasuda<sup>12</sup> ha dimostrato che è possibile ritornare ai valori di forza pre intervento dell’arto operato dopo circa 3 mesi.

## TECNICA CHIRURGICA

La nostra tecnica precede l’impiego del solo semitendinoso salvando il gracile onde evitare un ulteriore indebolimento dell’apparato flessore.

Non abbiamo voluto rinunciare alla possibilità di ottenere una precoce e solida guarigione “osso con osso” e pertanto il tendine viene distaccato distalmente con un blocchetto di osso cortico spongioso prelevato dalla tibia.

La scelta di utilizzare un solo tendine ha inevitabilmente condizionato il sistema di fissazione adottato; ricorrendo ad una fissazione indiretta a sospensione la nostra scelta si è orientata verso l’endobutton CL per il femore e la FastLok in titanio 6 mm per la tibia.

Il prelievo viene effettuato tramite un’incisione di circa 5 cm sul margine antero-mediale della tibia, distalmente alla linea articolare e medialmente alla cresta tibiale. Con il ginocchio flesso a 40° con un apposito tendon stripper si può procedere alla graduale liberazione del tendine fino a sezionarlo più prossimamente possibile. A questo punto, separato il semitendinoso dal gracile a livello della inserzione tibiale, si procede al prelievo del blocchetto osseo mediante un piccolo osteotomo. Il trapianto viene posizionato su di un apposito strumento e ripiegato su se stesso in modo da poterlo quadruplicare. Viene quindi collegato all’endobutton e due fettucce di Tycron n° 5 di diverso colore sono posizionate nei fori del bottone per poterlo trazionare. Il trapianto, accuratamente imbastito deve essere ora pretensionato. La preparazione del tunnel tibiale viene effettuata grazie all’apposita guida tramite un carotatore in modo da salvare una pasticca ossea che ci servirà a bloccare il tendine nel tunnel tibiale ad ore 10,30 per un ginocchio dx. Il tunnel femorale viene praticato posteriormente, vicino alla posizione di “over the top”, ricercando la posizione “anatomica” del legamento naturale. Il trapianto pretensionato per circa 15-20 minuti, viene introdotto all’interno dell’articolazione ed alloggiato all’interno del tunnel femorale. I fili collegati all’estremità del bottone, consentono di farlo ruotare ottenendo così la fissazione. Il foro tibiale viene accuratamente riempito con la carota ossea salvata in precedenza bloccando il tendine e creando un contatto “osso con osso” evitando ogni possibile movimento all’interno del tunnel. Per la fissazione tibiale viene utilizzata una cambra in titanio da 6 mm fast look la cui resistenza allo strappo è di oltre 900 Newton (Fig. 1).

Al termine dell’intervento viene applicata una ginocchiera bloccata in estensione per facilitare la deambulazione

Fig 1. Fasi di preparazione del trapianto: A) identificazione dei tendini, B) prelievo del semitendinoso, C) pulizia, D) quadruplicazione attorno ad un cappio in poliestere, E) pre-tensionamento, F) fissaggio dell'endobutton nel tunnel femorale, G) fissazione alla tibia con Fast Lok, e pressfit con osso del tunnel tibiale.



immediata del paziente.

Il nostro protocollo post-operatorio consiste in una aggressiva riabilitazione che prevede un recupero precoce della mobilità da 0° a 130° in 8 settimane, con un rinforzo muscolare progressivo, ginnastica propriocettiva e rieducazione neuromuscolare.

### MATERIALI E METODI

Abbiamo selezionato un gruppo di 100 atleti che sono stati sottoposti consecutivamente alla ricostruzione del LCA con semitendinoso e pasticca ossea (STB) secondo la tecnica presentata (Tab. I).

Tutti i pazienti sono stati operati dallo stesso chirurgo ed hanno seguito un identico programma controllato di riabilitazione.

I soggetti che avevano effettuato una precedente operazione, esclusa una meniscectomia parziale, o che presentavano una lesione legamentosa associata od un danno condrale di IV grado sono stati esclusi da questo studio.

Tutti i pazienti sono stati operati con un intervallo da un minimo di 1 mese ad un massimo di 6 mesi dal trauma. Gli interventi sono stati eseguiti in anestesia generale in 58 pazienti, epidurale in 42; il laccio emostatico è stato utilizzato solo per il prelievo del trapianto con una durata media di 14 minuti. I soggetti selezionati praticavano sport a differente livello di attività (Tab. I).

Il follow-up medio è stato di 34 mesi, tutti i pazienti sono stati esaminati singolarmente dal chirurgo e dal terapeuta a 3-6-12 mesi ed alla valutazione finale (a circa 2 anni) che è stata eseguita da un osservatore estraneo.

L'analisi ha incluso uno studio radiografico eseguito il giorno dopo l'intervento, a 3 mesi ed alla valutazione finale; i pazienti sono stati analizzati



Fig 2. Esame Rx in proiezione anteroposteriore e laterale, viene evidenziata la fissazione con endobutton al femore e Fast Lok alla tibia.

Tab. I.

Sport	
Tennis	4
Nuoto	2
Basket	10
Karate	4
Palestra	2
Motocross	20
Pallavolo	10
Calcio	18
Sci	26
Mountainbike	4
<b>Totale</b>	<b>100</b>

con TAC o RMN a distanza di 3 mesi dall'intervento chirurgico per valutare l'osteointegrazione del trapianto ed al controllo finale per evidenziare eventuale allargamento dei tunnel. La valutazione soggettiva ha incluso i sintomi, la mobilità del ginocchio, la stabilità, il dolore all'inginocchiamento oltre ad una serie di test funzionali. L'estensione del ginocchio è stata misurata con il paziente prono, la perdita di flessione con il paziente supino, comparando il ginocchio operato con quello sano. L'analisi computerizzata del ginocchio è stata eseguita con OSI CA 4000 (Knee motion analyzer Orthopedic System Inc. Hayward CA.), prima dell'intervento, a 3/6 mesi ed alla valutazione finale. La traslazione tibiale anteriore e posteriore è stata misurata applicando una forza da 200 Newton; sono inoltre stati eseguiti test dinamici facendo compiere al soggetto movimenti di flesso estensione dell'arto attivi, con e senza resistenza manuale applicata alla caviglia.

Il test isocinetico è stato eseguito con dinamometro Biodex (Biodex Corp., Shirley, New York) da un singolo esaminatore, il primo test è stato eseguito 3 mesi dopo l'intervento, il secondo test dopo 6 mesi e quindi a distanza di un anno dall'intervento. La forza massima di flessione ed estensione è stata misurata a 60°, 180°, 300°/sec, è stato calcolato il lavoro totale ed il rapporto flessori/estensori.

## ANALISI STATISTICA

L'analisi statistica è stata effettuata utilizzando il Student T-test assumendo il "P Value" come significativo se minore di 0,05.

Tab. II. Risultati delle schede valutative.

Tests		
Tegner	Preop	7,5
	Postop	6,7
Noyes		86
Lysholm		92
Hop test (% Deficit)	6 M	9
	12 M	6
IKDC	Gruppo A	46
	Gruppo B	27
	Gruppo C	6
	Gruppo D	1

## RISULTATI

Il tempo chirurgico medio necessario per la ricostruzione con questa tecnica è stato di 80 minuti, il prelievo del semitendinoso ha richiesto 12 minuti, la preparazione del trapianto 15-20 minuti. L'80% dei pazienti è stato dimesso dopo 24 ore dall'intervento. I risultati delle schede valutative sono riassunti nella Tabella II.

La scheda IKDC ha rivelato il 90% dei pazienti normali (A) o quasi normali (B); in 6 casi il risultato è stato giudicato anormale (C) a causa di dolore tibiale riferito a livello del mezzo di fissazione oppure per dolore rotuleo, 1 caso è stato giudicato severamente anormale (D) per un'infezione post operatoria in paziente ex tossico dipendente esitata in artrite. Il test funzionale "single hop" ha mostrato una differenza superiore al 15% tra le due gambe in meno del 20% dei pazienti.

Il test dell'inginocchiamento ha rivelato un moderato dolore solo nel 7% dei pazienti; un modesto scroscio femoro-rotuleo è stato riscontrato in 4 pazienti.

Oltre il 60% dei pazienti ha ripreso lo sport allo stesso livello; il 20% ha cambiato livello di attività sportiva, in parte per la paura di una nuova lesione, in parte per diverso stile di vita, ma non a causa della instabilità del ginocchio.

Una ragazza di anni 17 è stata sottoposta ad una seconda artroscopia dopo 7 mesi, a causa di un nuovo trauma distorsivo riportato durante una partita di pallavolo; l'esame ha evidenziato una rottura parziale intralegamento-sa del trapianto, è stata trattata con tutore e successiva riabilitazione ed ha comunque ripreso l'attività sportiva ma a livello inferiore.



Un'altra ragazza semiprofessionista giocatrice di basket, dopo 9 mesi è stata sottoposta ad artroscopia e meniscectomia parziale mediale per un trauma distorsivo riportato in partita.

Tutti i pazienti sono stati interrogati ed invitati ad assegnare un punteggio al ginocchio operato, considerando il ginocchio normale valido al 100%: il risultato medio nel gruppo in esame è stato, dell'85%.

Gli studi radiografici hanno rivelato in 2 casi allargamento del tunnel tibiale ed in 1 caso (donna di 28 anni asintomatica) al controllo Rx a 2 anni è stata evidenziata una cavità cistica del tunnel femorale. Gli esami con TAC ed RMN hanno mostrato in tutti i casi una buona integrazione dell'innesto.

Il test isocinetico ha mostrato una diminuzione di forza degli ischio-crurali a 60°/sec. A tre mesi, con una normalizzazione in tutti i casi a 12 mesi (Tab. III).

L'analisi computerizzata del ginocchio ha fornito un valore di differenza tra lato sano ed arto operato inferiore a 3 mm nell'80% dei pazienti. È stata rilevata una significativa differenza tra i maschi e le femmine con una lassità maggiore nei soggetti di sesso femminile (Tab. IV).

## CONCLUSIONI

L'uso del semitendinoso triplicato o quadruplicato fissato con Endobutton è stato presentato nel 1989 da Rosenberg<sup>7</sup> tale tecnica mira a compensare le capacità meccaniche inferiori di un tendine raddoppiato ed evitare di dover prelevare anche il tendine del gracile.

Molti autori sono d'accordo che il prelievo del tendine del semitendinoso offra una minore morbidity locale, altri ritengono sia difficile ottenere con questo tipo di innesto la stessa stabilità che si ottiene con il tendine rotuleo<sup>1-3 5 8 14 21 23 24</sup>.

Alcuni studi giudicano il risultato di una tecnica chirurgica con la misura della traslazione tibiale anteriore effettuata con il test di Lachmann, se però otteniamo un valore di differenza tra i due arti inferiore allo zero, in questo caso il ginocchio deve essere considerato troppo rigido e potenzialmente esposto al rischio di artrofibrosi<sup>25-27</sup>.

Il presente studio dimostra che l'uso di un trapianto composto dal semitendinoso distaccato con una pasticca ossea, quadruplicato e collegato ad endobutton può essere considerato un impianto con una forza di fissazione simile a quella ottenuta con il trapianto osso/tendine/osso

Tab. III. Risultati test isocinetico.

Velocità 60	Peak torque		Total work		Ratio	
	Deficit %		Deficit %		Flex	Ext
	Ext	Flex	Ext	Flex	I	Un
3 mese	13,8	15,9	11,4	20,2	73	70,4
60 mese	7,4	10,5	10,7	12,3	76,9	70,9
120 mese	-1,4	1,9	1,6	8,8	71,8	64,7
Velocità 180	Peak torque		Total work		Ratio	
	Deficit %		Deficit %		Flex	Ext
	Ext	Flex	Ext	Flex	I	Un
30 mese	5,7	6,1	7,6	10,6	92,7	83,3
60 mese	1,8	4,3	6,9	9,8	87,7	77,1
120 mese	3,0	10,8	0,4	13,7	88,7	74,3
Velocità 300	Peak torque		Total work		Ratio	
	Deficit %		Deficit %		Flex	Ext
	Ext	Flex	Ext	Flex	I	Un
30 mese	2,9	4,4	7,4	6,1	104,5	88,3
60 mese	1,8	1,4	2,4	3,2	98,9	93,9
120 mese	-2,1	7,6	-4,1	9,3	91,5	79,6

Tab. IV. Risultati analisi computerizzata del ginocchio.

Analisi computerizzata del ginocchio (test OSI)			
Traslazione tibiale anteriore			
Differenza arto sano/operatoro			
Valore medio		Min/max	
Maschi	1,14 min	(0,3-2,1)	P = 0,035
Femmine	1,7 min	(0,7-2,6)	P = 0,035

ma con una minor incidenza di disturbi legati al prelievo dell'innesto.

Riteniamo significativo segnalare che all'interno del gruppo di pazienti analizzato, 5 soggetti erano stati sottoposti in precedenza a ricostruzione del LCA nel ginocchio controlaterale con il tendine rotuleo e tutti i pazienti hanno affermato al controllo finale di avere preferito l'intervento effettuato con il semitendinoso motivando la loro affermazione con il minore dolore post operatorio, la riabilitazione iniziale più facile e la mancanza di dolori all'inginocchiamento.

In conclusione riteniamo che l'impiego del solo semitendinoso quadruplicato sia un eccellente trapianto offrendo ottime garanzie di stabilità con il vantaggio di una minima morbidità in sede di prelievo.

È importante che il trapianto venga posizionato perfettamente in modo da garantire una precoce guarigione; una riabilitazione accurata consentirà di ottenere eccellenti risultati.

Riteniamo comunque che non sia ancora stata trovata la tecnica ideale per la ricostruzione del legamento crociato anteriore e che siano necessarie ulteriori ricerche volte alla "riparazione" piuttosto che alla "ricostruzione".

## BIBLIOGRAFIA

- Aglietti P, Buzzi R, Zaccherotti G, De Biase P. *Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis for anterior cruciate ligament reconstruction*. AJSM 1994;22:218.
- Beynon BD, Johnson RJ, Kannus P, Kaplan M, Nichols EC, Renstrom A, et al. *A prospective, randomized, clinical investigation of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of the bone patellar tendon bone and semitendinosus-gracilis autograft*. Arthroscopy 1998;14(Suppl.1):20 (abstract).
- Maeda A, Shino K, Horibe S, Nakata K, Buccafusca G. *Anterior cruciate ligament reconstruction with multistranded autogenous semitendinosus tendon*. Am J Sports Med 1996;24:504-9.
- Liu SH, Kabo JM, Osti L. *Biomechanics of two types of bone-tendon-bone graft for ACL reconstruction*. 1995;77-b:232-5.
- Gobbi A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B. *Patellar tendon versus quadrupled bone-semitendinosus ACL reconstruction: a prospective clinical investigation in athletes*. Arthroscopy 2003;19:592-601.
- Pinczewski LA, Clingeleffer AJ, Otto DD, Bonar SR, Corry SI. *Integration of hamstring tendon graft with bone in reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament*. Arthroscopy 1997;13:641-3.
- Rosenberg TD, Pazik JT. *Anterior cruciate ligament reconstruction with quadrupled semitendinosus autograft*. *Current techniques in arthroscopy*. Edited by Parisien JS, 2<sup>nd</sup> Ed. 1996, chapter 9.
- Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RE, Hefzy MS. *Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee ligament repairs and reconstructions*. JBJs 1984;66-A:344-52.
- Steiner N, Hecker AT, Brown CH Jr, Hayes WC. *Anterior cruciate ligament graft fixation. Comparison of hamstring and patellar tendon grafts*. AOSSM 1994;22:240-7.
- Masayuki H, Shino K, Mitsouka T, Nobhuirc, A, Horibe S. *Cross-sectional area measurement of the semitendinosus tendon for anterior cruciate ligament reconstruction*. Arthroscopy 1998;14:696-701.
- Lui SH, Panossian V, AlShiekh R, Tomin E, et al. *Morphology and matrix composition during early tendon to bone healing*. Clin Orthop 1997:253-60.
- Yasuda K, Tsujino L, Ohkoshi Y, Tanabe Y, Kaneda K. *Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons*. AJSM 1995;23:706-14.
- Goradia VK, Rochat MC, et al. *Natural history of a hamstring tendon autograft used for ACL reconstruction in sheep model*. AJSM 2000;28:40-6.
- Rowden NJ, Sher D, Rogers GL, Schindhelm K. *Anterior cruciate ligament graft fixation. Initial comparison of patellar tendon and semitendinosus autografts in fresh cadavers*. AOSSM 1997;25:472-8.
- Weiler A, Hoffman R, Windhagen H, Lauruscher A, Raschke M. *Biomechanical evaluation of different biodegradable interference screws*. Arthroscopy 1997;13:403.
- Grana WA, Eagle DM, Mahnken R, Goodhart CW. *An analysis of autograft fixation after anterior cruciate ligament reconstruction in a rabbit model*. AJSM 1994;22:344-51.
- Clatworthy MQ, Anear P, Bulow JU, Bartlett RJ. *Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patellar tendon grafts*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1999;7:138-45.
- Hóher J, Moller HD, Fu FR. *Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction: fact or fiction?* Knee surg Sports Traumatol Arthrosc 1998;6:231-40.
- Shulte K, Majewski M, Irregang JJ, Fu FH, Harner CD. *Radiographic tunnel changes following arthroscopic ACL reconstruction. Autograft Vs Allograft*. Arthroscopy 1996;1:272-3.
- Levine RE, Simonian PT, Wright TM, Wickiewicz TL, Warren RE. *Cyclic creep Response of hamstring and patellar*

- tendon ACL, grafts. Abstracts 1998;14:436-7.
- <sup>21</sup> Howell SM, Taylor MA. *Brace-free rehabilitation, with early return to activity, for knees reconstructed with a double looped Semitendinosus and Gracilis graft.* JBSJ 1996;78-A:814-25.
- <sup>22</sup> Shelbourne KD, Nitz P. *Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction.* AJSM 1990;18:292-9.
- <sup>23</sup> Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. *Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction.* Arthroscopy 1995;11:275-88.
- <sup>24</sup> O'Neill DB. *Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomised analysis of three techniques.* JBSJ 1996;78-A:803-13.
- <sup>25</sup> Daniel DM, Stone ML, Sachs R, Malcolm J. *Instrumented Measurement of Anterior Knee Laxity in Patients with Acute Anterior Cruciate Ligament Disruption.* AMJS 1985;13:401-7.
- <sup>26</sup> David C, Neuschwander DD, et al. *Comparison of Anterior Laxity Measurements in ACL, Deficient Knees with Two Instrumented Testing Devices. Evaluation with different biodegradable interference screws.* Arthroscopy 1997;13:403.
- <sup>27</sup> Markolf KL, Amstutz HC. *The Clinical Relevance of Instrumented Testing for Anterior Cruciate Ligament Insufficiency.* Clin Orthop 1987;223:198-207.