

Histological assessment of regeneration of the semitendinosus tendon following its use for ACL reconstruction

F. Morelli, A. Ferretti, F. Conteduca, and V. Masi

I Clinica Ortopedica, Università degli Studi di Roma "La Sapienza"

SUMMARY. F. Morelli, A. Ferretti, F. Conteduca, and V. Masi: *Histological assessment of regeneration of the semitendinosus tendon following its use for ACL reconstruction.* J. Sports Traumatol. rel. res. 22: 65-69, 2000. An account is given of the histological appearance of a regenerated tendon specimen taken from a fibrous band, about 2 cm proximal and medial to the pes anserinus and very similar to the original semitendinosus tendon, when staples were removed two years after doubled semitendinosus and gracilis tendon ACL reconstruction. Light microscopy of the centre of the specimen showed parallel collagenous fibres along the major axis separated by neat rows of fusiform cells resembling mature tendon cells. This histological evidence provides a clearer illustration of regeneration of the semitendinosus, a process that has hitherto been solely evaluated in clinical, functional and imaging studies.

RIASSUNTO. F. Morelli, A. Ferretti, F. Conteduca, e V. Masi: *Rigenerazione del tendine del semitendinoso dopo il suo utilizzo per la ricostruzione del LCA: studio istologico.* J. Sports Traumatol. rel. res. 22: 65-69, 2000. Scopo di questo lavoro è quello di descrivere l'aspetto istologico di un campione di tessuto rigenerato del tendine del semitendinoso prelevato da un paziente sottoposto ad intervento di rimozione delle cambre 24 mesi dopo un intervento di ricostruzione del LCA con il semitendinoso e gracile raddoppiati. Durante l'intervento chirurgico è stato possibile repertare un cordone fibroso circa 2 cm prossimalmente e medialmente alla zampa d'oca assai simile al tendine del semitendinoso originale. Al microscopio ottico, nella regione centrale del campione erano chiaramente evidenzabili fibre collagene longitudinali parallele disposte lungo l'asse maggiore del rigenerato frammiste a cellule fusate dall'aspetto simile a tenociti maturi disposti in file ben ordinate. Questo aspetto ci consente di comprendere meglio il processo di rigenerazione del semitendinoso precedentemente valutato solo con studi clinici, funzionali e mediante metodiche di imaging.

©2000, Editrice Kurtis

INTRODUCTION

ACL reconstruction with the semitendinosus and gracilis tendons is often used to correct anterior knee laxity. Clinical, functional and instrumental studies have demonstrated muscle recovery and apparent anatomical regeneration of the semitendinosus, whereas the fate of the harvested tendons has not been investigated (1-5). The histological appearance

INTRODUZIONE

La ricostruzione del LCA con i tendini del semitendinoso e gracile è un trattamento comune per un ginocchio che presenta una lassità capsulo-legamentosa anteriore. Benché studi clinici, funzionali e strumentali dimostrino il recupero della funzionalità muscolare ed un'apparente rigenerazione anatomica del semitendinoso, il destino dei tendini prelevati rimane tuttora sconosciu-

Key words: ACL, semitendinosus, tendons.

Correspondence: Prof. Andrea Ferretti, Via Lidia 73, 00179 Roma, Italy.

Parole chiave: LCA, semitendinoso, tendini.

Corrispondenza: Prof. Andrea Ferretti, Via Lidia 73, 00179 Roma, Italia.

of a regenerated semitendinosus tendon is described for the first time in this paper.

MATERIALS AND METHODS

In September 1998, two years after ACL reconstruction according to a personal doubled semitendinosus and gracilis tendon technique (6) in a 32-yr-old amateur footballer, it was necessary to remove the tibial staples since they were the cause of severe local pain. Surgery was preceded by IKDC assessment of the knee, KT 1000 arthrometry, isokinetic evaluation at 90° and 180°/sec and inspection of the posteromedial region. An arthroscopic second look was followed by inspection of the pes anserinus and detection of a distinct, regenerated fibrous band resembling the original semitendinosus tendon. Histological specimens taken from this band were fixed in 4% paraformaldehyde for 24 hr, dehydrated in alcohol, desiccated in chloroform and embedded in paraffin. Sections (4 µ thick) were stained with eosin and haematoxylin.

RESULTS

The patient's preop IKDC score was B (good). The KT 1000 result was 1.5 mm at S/S 30 lb. The isokinetic tests showed a less than 10% total work and peak force loss. Clinical examination of the popliteus revealed a distinct fibrous cord in the fossa. Echography, too, disclosed a hyperechogenic fibrous structure in the semitendinosus harvest area. The second look showed that the ACL was vital and duly taut.

Following the removal of the staples, inspection of the pes anserinus showed that it was empty apart from the superficial bundles of the sartorius. In addition, however, there was a distinct fibrous band 2 cm medially and proximally that expanded with some adhesions to the surrounding structures, in particular the fascia of the medial head of the gastrocnemius, while its proximal course reproduced that of the original semitendinosus.

Histological picture. A peripheral and a thicker central zone were distinctly visible on the specimen. The former displayed prevalent fibroblastic proliferation together with vessels surrounded by slack fibrous tissue, the latter displayed bundles of collagenous fibres along the major axis together with rows of uniformly distributed cells resembling mature tendon cells (Figs. 1, 2).

DISCUSSION

Several ACL reconstruction techniques employ the semitendinosus and gracilis tendons, usually disinserted at the muscle-tendon junction. Follow-up com-

to (1-5). In questo lavoro sono presentati, per la prima volta, gli aspetti istologici del tessuto rigenerato.

MATERIALI E METODI

Nel settembre 1998 un paziente operato di ricostruzione del LCA con i tendini del semitendinoso e gracile raddoppiati (DGST) con la nostra tecnica chirurgica (6) è stato sottoposto ad intervento chirurgico di rimozione delle cambre tibiali a causa della notevole dolorabilità locale. Si trattava di un paziente di 32 anni che prima dell'intervento praticava il calcio a livello amatoriale. Il tempo intercorso tra la ricostruzione del LCA e la rimozione delle cambre era di 24 mesi. Prima dell'intervento è stato eseguito un esame clinico del ginocchio (secondo il scheda IKDC), misurazione artrometrica con KT1000, valutazione isocinetica a 90°/sec e 180°/sec, ed esame accurato della regione posteromediale del ginocchio. Il primo tempo chirurgico è consistito in un second-look artroscopico. Successivamente è stata eseguita un'accurata ispezione della regione della zampa d'oca e, dopo l'identificazione di una ben delimitata banda fibrosa che simulava il tendine del semitendinoso rigenerato, è stata eseguita una biopsia per esame istologico. I campioni sono stati fissati in paraformaldeide al 4% per 24 ore, deidratati in alcool, disidratati in cloroformio ed inclusi in paraffina. Le sezioni, dello spessore di 4 µ, sono quindi state colorate con eosina ed ematossilina.

RISULTATI

Secondo la scheda IKDC il paziente aveva ottenuto un punteggio B (buon risultato). All'esame con l'artrometro KT1000 si era ottenuto un risultato S/S 30 lb di 1,5 mm. Il test isocinetico a 90°/sec e 180°/sec aveva rilevato un deficit di lavoro totale e di picco di forza inferiore al 10%. Dal punto di vista clinico era possibile evidenziare chiaramente un cordone fibroso nella regione postero-mediale del cavo popliteo. L'esame ecografico aveva confermato la presenza di una struttura fibrosa iperecogena nella stessa regione da cui era stato prelevato il tendine del semitendinoso. Al controllo artroscopico il LCA ricostruito appariva vitale e ben in tensione.

All'intervento chirurgico, dopo la rimozione delle cambre, la regione della zampa d'oca risultava vuota: erano evidenziabili solo i fasci superficiali del muscolo sartorio. Però era possibile evidenziare chiaramente una ben distinta banda fibrosa 2 cm medialmente e prossimalmente, che si espandeva con alcune aderenze alle strutture circostanti, in particolare con la fascia del gastrocnemio mediale e che, seguito in senso prossimale, riproduceva il tragitto del semitendinoso originale.

Quadro istologico. Nel campione è possibile identificare facilmente due zone distinte: periferica e cen-



Fig. 1 - Histological appearance of the central zone of the specimen (x 10).

Fig. 1 - Aspetto istologico della zona centrale del preparato (ingrandimento 10X).



Fig. 2 - Histological appearance of the central zone of the specimen (x 20).

Fig. 2 - Zona centrale del preparato istologico a maggiore ingrandimento (20X).

monly reveals a fibrous band very similar to the original semitendinosus tendon in the postero-medial region when the knee is flexed against resistance. Recovery of the function and strength of the knee flexors after an ACL reconstruction with these tendons has been investigated by several workers (1, 7, 8). A loss of strength has sometimes been described, though no significant difference between the two knees can usually be detected after six months, while evaluation of functional recovery with an isokinetic dynamometer after one year at our Institute also showed the absence of any significant loss of flexor strength (9). Recovery of strength after the harvesting of these tendons could be due to their functional regeneration or to compensatory hypertrophy of the other flexors, though this was not found in a MRI study by Simonian et al. (10). Regeneration of the semitendinosus following its transection for ACL repair has attracted little attention in

trale. Nella prima è possibile osservare una prevalente proliferazione fibroblastica insieme ad alcuni vasi circondati da tessuto fibroso lasso. Nella zona centrale, più spessa, sono chiaramente distinguibili fasci di fibre collagene orientate lungo l'asse longitudinale, insieme con file di cellule simili a tenociti ed uniformemente distribuite (Figg. 1 e 2).

DISCUSSIONE

Sono state descritte numerose tecniche chirurgiche per la ricostruzione del LCA che utilizzano i tendini del semitendinoso e gracile, che di solito prevedono la loro disinserzione alla giunzione miotendinea. In ogni caso, al follow-up, può essere facilmente evidenziato, alla flessione contro resistenza del ginocchio, un cordone fibroso nella regione postero-mediale, molto simile al semitendinoso originale. Il recupero funzionale e della forza dei muscoli fles-

the literature. Cross et al. (3) found that MRI offers good resolution of a regenerated tendon on its way from the belly of the muscle along the medial side of the thigh as far as the gastrocnemius. They suggested that regeneration starts from the resection site and the muscle belly and proceeds towards the poles along the fascial planes. An MRI study of the transverse sections of the femoral biceps, semitendinosus and sartorius by Simonian et al. (10) disclosed a non-significant difference between the two sides, together with a more proximal insertion of the semitendinosus on the operated side in most cases.

Ultrasound assessment of semitendinosus regeneration in 40 patients followed for 2 years by Papandrea et al. (5) showed that the transverse section of the regeneration tissue was initially much thicker than that of the normal semitendinosus and then shrank to resume a normal appearance. After 18 months, in fact, it was very similar to that of a normal tendon. It would seem that there are no previous histological descriptions of a regenerated semitendinosus. The appearance of the newly formed tissue obtained from the single case reported in this paper closely resembled that of a normal adult tendon. Extensive histological and ultrastructural investigation of the regeneration of sectioned and unsutured tendons has illustrated their morphological changes during repair. Mechanical stresses are needed to secure the full maturation of regenerated tissue. Ultrastructural evaluation alone can give a true picture of these changes and the attainment of complete maturation, especially with respect to the percentages of collagenous and elastic fibres. Histological examination showed good maturation of the regenerated tendon in keeping with the view that the newly formed tissue is subjected to mechanical stresses sufficient to explain the recovery of flexor function and strength.

Even so, it should be noted that the anatomy of the regenerated tendon did not exactly mirror that of the normal semitendinosus, since it was inserted more proximally on the the fascia of the medial head of the gastrocnemius, and not on the tibia as part of the pes anserinus.

sori del ginocchio dopo la ricostruzione del LCA con semitendinoso e gracile è stato studiato da diversi autori (1, 7, 8). Malgrado alcuni di essi abbiano dimostrato una perdita di forza dei flessori del ginocchio, la maggioranza degli autori non ha riscontrato, già a partire dai 6 mesi postoperatori, una differenza significativa tra il lato operato e quello sano. Nel nostro Istituto è stato recentemente eseguito uno studio con dinamometro isocinetico per valutare il recupero funzionale dei muscoli flessori del ginocchio ad un anno dall'intervento di ricostruzione del LCA con il semitendinoso e gracile (9). I risultati ottenuti hanno confermato l'assenza di deficit significativi della forza di flessione del lato operato. Il recupero della forza muscolare dopo il prelievo del semitendinoso e gracile può essere spiegato con una rigenerazione funzionale dei tendini o con un' ipertrofia di compenso degli altri muscoli flessori del ginocchio. Questa ipertrofia di compenso non è stata però evidenziata da Simonian e coll. (10) in uno studio postoperatorio con RM.

In letteratura sono documentabili solo pochi studi sulla rigenerazione del semitendinoso dopo il suo prelievo per la ricostruzione del LCA. Cross e coll. (3) hanno dimostrato che la risonanza magnetica è in grado di evidenziare con buona risoluzione il tendine rigenerato che, a partire dal ventre muscolare si porta verso il lato mediale della coscia fino al muscolo gastrocnemio. Gli autori hanno ipotizzato che questa rigenerazione avvenga a partire dalla sede della resezione e dal ventre muscolare verso il cavo popliteo seguendo i piani fasciali. Simonian e coll. (10) hanno provato a valutare tramite RM la sezione trasversa del bicipite femorale, del semitendinoso e del sartorio, documentando una differenza non significativa tra il lato operato e quello sano. Inoltre, essi hanno evidenziato nella maggior parte dei casi, un' inserzione più prossimale del semitendinoso rispetto al lato non operato. Papandrea e coll. (5) hanno studiato il processo della rigenerazione del semitendinoso tramite ecografia in 40 pazienti seguiti per due anni dopo l'intervento. Essi hanno dimostrato che nel primo periodo postoperatorio il tessuto di rigenerazione aveva una sezione trasversa notevolmente maggiore rispetto al semitendinoso normale. Con il passare del tempo è stata osservata una progressiva riduzione dello spessore e ritorno al normale aspetto ecografico. A 18 mesi postoperatori il tessuto rigenerato appariva molto simile ad un tendine normale.

Per quanto a nostra conoscenza, gli aspetti istologici del semitendinoso rigenerato sono presentati per la prima volta. Anche se questo lavoro si riferisce ad un singolo caso, l'aspetto del tessuto neoformato sembra essere veramente simile ad un tendine normale di un soggetto adulto. Il processo di rigenerazione dei tendini sezionati e non suturati è stato approfondita-

REFERENCES/BIBLIOGRAFIA

1. Carter T.R., Edinger S.
Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: hamstring versus patellar tendon.
Arthroscopy, 15, 169-172, 1999.
2. Clark R., Olsen R.E., Larson B.J., Goble E.M., Farrer R.P.
Cross-pin femoral fixation: a new technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction of the knee.
Arthroscopy, 14, 258-267, 1998.
3. Cross M.J., Roger G., Kujawa P., Anderson I.F.
Regeneration of the semitendinosus and gracilis tendons following their transection for repair of the anterior cruciate ligament.
Am. J. Sports Med., 20, 221-223, 1992.
4. Papandrea P., De Carli A., Lucente L., Ferretti A.
Capacité de saut chez les athlètes opérés de reconstruction du ligament croisé antérieur.
J. Traumatologie du Sport, 7, 76-79, 1990.
5. Papandrea P., Vulpiani M.C., Conteduca F., Ferretti A.
Regeneration of semitendinosus tendon harvested for ACL reconstruction. Ultrasound evaluation. Presented at the LXV Annual Meeting AAOS, New Orleans, March 19-23, 1998.
6. Ferretti A., Conteduca F.
Ricostruzione del legamento crociato anteriore coi tendini del semitendinoso e gracile raddoppiati: tecnica originale di tensionamento, fissazione e avvolgimento dei fasci "Swing-Bridge" (Ponte girevole).
I. J. Orthop. Traumatol., 23, 433-442, 1997.
7. Yasuda K., Tsujino J., Ohkoshi Y., Tanabe Y., Kaneda K.
Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons.
Am. J. Sports Med., 23, 706-714, 1995.
8. Kramer J., Nusca D., Fowler P., Webster-Bogaert S.
Knee flexor strength during concentric and eccentric muscle actions after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus tendon and ligament augmentation device.
Am. J. Sports Med., 21, 285-291, 1993.
9. Fontana M.
Risultati della ricostruzione del legamento crociato anteriore con i tendini del semitendinoso e gracile secondo la tecnica di Cho modificata. Thesis, School of Medicine, University of Rome (Italy), 1993.
10. Simonian P.T., Harrison S.D., Cooley V.J., Escabedo M., Daneka D.A., Larson R.V.
Assessment of morbidity of semitendinosus and gracilis tendons harvest for ACL reconstruction.
Am. J. Knee Surg., 10, 54-59, 1997.
11. Perugia L., Postacchini F., Ippolito E.
I tendini.
Masson Ed., Milano, 1981.

mente studiato sia dal punto di vista istologico che ultrastrutturale consentendo una conoscenza dettagliata dell'evoluzione morfologica dalle fasi iniziali a quelle più avanzate del processo riparativo (11). In particolare la maturazione completa del tessuto rigenerato può essere ottenuta solo se esso è sottoposto a stress meccanici. Anche se solamente studi ultrastrutturali possono realmente valutare gli aspetti morfologici e la completa maturazione del tessuto rigenerato, in particolare riguardo alla composizione del tessuto in termini di percentuale di fibre collagene ed elastiche, l'esame istologico mostra una buona maturazione del tendine rigenerato. Questi aspetti confermano l'ipotesi che il tessuto neoformato è sottoposto ad adeguati stress meccanici che possono contribuire a spiegare il recupero della funzione e della forza dei muscoli flessori del ginocchio. Bisogna però notare che l'anatomia del tendine rigenerato non rispecchia esattamente quella del semitendinoso normale, in quanto esso si inserisce più prossimalmente nella regione mediale della fascia del gastrocnemio e non sulla tibia a livello della zampa d'oca.