

FABIO PACHECO FERREIRA

**TÉCNICA DE COLETA E PREPARAÇÃO DO
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE
CADÁVERES COMO ENXERTO HOMÓLOGO. UMA
ALTERNATIVA PARA A RECONSTRUÇÃO
(osso-LCA-osso)**

para Tese apresentada à Universidade Federal
de
São Paulo – Escola Paulista de Medicina
obtenção do Título de Mestre em Medicina.

SÃO PAULO

2002

Ferreira, Fábio Pacheco

Técnica de coleta e preparação do ligamento cruzado anterior de cadáver como enxerto homólogo. Uma alternativa para a reconstrução (osso-LCA-osso) / Fábio Pacheco Ferreira --São Paulo, 2002.

IX, 65f.

Tese (Mestrado) Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-graduação em Medicina.

Título em inglês: Harvest and preparation technique of anterior cruciate ligament allograft of human cadaver. An alternative for reconstruction (bone-ACL-bone).

1. Ligamento cruzado anterior – cirurgia
2. Transplante homólogo
3. Procedimentos cirúrgicos reconstrutivos

preparação do Ligamento Cruzado Anterior de cadáver como enxerto homólogo. Uma alternativa para a reconstrução (osso-LCA-osso) / Fábio Pacheco Ferreira --São Paulo, 2002.

viii, 10f.

Tese (Mestrado) Universidade Federal de São Paulo. Escola Paulista de Medicina. Programa de Pós-graduação em Medicina.

Título em inglês: Título em Inglês

1. Ligamento cruzado anterior – cirurgia
2. Transplante homólogo
3. Procedimentos cirúrgicos reconstrutivos

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

ESCOLA PAULISTA DE MEDICINA

Ferreira,
Fábio Pacheco
Técnica de coleta e

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEDICINA

Coordenador :

Prof. Dr. Flávio Faloppa

Livre Docente e Chefe da Disciplina de Cirurgia da Mão e

Membro Superior e Coordenador do Programa de

Pós-Graduação em Ortopedia e Traumatologia do

Departamento de Ortopedia e Traumatologia da

UNIFESP-EPM

ORIENTADOR:

Dr. Luiz Aurélio Mestriner

Professor Adjunto da Disciplina de Ortopedia e

Traumatologia

do Departamento de

Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP-EPM

Ao meu saudoso pai Aldo Soares Ferreira (in memoriam) e
à minha mãe Delci Pacheco Ferreira cujo exemplo de vida e
honestidade nortearam o sentido da minha vida.

Aos meus irmãos Márcio, Cláudio e Leonardo

À minha amada esposa Marina minha gratidão por sua
compreensão, paciência, dedicação mesmo nos momentos
mais difíceis

Ao Dr. Luís Aurélio Mestriner, professor adjunto da
Disciplina de Ortopedia e Traumatologia do Departamento de
Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP – membro do Grupo
do Joelho e Artroscopia, pela inestimável ajuda ao transmitir

seus conhecimentos de forma clara e precisa para a
elaboração desta tese.

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. José Laredo Filho**, Livre Docente, Professor titular do Departamento de Ortopedia e Traumatologia, e Pró-reitor de administração da UNIFESP-EPM, pelo estímulo ao aprimoramento científico.

Ao **Prof. Dr. Walter Manna Albertoni**, Livre Docente, Professor titular do Departamento de Ortopedia e Traumatologia – Chefe do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP-EPM, pela liderança e fortalecimento do nosso departamento.

Ao **Prof. Dr. Akira Ishida**, Livre Docente e Chefe da Disciplina de Ortopedia e Traumatologia do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP–EPM, pela capacidade administrativa e estímulo ao desenvolvimento científico.

Ao **Prof. Dr. Flávio Fallopa**, Livre Docente e Chefe da Disciplina da Mão e Membro Superior do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP-EPM, pelo estímulo e colaboração.

Ao **Dr. Ricardo Dizioli Navarro**, Professor Adjunto da Disciplina de Ortopedia e Traumatologia do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP-EPM e Chefe do Grupo do Joelho e Artroscopia, por compartilhar seus conhecimentos, e pelo constante apoio que nos incentiva seguir adiante.

Ao **Dr. Mário Carneiro Filho**, Doutor em Ortopedia e Traumatologia – Chefe do setor de Artroscopia e membro do Grupo do Joelho e Artroscopia da Disciplina de Ortopedia e Traumatologia do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP- EPM, pela amizade, confiança e oportunidades oferecidas.

Ao **Prof. Dr. Carlo Milani**, Professor Adjunto da Disciplina de Ortopedia Pediátrica do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP- EPM, por ter colaborado com a elaboração desta tese.

Ao **Dr. Oswaldo Roberto Nascimento**, Auxiliar de Ensino da Faculdade de Medicina – Fundação ABC, pós-graduando em Ortopedia e Traumatologia, pela inestimável colaboração.

Aos colegas do Grupo do Joelho e Artroscopia da Disciplina da Ortopedia e Traumatologia do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP- EPM, pelas constantes trocas de informações que estimulam e favorecem nosso aprendizado.

À **Srta. Roseli Nazaré Pereira Paschoa**, secretária do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP- EPM, por sua dedicação.

À **Srta. Patrícia T. de Souza**, secretária do Curso de pós-graduação do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da UNIFESP- EPM, por sua amizade e colaboração.

À **Srta. Ângela Conte de Carvalho**, secretária do Grupo do Joelho e Artroscopia da Disciplina da Ortopedia e Traumatologia do Departamento de Ortopedia e

Traumatologia da UNIFESP- EPM, por sua amizade e dedicação.

Aos **Professores, Colaboradores e Residentes**, por todo este período de aprendizado.

Aos **Pacientes**, sem os quais não haveria sentido a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

pág

1) INTRODUÇÃO.....	1
2) LITERATURA.....	6
3) MATERIAL.....	17
4) MÉTODO.....	19
5) RESULTADOS.....	26
6) DISCUSSÃO.....	28
7) CONCLUSÕES.....	46
8) RESUMO / ABSTRACT.....	47
9) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....	51

1) INTRODUÇÃO :

O tratamento cirúrgico da lesão isolada do ligamento cruzado anterior (LCA) não é a opção de escolha para todos os pacientes. No entanto, indivíduos que apresentam graus de instabilidade que interfiram nas atividades de vida diária, ou que tenham anseios esportivos, são mais bem servidos com o tratamento cirúrgico.

A lesão do LCA desencadeia graus de incapacidade variáveis na articulação do joelho, incapacidade esta, relacionada à instabilidade gerada pela lesão.

A instabilidade causa, em uma porcentagem grande de casos, falseios, lesões meniscais, cartilaginosas, e, a longo prazo degeneração da articulação que eventualmente resulta em incapacidade

substancial para o paciente. Portanto, há consenso na literatura de que os indivíduos que apresentam queixas relativas aos

falseios e, por conseguinte, considerados sintomáticos, necessitam ser tratados cirurgicamente.

As tentativas de se recuperar a função normal do joelho, após a lesão do LCA, não são recentes e vêm sendo aprimoradas com o surgimento de inúmeras técnicas. As mais preconizadas atualmente referem-se à reconstrução ligamentar com a utilização de enxertos autólogos e homólogos. Os enxertos autólogos são obtidos do próprio indivíduo, enquanto os homólogos são enxertos obtidos de um outro indivíduo da mesma espécie.

As técnicas de reconstrução do LCA vêm passando por avanços no sentido do aprimoramento dos resultados. Recentemente, uma multiplicidade de cirurgias tem sido desenvolvida na tentativa de alcançar uma função mais próxima da satisfatória. Infelizmente nenhuma das técnicas empregadas é considerada ideal pela

incapacidade de duplicar com perfeição a complexa geometria, estrutura e a propriocepção do ligamento original.

Vários tipos de enxertos vêm sendo testados com sucesso. Os mais usados são o terço central do ligamento patelar e os tendões flexores do joelho.

Os trabalhos que comparam os dois tipos de transplantes, autólogos e homólogos, quando utilizados os mesmos enxertos, inferem que os resultados são iguais ou muito semelhantes tanto em avaliações objetivas quanto subjetivas (**SHINO et al., 1993; HARNER et al., 1996; STRINGHAM et al., 1996; SHELTON et al., 1997**). Portanto, o fato de se tratar de um enxerto homólogo não deprecia os resultados obtidos.

Os autores que defendem os enxertos homólogos, além de basearem-se nos resultados encontrados na literatura, o fazem por algumas vantagens no emprego destes, tais como, incisão menor e mais estética, cirurgia mais rápida, disponibilidade de variedade de tipo e tamanho de enxerto que são úteis para lesões múltiplas, e em

cirurgias de revisão, quando há falha na cirurgia primária. As desvantagens ficariam por conta da possibilidade de transmissão de doenças, custos altos, rejeição do hospedeiro e uma demora maior na organização do processo de cicatrização do enxerto.

A utilização dos enxertos autólogos apresenta complicações bem definidas em relação ao sítio doador, como a fratura da patela,

ruptura do tendão patelar, tendinites, alterações na articulação patelo-femoral, desequilíbrio e fraqueza muscular.

A reprodução exata do ligamento cruzado anterior não é factível pelos procedimentos existentes apesar do contínuo aprimoramento técnico. A fixação biológica do enxerto, organização espacial das fibras, anatomia, inserção, vascularização, inervação proprioceptiva e a função biomecânica não são idealmente reproduzidas. A natureza multifascicular das fibras e sua organização

permitem que diferentes porções do ligamento interajam durante o arco de movimento do joelho (**ARNOCZKY, 1982**).

Algumas das características mencionadas, inerentes à presença do ligamento original, poderiam ser virtualmente obtidas caso fosse possível à utilização do próprio LCA como enxerto homólogo. Avanços recentes, com estudos experimentais em animais, têm indicado a possibilidade desse tipo de transplante.

JACKSON (1991), em estudo experimental, promoveu o congelamento do ligamento cruzado anterior in situ. Portanto, manteve-o intacto no tocante a sua origem e inserção, embora provocasse morte celular e desvascularização do mesmo. O modelo simulou um enxerto autólogo com ponto isométrico e tensão perfeitos. Os resultados obtidos demonstraram que a força de tensão do enxerto não é alterada pela morte celular e sua desvascularização, e sim pela dificuldade de se obter uma boa posição anatômica com adequada orientação das fibras colágenas. Se for possível criar uma técnica cirúrgica reprodutível e que possibilite a utilização do próprio

ligamento cruzado anterior como enxerto, poderíamos obter as vantagens proporcionadas por este tipo de transplante.

O objetivo do estudo foi analisar a possibilidade de utilização do próprio ligamento cruzado anterior como enxerto homólogo nas reconstruções deste ligamento. Partimos da premissa que as semelhanças mecânicas e estruturais possam levar a melhores resultados cirúrgicos. Queremos estabelecer parâmetros para a retirada do LCA de cadáveres frescos, considerando as técnicas correntes de implantação, oferecendo assim uma nova opção de enxerto para as lesões do LCA.

2) LITERATURA

ARNOCZKY (1983) estuda a macro e a microanatomia do LCA, demonstrando uma estrutura multifascicular formado por múltiplas bandas colágenas de orientação espacial específica que estão diretamente relacionada com sua função. Descreve, também, as bandas do ligamento com as diferentes zonas de transição, a sua inserção e origem.

NOYES, BUTLER, GROOD, ZERNICKE, HEFZY

(1984) fazem uma análise biomecânica dos principais enxertos utilizados para a reconstrução do LCA. O terço central do tendão patelar, com espessura de 14 e 15 milímetros, apresentou resistência 59 à 68% maior que o próprio LCA. O tendão do semitendíneo e do grácil foram respectivamente 30 e 51% inferiores a força de tensão do LCA.

AMIEL, KLEINER, ROUX, HARWOOD, AKESON

(1986) descrevem o processo de transformação que um enxerto autólogo do tendão patelar sofre, dentro da articulação do joelho, após ser transplantado na reconstrução do LCA. Após 30 semanas as células tinham aparência, concentração de colágeno tipo III e conteúdo de glicosaminoglicano semelhantes ao ligamento cruzado anterior. Este processo foi denominado de “ligamentização”.

NIKOLAOU, SEABER, GLISSON, RIBBECK,

BASSETT (1986) partindo da premissa de que os enxertos comumente utilizados para a reconstrução do LCA não são capazes de reproduzir a complexa anatomia e a função exata deste ligamento. Realizam estudo em cães. Utilizam o próprio LCA como homo e autoenxerto, ambos criopreservados. Concluem, após 18 meses de seguimento, ao estudarem a microcirculação, histologia e mecânica que a técnica é factível e que o processo de armazenamento não altera as propriedades dos enxertos. Eles descreveram também técnica de retirada e implante desses enxertos em humanos.

VASSEUR, RODRIGO, STEVENSON, CLARK, SHARKEY (1986) comparam enxertos autólogos e homólogos de osso-LCA-osso transplantado em cães. Discutem a importância da exata dimensão do enxerto homólogo, sendo este considerado o ponto mais crítico em relação a este tipo de transplante.

JACKSON, GOOD, ARNOCKY, BUTLER, SIMON (1987) utilizam o ligamento cruzado anterior como enxerto homólogo para substituir o mesmo ligamento em caprinos. Os enxertos eram esterilizados com óxido de etileno, o que futuramente foi considerado deletério. Os resultados não foram bons, com significativa frouxidão e força de tensão 75% inferior comparativamente ao ligamento normal. Os maus resultados foram, em parte, creditados ao tipo de animal utilizado e à técnica cirúrgica. Os achados histológicos das fibras colágenas e a vascularização dos enxertos mostraram-se muito

semelhantes ao ligamento normal, considerado um alento para este tipo de transplante.

SHINO, INOUE, HORIBE, NAGANO, ONO (1988)

estabelecem a evolução dos enxertos homólogos após a reconstrução do LCA. Por meio de biópsias artroscópicas observaram que há infiltração de brotos vasculares do hospedeiro. Posteriormente há remodelação gradual com hipervascularização e hiper celularidade. Após 6 meses não havia mais degradação biológica, e a estabilização do processo se completa aos 18 meses.

BUCK, MALKININ, BROWN (1989) estimam

em

1 / 1 677 000 o risco de adquirir SIDA após transplante ósseo. Os dados são extrapolados para o transplante homólogo do osso-tendão patelar-osso para a reconstrução do LCA.

SACHS, DANIEL, STONE, GARFEIN (1989) avaliam 126 pacientes submetidos à reconstrução do LCA com enxerto autólogo do terço central do tendão patelar. As complicações mais comumente observadas foram fraqueza do quadríceps, contratura em flexão do joelho e dor patelo-femoral. Além de informarem as complicações deste tipo de transplante, realçam a importância da reabilitação pós-operatória para amenizá-las.

VASSEUR, STEVENSON, GREGORY, RODRIGO (1989) realizam estudo com 8 cães utilizando enxerto do tipo osso-LCA-osso. Três cães recuperaram a marcha normal e a força de tensão do enxerto variou de 25 a 60% da força do grupo controle sem lesão, enquanto os outros 5 cães tiveram ruptura parcial ou total do referido enxerto durante o seguimento.

JACKSON, GROOD, BRUCE, ARNOCZKY, SIMON,

CUMMINGS (1991) apresentam um estudo onde congelavam o ligamento cruzado anterior de bodes in-situ, portanto, mantinham a origem e a inserção do ligamento, desconsiderando, por conseguinte, o ponto isométrico e a tensão dos enxertos, nas reconstruções, como fator de maus resultados. Concluíram que a perda da força e a frouxidão encontradas não seriam causadas por problemas relacionados à vascularização e cicatrização do enxerto, e sim pela tensão obtida e a orientação do enxerto.

GOERTZEN, DELLMANN, GRUBER, BÜRRIG

(1992) estudam 29 cães nos quais foram feitas cirurgias de reconstrução do ligamento cruzado anterior com enxerto homólogo do osso-LCA-osso reforçado por “LAD” (Ligament Augmentation Device). Após 3, 6 e 12 meses analisaram a força de tensão, microangiografia e a morfologia do colágeno. A força de tensão máxima foi 69,1% do ligamento normal após 1 ano, o que é comparável à reconstrução com enxerto do semitendíneo. Após 6

meses já havia vascularização advinda de vasos femorais e tibiais. A morfologia microscópica do colágeno não apresentou mudanças significativas em comparação ao ligamento original.

**GOERTZEN, GRÜBER, DELLMANN,
CLAHSEN,**

SCHULITZ (1992) publicam trabalho em que, pela primeira vez, demonstram a evidência histológica de mecanorreceptores viáveis e terminações nervosas livres em reconstruções do LCA, os quais nunca tinham sido anteriormente evidenciados em outros tipos de enxertos que não o próprio LCA.

ROSENBERG, FRANKLIN, BALDWIN, NELSON
(1992) avaliam a função do mecanismo extensor do joelho após a retirada do terço central do tendão patelar, comumente utilizado como enxerto nas reconstruções ligamentares. Dez pacientes foram avaliados de 12 a 24 meses após a cirurgia. Queixas como dor anterior do joelho

e fraqueza foram comuns, assim como anormalidades radiográficas. Testes isocinéticos demonstraram déficit de 18% comparado ao membro normal. Estudos tomográficos e com ressonância nuclear magnética apresentavam defeitos persistentes no local doador.

SHINO, NAKATA, HORIBE, INOUE, NAKAGAWA

(1993) comparam os resultados objetivos e subjetivos das reconstruções do LCA com enxertos autólogos e homólogos de várias origens. Não houve diferença estatística em relação ao deslocamento anterior da tíbia, e o torque de extensão foi superior nos joelhos operados com enxertos homólogos como um todo. Concluem que há vantagens na utilização de enxertos homólogos.

GOERTZEN, CLAHSSEN, BÜRRIG, SCHULITZ

(1994) estudam a reconstrução do LCA em cães, utilizando enxerto homólogo de osso-LCA-osso. Os autores compararam enxertos esterilizados com irradiação gama de 2,5 Mrads com o grupo controle

não irradiado. Concluíram que a irradiação não afetou a orientação das fibras colágenas, a vascularização e os mecanoreceptores dos enxertos após 1 ano. Houve pequena diminuição da força de tensão nos casos esterilizados com irradiação gama, de 69,1% para 63,8% da força normal do ligamento cruzado anterior.

SHINO, OAKES, HORIBE, NAKATA, NAKAMURA

(1995) avaliam com microscopia eletrônica as fibras colágenas de homoenxertos obtidas com biópsias artroscópicas, após reconstrução ligamentar em humanos. Os enxertos utilizados eram de vários tipos. Concluíram que as fibras colágenas dos enxertos, após 6 meses, tornam-se diferentes das fibras colágenas do tendão original e diferentes das fibras de um ligamento normal.

FROMM, SCHÄFTER, PARSCH, KUMMER (1996)

fazem um estudo microangiográfico e imunohistoquímico para análise

da vascularização, inervação e resposta imune do LCA trans-plantado em coelhos como enxerto homólogo. A revascularização deu-se tal qual um enxerto autólogo, não houve resposta imune significativa, e após as 24 semanas havia a presença de mecanorreceptores e nociceptores. Os autores não evidenciaram corpúsculos de Ruffini nos homoenxertos.

HARNER, OLSON, IRRGANG, SILVERSTEIN, FU, SILBERY (1996) comparam, com testes objetivos e subjetivos, a reconstrução do LCA utilizando enxerto autólogo e homólogo. As diferenças encontradas não foram estatisticamente significantes. Concluem que os tecidos homólogos constituem uma alternativa aceitável para a reconstrução ligamentar.

JACKSON, CORSETTI, SIMON (1996) estudam a incorporação dos homoenxertos nas reconstruções do LCA. Observam que a evolução dos homoenxertos é semelhante aos autoenxertos.

Ambos passam pelas fases seqüenciais de repopulação celular, revascularização e remodelação do colágeno. Os dados obtidos sugerem que o processo de incorporação é mais lento nos enxertos homólogos e que as características biomecânicas podem ser inferiores nestes.

STRINGHAM, PELMAS, BURKS, NEWMAN, MARCUS (1996) utilizando-se de testes quantitativos, objetivos e subjetivos, demonstram que não há diferença estatística entre as reconstruções do LCA que utilizam enxertos homólogos e autólogos do terço central do tendão patelar.

SHELTON, PAPENDICK, DUKES (1997) comparam a utilização do terço central do tendão patelar como auto e homoenxerto para a reconstrução do LCA. Vários testes objetivos foram realizados. Apenas no teste do “pivot shift” houve diferença estatística, sendo positivo em 20% nos enxertos homólogos contra 7% nos enxertos autólogos.

GOERTZEN, BUITKAMP, CLAHCEN, MÖLLMANN

(1998) analisam o ADN das células do enxerto homólogo de osso-LCA-osso, em cães, com a finalidade de verificar a sobrevivência das células do doador no receptor. Constataram que as células não sobrevivem mais do que 4 semanas, sendo o enxerto repovoado completamente com fibrócitos do hospedeiro após este período.

3) MATERIAL

O nosso material foi composto por 6 cadáveres frescos obtidos no Instituto Médico Legal do município de Santo André na cidade de São Paulo.

A técnica foi utilizada nos 12 joelhos de 6 cadáveres. Não havia ferimentos nas articulações em questão, e todos tinham o LCA íntegro. O lado operado, sexo, idade e estatura não foram levados em consideração por tratar-se de estudo piloto da técnica de retirada dos ligamentos.

Para a retirada dos enxertos osso-LCA-osso, que será descrita a seguir, utilizamos fios de “Kirchner” rosqueados de 2.4 mm, um guia de reconstrução do LCA e uma trefina de 10 mm de diâmetro

denominada “coring reamer” (**Fig. 1**). Todos da marca registrada **Arthrex**. Para as perfurações usamos uma perfuradora elétrica comum, não canulada.

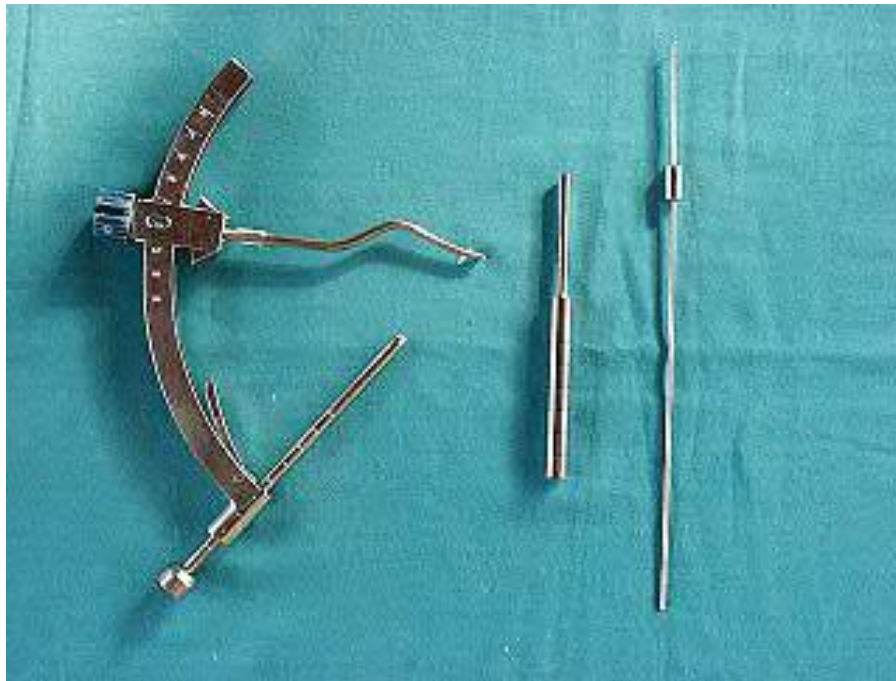


FIGURA 1 Guia de reconstrução do LCA, trefina “coring reamer” e o fio de “Kirchner”.

4) MÉTODO

O enxerto osso-LCA-osso foi obtido por técnica cirúrgica iniciada com uma incisão longitudinal mediana de 25 centímetros de extensão, centralizada na patela (**FIG. 2**). Com essa incisão é possível a retirada de todo o aparelho extensor do joelho, incluindo-se o tendão do quadríceps, patela e o ligamento patelar.



FIGURA 2 Incisão longitudinal mediana.

O aparelho extensor é fonte de vários enxertos (**Fig. 3**).

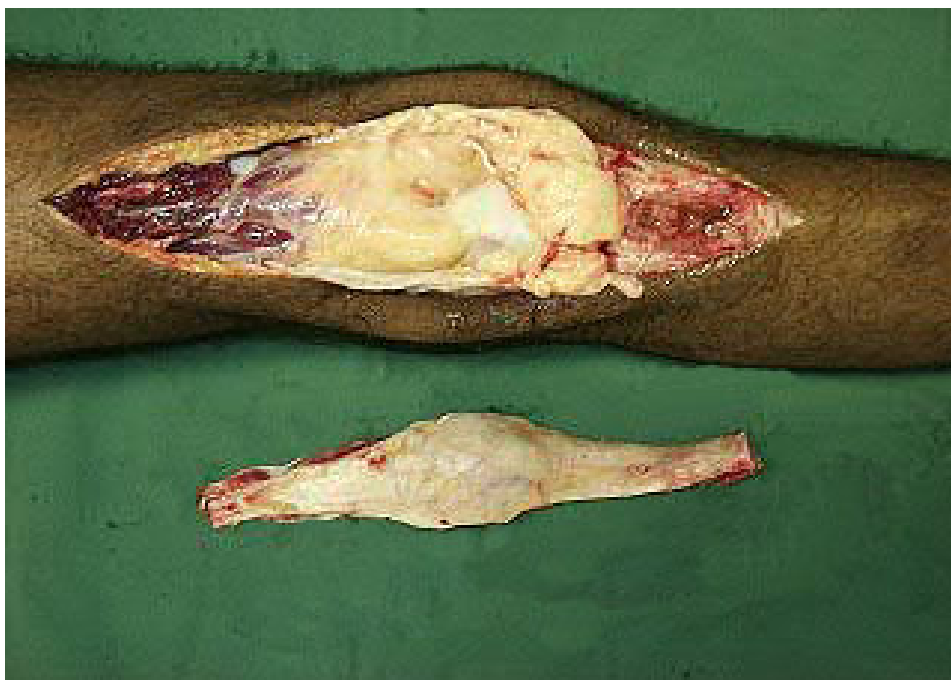


FIGURA 3 Retirado o aparelho extensor , que é fonte de vários enxertos homólogos.

Após a retirada do aparelho extensor, o joelho é fletido 90°.

Um fio de “Kirchner” é colocado no centro da inserção tibial do LCA, sendo paralelo à orientação longitudinal de suas fibras. Conseguimos isso utilizando o guia de reconstrução do LCA. O fio de “Kirchner”

serve como guia para a introdução da trefina, cujo diâmetro é de 10mm, até a superfície articular onde encontra-se inserido o ligamento

(Fig. 4 e 5).

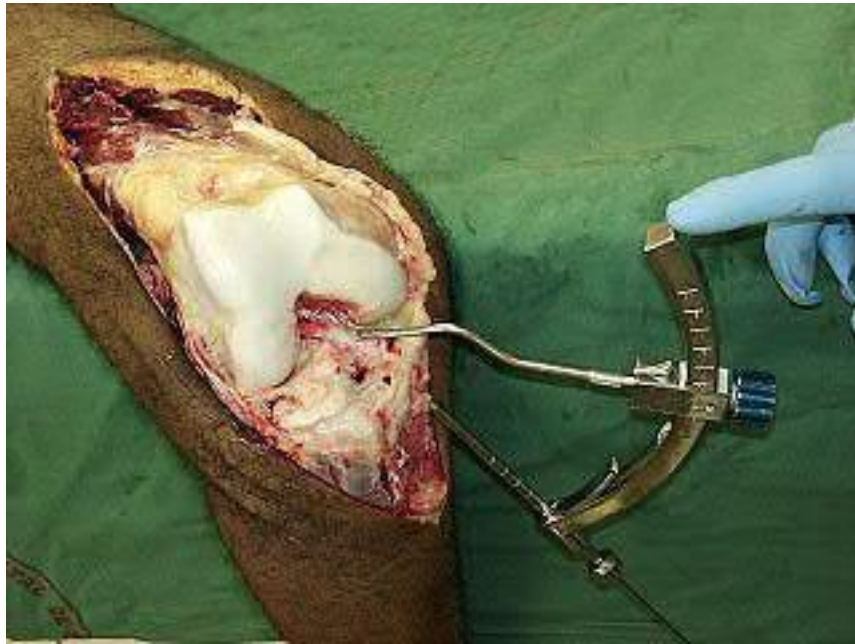


FIGURA 4 Obtenção da orientação e do centro do LCA.



FIGURA 5 Passagem da trefina na tíbia.

O mesmo guia de reconstrução é invertido, colocado na origem femoral do LCA, sendo passado o fio de “Kirchner” no centro da inserção do ligamento. Novamente utilizamos a trefina, de fora para dentro da articulação, até a origem do ligamento, com o cuidado de não comprometer a substância do LCA (**Fig. 6 e 7**).



FIGURA 6 Colocação do guia no fêmur.



FIGURA 7 Passagem da trefina no fêmur.

Desse modo, teremos uma peça anatômica composta do ligamento cruzado anterior com as inserções ósseas nas extremidades que pode ser armazenada e utilizada como enxerto homólogo para a reconstrução do LCA (**Fig. 8**).



FIGURA 8 Enxerto osso-LCA-osso

ABREVIATURAS

ADN: Ácido Desóxido Nucleico

LAD: “Ligament Augmentation Device” – Estrutura sintética para
reforço ligamentar

LCA: Ligamento Cruzado Anterior

mm: Milímetros

Mrads: Megarads - Unidade de medida padrão de irradiação

OssO-LCA-OssO: Enxerto que contém o Ligamento Cruzado Anterior
com osso em ambas as extremidades

SIDA: Síndrome da Imunodeficiência Adquirida

HIV: Vírus da Imunodeficiência Humana

5) RESULTADOS

A técnica descrita proporcionou a obtenção de uma peça anatômica composta pelo ligamento cruzado anterior entreposto por dois fragmentos ósseos cilíndricos nas extremidades. Os cilindros ósseos têm um diâmetro de 10 milímetros, correspondente ao diâmetro da trefina utilizada.

A trefina de 10 mm não foi suficiente para a retirada de toda a espessura dos ligamentos em sua inserção. Isto porque o LCA tem 23 mm na sua junção no fêmur e 30 mm na tíbia. Além disso este diâmetro dificultou a técnica, pois não permitiu erro do ponto central, possibilitando a lesão da porção ligamentar do enxerto na hora da retirada. A dificuldade maior foi no tempo femoral, pois a trefina deve ser forte o suficiente para ultrapassar a cortical posterior deste osso, além de ser mais difícil de controlar visualmente a ponta desta, que pode cortar o ligamento.

Não nos preocupamos com o comprimento dos cilindros, já que os mesmos são maiores que o necessário para a colocação e a fixação destes após o transplante.

Caso seja necessário, os cilindros ósseos podem ser esculpido para uma melhor adaptação no local receptor. Por conseguinte, se forem utilizados osteótomos para a retirada dos enxertos, ou se trefinas forem de diâmetro muito largo, estes podem ser facilmente manipulados para o diâmetro adequado.

Os comprimentos dos ligamentos em si, também não foram relevantes para o nosso objetivo, já que pretendemos definir apenas a possibilidade técnica da retirada dos enxertos. Quando houver o armazenamento, será necessário que as peças obtidas sejam separadas considerando-se os dados antropométricos, o sexo e o lado (joelho direito ou esquerdo), para serem relacionadas com as necessidades do receptor.

Uma trefina de uso manual com manopla em “T”, reforçada, reutilizável e com maior diâmetro, está sendo desenvolvida com a

finalidade de facilitar a técnica e poupar uma porção mais significativa da origem e da inserção do ligamento.

6) DISCUSSÃO

As células e as macromoléculas do ligamento cruzado anterior compõem uma microanatomia e ultra-estrutura muito complexas. Nenhuma técnica de reconstrução é capaz de reproduzir a arquitetura das fibras colágenas, pois são agrupadas em fascículos cuja orientação e densidade são diretamente relacionadas à função que desempenham durante a movimentação do joelho (**JACKSON et al., 1996**).

A grande maioria dos cirurgiões de joelho tem optado por reconstruções do ligamento cruzado anterior utilizando enxertos autólogos. Entretanto, a literatura nos mostra que os resultados são semelhantes quando compara os enxertos autólogos com os homólogos

(SHINO et al., 1993; HARNER et al., 1996; STRINGHAM et al., 1996; SHELTON et al., 1997). Há, portanto, respaldo para o uso dos homoenxertos, caso estes sejam a opção do cirurgião, e aceito pelo paciente após informações detalhadas.

Os pontos cruciais em relação à utilização dos enxertos homólogos são os custos, a possibilidade de transmissão de doenças, os métodos de esterilização, o armazenamento e a incorporação após o implante.

A primeira dificuldade para a utilização dos aloenxertos é a sua obtenção, devendo haver equipe disponível para a retirada do material dentro do prazo estabelecido, preferencialmente dentro das primeiras 5 horas após a morte. Estamos sujeitos também ao preconceito em relação às doações.

Após a retirada com técnica asséptica, o material deve ser transportado adequadamente para um centro preparado para o armazenamento. Antes, o enxerto deve estar livre de contaminação, sendo submetido à análise especializada para detectar a presença de

vírus e bactérias. Há também preocupação em relação à transmissão de doenças infecto-contagiosas virais, tais como SIDA e hepatite B.

Os cuidados, em relação à seleção dos doadores, devem ser bastante rigorosos para evitar-se transmissões de doenças infecto-contagiosas. Testes laboratoriais são aplicados nos doadores e nos tecidos doados. O problema é a ocorrência de falso negativo e a janela imunológica, onde o doador é soronegativo para o HIV, mesmo sendo portador da doença. A possibilidade calculada por **BUCK et al. (1989)** é de 1/ 1 667 600 para adquirir SIDA após transplante ósteo-tendíneo. No entanto, alguns centros têm como rotina a esterilização das peças, mesmo quando a técnica de retirada tenha sido estéril.

Há duas formas de obtenção dos tecidos: estéril e limpa. A primeira é feita no centro cirúrgico com técnica de assepsia, obtendo-se enxertos teoricamente livres de contaminação bacteriana. No segundo tipo, limpa, há necessidade de esterilização secundária,

que torna o tecido livre de contaminação, evitando-se também a transmissão de doenças virais presentes no tecido doado.

A esterilização pode ser feita de duas formas: irradiação gama e com óxido de etileno. A última tem sido pouco utilizada devido aos efeitos colaterais que causam. O óxido de etileno provoca sinovite na articulação do joelho,, com conseqüente degeneração e enfraquecimento do enxerto (**JACKSON et al., 1990; SILVAGGIO et al., 1993**).

O meio mais utilizado para esterilização é com a irradiação gama. Justificada pelo fato de não causar, secundariamente, reações inflamatórias nos joelhos, e por ser efetiva nas infecções bacterianas e virais. A intensidade da irradiação, efetiva para a desinfecção e que não seja lesiva para o enxerto, ainda está em discussão (**GIBBONS et al., 1991; FIDELER et al., 1994; NOYES et al., 1996**). Por outro lado, sabemos que os testes realizados in-vitro, que atentam para o problema do enfraquecimento do enxerto com a irradiação gama, não

demonstram exatamente o que ocorre na articulação do joelho, e a repercussão clínica deste enfraquecimento não é exatamente conhecida, pois o enxerto passa por transformações intensas após a sua implantação.

Os homoenxertos mais utilizados, tais como: ligamento patelar, tendão do quadríceps, tendões flexores e outros, inicialmente apresentam fibras colágenas diferentes do ligamento que irão substituir. Após a esterilização esta diferença será ainda maior como já demonstrado. Portanto, ao nosso ver, caso utilizemos o próprio ligamento cruzado anterior irradiado como enxerto homólogo, as fibras colágenas serão muito mais próximas do normal quando

comparadas às estruturas mais comumente utilizadas, apesar da degradação com o método de esterilização. Isto vem ao encontro da opinião de **GOERTZEN et al., (1984)** que em estudo realizado em cães comparando, após 12 meses de pós-operatório, enxertos de osso-LCA-osso esterilizados com irradiação gama e enxertos não esterilizados, verificam que não havia alterações em relação à

orientação das fibras colágenas, vascularização e a presença de mecanoreceptores. Além disso, a alteração da força de tensão não comprometeu os resultados obtidos.

Os enxertos homólogos são passíveis de fenômenos de rejeição, desencadeando reação imunológica que pode destruir o enxerto. Com o intuito de evitar-se essa reação antígeno-anticorpo o material é processado e armazenado, por um período mínimo de seis semanas. Há duas formas para isso: profundamente congelado a -80°C , processo no qual o enxerto é retirado de forma asséptica, e estocado em recipiente capaz de diminuir a temperatura 3° cada minuto até atingir a temperatura desejada; ou congelado e desidratado, em que, após a retirada, o enxerto é congelado, desidratado, e estocado à temperatura ambiente.

As duas formas de armazenamento diminuem a antigenicidade do material a ponto de não causarem reação intensa e destrutiva aos enxertos. Há evidências de que a forma de armazenamento com apenas o congelamento profundo apresenta

melhores resultados clínicos (**INDELICATO et al., 1990**). No nosso serviço utilizamos esta técnica de armazenamento, e esta seria a forma que estocaríamos nossos enxertos após a sua obtenção.

As medidas de obtenção, conservação, controle laboratorial e utilização dos homoenxertos apresentam custos que ainda são considerados altos em nosso país. Nos países mais desenvolvidos este tipo de enxerto vem sendo cada vez mais utilizado, com taxas de complicações muito baixas, até mesmo comparáveis aos autoenxertos quanto aos resultados (**SHINO et al., 1993; HARNER et al., 1996; STRINGHAM et al., 1996; SHELTON et al., 1997**).

Mesmo considerada bem sucedida e sendo a técnica mais realizada para a reconstrução ligamentar, a utilização do terço central do tendão patelar, como enxerto autólogo, apresenta complicações associadas à morbidade do sítio doador. Os joelhos operados por essa técnica demonstram comprometimento da força do quadríceps, nos testes isocinéticos, e redução no seu diâmetro transversal. São frequentes os relatos de defeito persistente no sítio doador, dor na

articulação patelo-femoral e presença de tendinite patelar (**SACHS et al. 1989; ROSENBERG et al., 1992**). Outras complicações menos comuns presentes são as fraturas da patela, a ruptura do tendão patelar, a contratura em flexão do joelho e a diminuição do espaço articular patelo-femoral. A experiência adquirida pelos cirurgiões e o avanço da reabilitação específica somam-se no sentido da redução destas complicações.

Além de compartilhar com o sucesso biomecânico dos autoenxertos, os enxertos homólogos trazem algumas vantagens, tais como, a abundante variação de opções de enxertos, cirurgia mais rápida, resultados estéticos superiores, e ausência das complicações relacionadas ao sítio doador.

O processo de maturação dos enxertos homólogos, após as cirurgias de reconstrução do LCA, foi avaliado por **SHINO et al., (1988)**. Utilizando biópsias artroscópicas, os autores verificaram que os enxertos, após 6 semanas de implantação, não apresentam mais degradação biológica, e as fibras colágenas não mantêm mais sua

estrutura microscópica inicial e tampouco a estrutura de um ligamento original. **JACKSON et al. (1983)** notaram que as fibras de diâmetro largo são substituídas por fibras de diâmetro estreito. A diminuição do diâmetro das fibras provoca uma queda da força de tensão do implante homólogo. Com relação a isto, **SHINO et al. (1995)** observaram uma diminuição das ligações cruzadas inter-moleculares do colágeno. Isso poderia explicar o aumento da translação ântero-posterior da tíbia, após as reconstruções ligamentares, mesmo que se obtenha um ótimo ponto isométrico intra-operatório.

Estudo semelhante nunca foi feito com a substituição do LCA pelo próprio ligamento cruzado anterior. É possível que os resultados encontrados possam demonstrar maior semelhança entre o enxerto e o ligamento, já que a estrutura inicial dos dois seria a mesma. Isto, embora sabendo que haverá transformação durante as fases de maturação do tecido transplantado; sendo que, segundo **GOERTZEN et al. (1998)**, a sobrevivência dos fibrócitos presentes no enxerto transplantado não se estende além de 4 semanas, quando então somente células do hospedeiro são detectadas.

A incorporação biológica dos enxertos, com as fases de necrose, reconstituição celular, vascular e remodelação do colágeno foi estudada por **AMIEL et al. (1986)** e posteriormente por **JACKSON et al. (1996)**. Enxertos homólogos e autólogos apresentam evolução semelhante. Após necrose, com morte de todas suas células, o enxerto passa a servir de molde para a formação do novo ligamento com repopulação celular e reorganização do colágeno. O enxerto, uma vez dentro da articulação, passa a ter exigências biomecânicas diferentes daquelas anteriormente impostas a si, sofrendo um processo denominado por de “ligamentização e sinovialização” (**AMIEL et al., 1986**), passando a ter características semelhantes as de um ligamento original. No entanto, determinados aspectos primários do ligamento não são restaurados com as técnicas tradicionais de reconstrução. A arquitetura tri-dimensional e a ultra-estrutura colágena, a despeito do processo de “ligamentização”, não são restabelecidos.

A incorporação dos auto e homoenxertos associa-se à perda da força de tensão inicial da estrutura utilizada. Na fase inicial, necrose, temos o momento crítico em relação a este fato. Há aumento da força de tensão com o avanço do incremento celular, síntese e a reorganização do tecido colágeno (**SHINO 1991**). Quando completamente finalizado o processo de incorporação, aos 18 meses nos humanos, temos a força máxima atingida pelo material implantado, sendo sempre inferior à sua força inicial. Portanto, dentre as muitas variáveis existentes, a força inicial da estrutura utilizada é de fundamental importância.

A força de tensão máxima, isto é, a força aplicada para a ruptura do ligamento cruzado anterior foi comparada com a força de tensão dos principais enxertos autólogos utilizados na reconstrução do LCA em humanos. **NOYES et al., (1984)** observaram os seguintes resultados: fascia lata 36% da força do LCA , osso-tendão patelar-osso 168% , semitendíneo 70% e grácil 49%. Os resultados obtidos são no tempo inicial de reconstrução, portanto os enxertos

ainda não sofreram as transformações inerentes ao seu processo de maturação, o que poderia modificar os resultados.

A força de tensão do LCA original, em animais, foi comparada com a força de tensão do enxerto osso-LCA-osso com 1 ano de seguimento (GOERTZEN et al., 1994). Os resultados obtidos

indicaram que o enxerto osso-LCA-osso apresentou uma força que flutuou de 25 a 60% da força do ligamento normal. Já, com o mesmo enxerto reforçado por “LAD” (Ligament Augmentation Device) o resultado foi de 69,1%, e quando esterilizado com irradiação gama 63,8%. Portanto, o terço central do tendão patelar é a única das estruturas analisadas que tem a força de tensão inicial superior ao da estrutura substituída. O transplante homólogo do próprio LCA associado ao reforço com prótese ligamentar (“LAD”) mantém-se na média comparando-se com as outras estruturas utilizadas. Portanto, ao consideramos a força de tensão inicial do enxerto homólogo

osso-LCA-osso não vemos empecilho para a utilização desse tipo de técnica cirúrgica.

Nos estudos de **GOERTZEN (1994)** o uso da prótese ligamentar de reforço (“LAD”) foi determinante para que seus resultados fossem semelhantes aos dos enxertos autólogos mais utilizados na literatura. O “LAD” tem o propósito de proteger o enxerto biológico durante as fases iniciais de cicatrização. No entanto, sua presença pode causar reação inflamatória por parte do hospedeiro, e, algumas vezes esta reação pode agredir o enxerto causando o enfraquecimento deste. Caso pudéssemos utilizar uma estrutura biológica como reforço, substituindo a prótese sintética, evitaríamos as reações indesejadas e manteríamos a proteção necessária ao enxerto em questão: osso-LCA-osso.

Os trabalhos encontrados na literatura, nos quais há substituição do LCA pelo enxerto homólogo osso-LCA-osso, são todos com animais de experimentação. Nestes, não é possível uma programação pós-operatória de proteção aos enxertos. Também não

existe reabilitação adequada para estes transplantes. Ao nosso ver, este seria um fator fundamental que influencia o resultado final.

Mais importante que a força de tensão inicial da estrutura utilizada é a associação entre a técnica cirúrgica e o enxerto empregado. A única estrutura, capaz de imitar as necessidades biomecânicas do joelho, onde durante o arco de movimento há tensão distribuída de forma diferente para cada grupamento de fibras colágenas, seria o próprio ligamento cruzado anterior como enxerto homólogo. **JACKSON (1991)** atribuiu os maus resultados das reconstruções do LCA com enxerto homólogo osso-LCA-osso à

técnica cirúrgica. Este autor, ao congelar in-situ o ligamento provocou morte celular com a interrupção da vascularização dos ligamentos, simulando assim uma cirurgia de reconstrução. Seu experimento, portanto, não modificou a origem, inserção, tensão e a orientação das fibras colágenas. Obteve resultados biomecânicos comparáveis ao grupo controle que mantinha o LCA íntegro. O ligamento passou pelas

mesmas fases de incorporação de um enxerto homólogo ou autólogo. Isto indica uma relação direta da técnica cirúrgica com os resultados.

As análises mecânicas feitas em laboratório desnudam o joelho, deixando apenas o LCA como estrutura única a ser testada. Não podemos desconsiderar que o LCA funciona interagindo com outras estruturas na complexa articulação do joelho.

Os estudos histológicos e da geometria do ligamento cruzado anterior (**ARNOCZKY, 1983**) demonstram que durante o movimento articular, ocorrem forças com intensidades diferentes em cada grupamento de fibras colágenas. As fibras estão organizadas em fascículos com orientações e densidades específicas. Na periferia, os fascículos seguem um modelo helicoidal, enquanto centralmente são mais longitudinais. As fibras apresentam diferentes zonas de transição. A abrupta mudança de uma substância flexível, que é o ligamento, para uma substância rígida osteo-cartilaginosa é amenizada por uma gradual alteração na rigidez do LCA. Isto previne uma concentração de forças no sítio de inserção óssea.

Os testes realizados em laboratórios, para os estudos biomecânicos do LCA, não são capazes de reproduzir os peculiares aspectos anatômicos deste ligamento. Ao nosso ver, somente o próprio ligamento em questão seria capaz de substituir a si mesmo com as vantagens biomecânicas inerentes a sua complexa estrutura.

O funcionamento do joelho, como acontece em outras articulações, é refinado pela presença de mecanorreceptores e nociceptores. Essas estruturas são encontradas, como demonstrado em estudos histológicos, no ligamento cruzado anterior. Sua importância está na mediação da propriocepção, refinando o movimento e informando reflexamente a posição do joelho durante o arco de movimento, tornando sua atuação um fator de proteção. **GOERTZEN et al. (1992)** e **FROMM et al. (1996)**, nos transplantes realizados em cães e coelhos respectivamente, encontraram em seus estudos neurohistológicos, evidências da presença de mecanorreceptores e nociceptores. O que não pôde ser provado é a funcionalidade destes, mesmo porque os estudos foram feitos em animais, tornando a

propriocepção é difícil de ser testada. Outro fator a ser pesquisado é se a função destes mantém-se durante a cicatrização e remodelação do LCA transplantado.

As dimensões do enxerto são fundamentais quando queremos obter as vantagens biomecânicas proporcionadas pela reconstrução ligamentar com o enxerto homólogo osso-LCA-osso (**VASSER et al., 1986**). Talvez, este seja o ponto crucial que dificulte a técnica cirúrgica. Um método de aferição seria necessário pré ou intra-operatoriamente para escolha do melhor enxerto possível, e seria necessário um banco de enxertos bem sortido em variações. Um armazenamento das peças segundo dados antropométricos do doador seria uma possível solução.

A micro e a macroanatomia do LCA, descrita por **ARNOCZKY (1983)**, define que a origem femoral do ligamento tem a forma de um semicírculo, sendo a borda anterior reta e a posterior convexa, sendo a espessura total de 23 mm. A inserção do ligamento

na tíbia é mais larga e forte do que a origem femoral, tendo uma espessura no seu maior eixo de 30 mm. A retirada do ligamento dos cadáveres, que é a base deste trabalho, foi feita com uma trefina de 10 mm de diâmetro. Portanto, perdemos parte da origem e da inserção óssea do LCA. A técnica cirúrgica de retirada do enxerto osso-LCA-osso seria facilitada com uma trefina de maior diâmetro, pois seria menor a chance de causar danos ao mesmo no momento de sua retirada. Uma trefina reforçada está sendo desenvolvida com maior diâmetro para esse fim.

O ligamento cruzado anterior é composto por fibras que se agrupam em dois fascículos, uma banda ântero-medial e outra póstero-lateral. Ambos os grupamentos funcionam de formas distintas, sendo o primeiro mais tenso quando o joelho encontra-se em flexão; e o segundo grupo, póstero-lateral com maior tensão quando a articulação está em extensão. Os grupos agem em sintonia para a estabilização do joelho. Isto é clinicamente muito importante, pois em qualquer posição alguma porção do ligamento encontra-se funcional.

Com um fragmento ósseo que englobe toda a origem e inserção do LCA, obteríamos esta importante vantagem biomecânica. Entretanto, os 30 mm necessários para a retirada de toda inserção tibial e os 23 mm da origem femoral necessitariam de um túnel no local receptor de mesmas proporções. Todavia, perfurações desta magnitude danificariam as estruturas adjacentes, e poderiam inviabilizar ou retardar a incorporação dos enxertos.

O fato de o nosso material apresentar ossos nas suas extremidades facilita a fixação e favorece a incorporação dos enxertos. Outro fator que podemos destacar é que mantemos as inserções ósseas originais, não comprometendo assim a transição ósteo-ligamentar.

Há uma dificuldade técnica para a retirada da porção femoral do enxerto, onde o ligamento está muito próximo à cortical óssea. A trefina deve ser rígida o suficiente para vencer este obstáculo.

O guia para a obtenção do ponto central da inserção do ligamento cruzado anterior é o mesmo utilizado nas cirurgias de

reconstrução deste ligamento. Este foi considerado adequado para a técnica e de fácil manuseio.

Abrimos, também, a possibilidade de utilizarmos técnica semelhante para a retirada do ligamento cruzado posterior. Inclusive a obtenção do fragmento ósseo tibial é mais simples, não necessitando, ao nosso ver da trefina, mas apenas de um osteótomo. Caso o fragmento ósseo obtido seja grosseiro, o mesmo pode ser esculpido posteriormente.

Os esforços para o aprimoramento da substituição do LCA pelo próprio ligamento, como enxerto homólogo, justificam-se pelas vantagens teóricas enunciadas. São, ao nosso ver, válidas as tentativas de desenvolvimento de técnica cirúrgica que seja reprodutível para esse fim.

7) CONCLUSÕES

1. O estudo piloto desenvolvido permite concluir que a técnica proposta é passível de ser utilizada para a coleta de enxerto homólogo do tipo osso-LCA-osso.
2. Os enxertos obtidos apresentam características que permitem um futuro implante com as técnicas vigentes.

3. Há necessidade de se relacionar, de alguma forma, doador e receptor para que as dimensões dos enxertos sejam apropriadas.

8) RESUMO

As técnicas cirúrgicas propostas objetivando uma função satisfatória do joelho após a lesão do ligamento cruzado anterior são variadas. As mais utilizadas têm sido a reconstrução ligamentar com enxerto autólogo do terço central do tendão patelar e dos tendões flexores do joelho (grácil e semitendíneo). Apesar de as técnicas mencionadas conferirem uma performance biomecânica satisfatória e já consagrada, não são capazes de reproduzir a complexa arquitetura tridimensional do ligamento original. O LCA apresenta zonas de transição e uma particular inserção óssea. Suas fibras funcionam com

tensões diferentes entre si, e de forma harmônica, conforme as solicitações biomecânicas impostas à articulação. A vascularização e a propriocepção são outros fatores relevantes e que também são alterados com as técnicas tradicionais. Somente o próprio ligamento cruzado anterior, como enxerto homólogo, poderia substituir o ligamento lesado e manter sua arquitetura original. No entanto, ainda

não é factível este tipo de transplante em humanos. Uma das razões é que não há uma forma definida para a coleta e implantação destes enxertos. O nosso estudo apresenta uma técnica, desenvolvida em cadáver, para a retirada do enxerto osso-LCA-osso, de tal modo que este possa ser devidamente preparado para implante utilizando técnicas correntes.

ABSTRACT

There are many different techniques for anterior cruciate ligament replacement. The bone-patellar-bone and the semitendinosus autografts have been the most common. Despite the above mentioned grafts restore the functional stability to the knee, they are not

considered ideal because of their inability to duplicate the complex geometry, structure and function of the ligament. The ACL are divided into different zones and it has a very particular bone attachment. It is made up of multiple fascicles grouped into collagen fibers. The microstructure is directly related to its function, It allows a different portion of the ligament to be taut, and therefore functional throughout the joint range of motion. Also the vascular supply and proprioception are altered with current replacements. It seemed to be clear that only the ACL would be able to replace itself, as an allograft, to keep all its complexity. However this sort of transplant has never been attempted in human beings, and one of the reasons is the lack of a reproducible harvest technique. This present study intends to

demonstrate a technique of ACL harvest, from human cadaver, as allograft, in such a way that enable it to be transplanted using current techniques.

9) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMIEL,D.; KLEINER, J.; ROUX, R.; HARWOOD, F.; AKESON, W. : The phenomenon of “ligamentization” : Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon. **J Orthop Res 4:** 162-172, 1986.

2. ANDERSON, C.; ODENSTEN, M.; GOOD, C.; GILLQUIST, J. : Surgical or nonsurgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament : a randomized study whith long term follow up . **J Bone Joint Surg ,71A(7):** 965-974 1989.

3. ARNOCZKY, SP. : Anatomy of the anteror cruciate ligament . **Clin Orthop Jan-Feb, (172):** 19-25 1993.

4. BECHTOLD, J.; EASTLUND, T.; BUTTS, M.K.; LARGERBORG, D.F.; KYLE, R.F. : The effects of freeze-drying and ethylene oxide sterilizationon on the mechanical.

5. BUCK, R. E.; MALKININ, T. I.; BROWN, M. D. : Bone transplantation and human immunodeficiency virus: an estimate

of risk of acquired immunodeficiency syndrome (AIDS). **Clin Orthop.** **240**: 129-136 1989.

6. ENGBRETSSEN, L.; BENUM, P.; FASTING, D.; MOLSTER, A .; STRANDT, T. : A prospective , randomized study of three surgical techniques for treatment of acute ruptures of the anterior cruciate ligament .**Am J Sports Med**; **18(6)** : 585-90 , 1990.

7. FIDELER, B.M.; VANGSNESS, T.; BIN LU, M.S.; ORLANDO, C.; MOORE, T. : Gamma irradiation : effects on biomechanical properties of human bone-patellar tendon-bone allografts . **Am J Sports med** , **23(5)** : 643-646 1995.

8. FIDELER, B.M.; VANGSNESS, T.; MOORE, T.; LI,Z.; RASHEED, S.: Effects of gamma irradiation on the human immunodeficiency virus. A study in frozen human bone-patellar ligament-bone grafts obtained from infected cadavera. **J Bone Joint Surg., 76-A:** 1032-1035, July 1994.

9. FROMM, B.; KUMMER, W. : Nerve suply of anterior cruciate ligaments and of cryopreserved anterior cruciate ligaments allografts a new method for the differenciation of the nervous tissues. **Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc; 2(2):** 118-22, 1994.

10. FROMM, B.; SCHAFFER, B.; PARSCH, D.; KUMMER, W. : Reconstruction of the anterior cruciate ligament whith a cryopreserved ACL allograft . A microangiographic and

immunohistochemical study in rabbits . **International Orthop (SICOT) 20** : 378-82 , 1996 .

11. GIBBONS, M.J.; BUTLER, D.L.; GROOD, E.; BYLSKI-AUSTRROW, D.I.; LEVY, M.S.; NOYES, F.R. : Effects of gamma irradiation on the initial mechanical and material properties of goat bone-pattellar tendon-bone allografts. **J Orthop res, 9**: 209-218, 1991.

12. GOERTZEN, M.J. ; BUITKAMP, J. ; CLAHCEN, H. ; MOLLMANN , M. : Cell survival following bone-anterior cruciate ligament-bone allograft transplantation : DNA fingerprints, segregation , and collagen morphological analysis of multiple marker in the canine model . **Arch Orthop Trauma Surg 117** : 208-14 , 1998 .

13. GOERTZEN, M.J.; CLAHCEN, H.; BURRIG, K.F.; SCHULITZ , K.P. : Sterilization of canine anterior cruciate

allograft by gamma Irradiation in argon . Mechanical and neurohistological properties retained one year after transplantation . **Bone Joint Surg [Br]77B 2** :205-12 ,1995 .

14. GOERTZEN, M.J.; CLAHSSEN, H.; SCHULITZ, K.P. : Anterior cruciate ligament reconstruction using cryopreserved irradiated bone-ACL-bone allograft transplants .**Knee Surg Sports Traumatol;2(3)** :150-7 , 1994 .

15. GOERTZEN, M.J.; DELLMANN, A.; GRUBER, J.; CLAHSSEN, H.; BURRIG, K.F. : Anterior cruciate ligament transplantation for Intraarticular ligamentous reconstruction. **Arch Orthop Trauma Surg 111**:273 –9 , 1992 .

16. GOERTZEN, M.J.; GRUBER, J.; DELLMANN, A .; CLAHSSEN, H.; SCHULITZ, P. : Neurohistological findings after experimental anterior cruciate ligament allograft transplantation. **Arch Orthop Trauma Surg 111**: 126-129 , 1992 .

17. HARNER, C.H.; OLSON, E.; IRRGANG, J.; SILVERSTEIN, S.; FU, F.H.; SILBEY, M. : Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction . **Clin Orthop Rel Res** **324**:134-144, 1996.

18. HORSTMAN, J.K.; AHMADU-SUKA, F.; NORRDIN, R.W. : Anterior cruciate ligament fascia lata allograft reconstruction : progressive histological changes toward maturity. **Arthroscopy** **9(5)**: 509-18 , 1993.

19. INDELICATO, P.A.; BITTAR, E.S.; PREVOT, T.J.; WOODS, G.A.; BRANCH, P.T.; HUEGEL, M. : Clinical comparison of freeze-dried and fresh frozen patellar tendon allograft for anterior cruciate ligament reconstruction of the knee . **Am J Sports Med** **18(4)** : 335-342 , 1990 .

20. INDELICATO, P.A.; LINTON, R.; HUEGEL, M. : The results of fresh-frozen patellar tendon allografts for chronic anterior

cruciate ligament deficiency of the knee . **Am J Sports Med**
20(2) : 118-21.

21. JACKSON, D.W.; CORSETTI, J.; SIMON, T.M. : Biologic
incorporation of allograft anterior ligament replacements.

Clin Orthop Rel Res 324 : 126-33

, 1996.

22. JACKSON, D.W.; GROOD, D.E.; ARNOCHKY, S.P.;
BUTLER, D.L.; SIMON, T.M. : Freeze dried anterior cruciate
ligament allografts . Preliminary studies in a goat model . **Am J**
Sports Med 15(4):295-303 , 1987.

23. JACKSON, D.W.; GROOD, D.E.; ARNOCHKY, S.P.;
BUTLER, D.L.; SIMON, T.M. : Cruciate ligament reconstruction
using freeze dried anterior cruciate ligament allograft and a

ligament augmentation device (LAD) . An experimental study in a goat model **Am J Sports Med 15(6):** 528-38, 1987.

24. JACKSON, D.W.; GROOD, E.S.; COHN, T.B.; ARNOCZKY, S.P.; SIMON, M.T.; CUMMINGS, J.F. : The effects of in situ freezing on the anterior cruciate ligament : an experimental study in goats. **J Bone Joint Surg [AM];73A(2):** 201-13 , 1991

25. JACKSON, D. W.; WINDLER G. E.; SIMON, T. M.: Intraarticular reaction associated with the use of freeze-dried ethylene oxide sterilized bone-patellar tendon-bone allografts in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. **Am J Sports Med. 18:** 1-11, 1990.

26. JOHNSON, D.L.; SWENSON, T.M.; IRRGANG, J.J. ; FU, F.H.; HARNER, C.D. : Revision anterior cruciate ligament

surgery : Experience from Pittsburgh . **Clin Orthop;(325):**
100-109, 1996 .

27. LEPHART, S.M.; KOCHER, M.S.; HARNER, C.D. ; FU,
F.H.: Quadriceps strength and functional capacity after anterior
cruciate ligament reconstruction . Patellar tendon autograft
versus allograft. **Am J Sports Med 21(5):** 738-43 , 1993.

28. LEVITT, R.L.; MALININ, T.; POSADA, A.; MICHALOW, A.:
Reconstruction of anterior cruciate ligament with
bone-patellar-bone and achilles tendon allografts . **Clin
Orthop;(303):** 67-78, 1994.

29. MEYERS, J.F. : Allograft reconstruction of the anterior,
cruciate ligament . **Clin Sports Med;10(3):** 487-98, 1991.

30. MEYERS, F.J. : Arthroscopic evaluation of allograft anterior
cruciate ligament reconstruction . **Arthroscopy 8(2):** 157-161,
1992.

31. MILLER, M.D.; HARNER, C.D. : The use of allograft techniques and results . **Clin Sports Med;12(4):757-70** , 1993.

32. NIKOLAU, P.K.; SEABER, A.V.; GLISSON, R.R.; RIBBECK, B.M.; BASSETT, F.H. : Anterior cruciate ligament allograft transplantation long-term function, histology, revascularization, and operative technique . **Am J Sports Med;14(5): 348-60** , 1986.

33. NOYES, F.R.; BARBER-WESTIN, S.D. : Reconstruction of the anterior cruciate ligament with human allograft. Comparison of early and later results . **J bone Joint Surg 78-A(4) : 524-37**, 1996.

34. NOYES, F.R.; BUTLER, D.L.; GROOD, E.S.; ZERNICKE, R.F.; HEFZY, M.S. : Biomechanical analysis of human ligament graft used in knee-ligament repairs and reconstructions. **J Bone Joint Surg** **66(3)** : 344-352 , 1984.

35. ODENSTEN, M.; HAMBERG, P.; LYSHOLM, J.; GILLQUIST, J. : Surgical or conservative treatment of acutely torn anterior cruciate ligament : a randomized study with short term follow up observations . **Clin Orthop** ;**198**: 87-93 1985 .

36. OLSON, E.J.; HARNER, C.D.; FU, F.H.; SILBEY, M.B. : Clinical use of fresh, frozen soft tissue allografts. **Orthopedics**; **15(10)** : 1225-32 , 1992 .

37. RASMUSSEN, T.J.; FEDER, S.M.; BUTLER, D.L.; NOYES F.R. : The effects of 4 Mrad of gamma irradiation on the initial mechanical properties of bone-patellar-bone grafts. **Arthroscopy**; **10(2)**: 188-197 , 1994 .

38. RITCHIE, J.R.; PARKER, R.D. : Grafts selection in anterior cruciate ligament revision surgery . **Clin Orthop Rel Res**

325 : 65-77, 1996.

39. ROSENBERG, T.D.; FRANKLIN, J.L.; BALDWIN, G.N.;

NELSON, K.A. : Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. **Am J Sports Med;20(5)**: 525-526, 1992.

40. SACHS, R.A. ; DANIEL, D.M.; GARFEIN, R.F. : Patello-femoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction

Am J Sports Med ; 17(6) : 760-765, 1989.

41. SADDEMI, S.R.; FROGAMENI, A .D.; FENTON, P.J.;

HARTMAN, J.; HARTMAN, W. : Comparison of perioperative morbidity of anterior cruciate ligament autografts versus allografts. **Arthroscopy**;9(5): 519-24 , 1993.

42. SANDBERG, L.; BALKFORS, B.; NILSSON, B.; WESTLIN, B. : Operative versus non-operative treatment of recent injuries to the ligament of the knee : a prospective randomized study . **J Bone Joint Surg ;72 A** : 259-267 1990.

43. SHELTON, W.R.; PAPENDICK, L.; DUKES, A .D. : Autograft versus allograft anterior cruciate ligament reconstruction. **Arthroscopy**;13(4) : 446-449 , 1997.

44. SHINO, K. : Reconstruction of the anterior cruciate ligament using allogeneic tissues : overview and current practice. **Bulletin of the Hospital for Joint Diseases Orthopedic Institute**;51(2) : 155-174 , 1991.

45. SHINO, K.; INOUE, M.; HORIBE,S.; HAMADA,M.; ONU, K.:
Reconstruction of the anterior cruciate ligament using
allogeneic tendon : long term follow up . **Am J Sports Med;**
18(5): 457-65, 1990.

46. SHINO, K.; INOUE, M.; HORIBE, S.; NAKATA, K.; MAEDA,
A .; ONO, K. : Surface blood flow and histology of human
anterior cruciate ligaments allografts. **Arthroscopy;7(2)** : 1991.

47. SHINO, K.; NAKATA, K.; HORIBE, S.; INOUE, M.;
NAKAGAWA, S. : Quantitative evaluation after arthroscopic
anterior cruciate ligament reconstruction : allograft versus
autograft . **Am J Sports Med; 21(4):** 609-16 , 1993.

48. SHINO, K.; OAKES, B.W.; HORIBE, S.; NAKATA, K.;
NAKAMURA, N. : Collagen fibril populations in human anterior
cruciates ligaments allografts . **Am Orthop Soc Sports Med ;**
23(2) : 203-209, 1995.

49. SHINO, K.; INOUE, M.; HORIBE, S.; NAGANO, J.; ONO, K.:
Maturation of allograft tendons transplanted into the knee . An
arthroscopic and histological study . **J bone Joint
Surg[Br]**70-B 556-60, 1988.

50. SILVAGGIO, V.J.; FU, F.H.; GEORGESCU, H. I.; EVANS,
C. H. : The induction of IL-1 by freeze-dried ethylene
oxide-treated bone patellar tendon-bone allograft wear particles:
an in vitro study . **Arthrosopy; 9(1):** 82-86, 1993.

51. STRIGHAN, D.R.; PELMAS, C.J.; BURKS, R.T.; NEWMAN,
A.P.; MARCUS, R.L. : Comparison of anterior cruciate ligament
reconstructions using patellar tendon autograft or allograft.
Arthrosopy;12(4): 414-21 , 1996.

52. THORSON, E.; RODRIGO, J.J.; VASSEUR, P.; SHARKEY,
N.; HEITTER, D. : Replacement of the anterior cruciate

ligament. A comparison of autografts and allografts in dogs.

Acta Orthop Scand ; 60(5) : 555-60 , 1989.

53.URIBE, J.W.; HECHTMAN, K.S.; ZVIJAC, J.E.;

TJIN-A-TSOI, E.W. : Revision anterior cruciate ligament surgery

: experience from Miami. **Clin Orthop;(325): 91-99, 1996.**

54. VASSEUR, P.B.; RODRIGO, J.J.; STEVENSON, S.;

CLARK, G.; SHARKEY, N. : Replacement of the anterior

cruciate ligament with a bone-ligament-bone anterior allograft in

dogs. **Clin Orthop; (219) : 268-77, 1987.**

55. VASSEUR, P.B.; STEVENSON, S.; GREGORY, C.R.;

RODRIGO, J.J. ; PAULI, S. ; HEITTER, D. : Anterior cruciate

ligament allograft transplantation in dogs . **Clin Orthop Rel Res**

269: 295-304 , 1991.

56. WOO, S.; HOLLIS, J.M.; ADAMS, D.J.; LYON, R.M.;

TAKAI, S. : Tensile properties of human femur-anterior cruciate

ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. **Am J Sports Med**; **19(3)**:217-225, 1991.