



Acta Ortopédica Brasileira

ISSN: 1413-7852

actaortopedicasociedade@uol.com.br

Sociedade Brasileira de Ortopedia e

Traumatologia

Brasil

Fazzolari Dota, Aline; Rodrigues Zenaide, Maurício; Kawamura Demange, Marco; Camanho, Gilberto Luis; Hernandez, Arnaldo José

Estudo das propriedades mecânicas do ligamento cruzado posterior e do ligamento patelar de cadáveres de seres humanos após utilização de radiofreqüência

Acta Ortopédica Brasileira, vol. 15, núm. 3, 2007, pp. 138-142

Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65715303>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

**ARTIGO ORIGINAL**

ESTUDO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DO LIGAMENTO CRUZADO POSTERIOR E DO LIGAMENTO PATELAR DE CADÁVERES DE SERES HUMANOS APÓS UTILIZAÇÃO DE RADIOFREQÜÊNCIA

STUDY OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE POSTERIOR CRUCIATE LIGAMENT AND PATELLAR TENDON ON FRESH HUMAN CADAVERS AFTER RADIOFREQUENCY SHRINKAGE.

ALINE FAZZOLARI DOTA¹, MAURÍCIO RODRIGUES ZENAIDE¹, MARCO KAWAMURA DEMANGE², GILBERTO LUIS CAMANHO³, ARNALDO JOSÉ HERNANDEZ⁴.

RESUMO

Este trabalho visou estudar os efeitos da radiofreqüência sobre os ligamentos patelares (LP) e ligamentos cruzados posteriores (LCP) de cadáveres, levando em conta as características de rigidez e deformação máxima. Foram utilizados 11 LCP e 14 LP, sendo feitas as aferições com o aparelho Kratos® K5002. Foi realizada a termoabrasão das estruturas, com encurtamento obtido entre 15 e 20% do comprimento inicial. Observou-se que essas deformações (encurtamento) não se mantiveram no ensaio pós RF. Conclusão: A radiofreqüência permite o encurtamento do LP e LCP. O encurtamento obtido não se mantém completamente quando os ligamentos são submetidos a cargas tensionais padronizadas neste ensaio biomecânico. O uso de radiofreqüência causa redução da rigidez do tecido (LP e LCP).



Descritores: Ligamento cruzado posterior; Ligamento patelar; Biomecânica; Ablação por Cateter

Citação: Dota AF, Zenaide MR, Demange MK, Camanho GL, Hernandez AJ. Estudo das propriedades mecânicas do ligamento cruzado posterior e do ligamento patelar de cadáveres de seres humanos após utilização de radiofreqüência. *Acta Ortop Bras.* [periódico na Internet]. 2007; 15(3):138-142. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aoab>.

INTRODUÇÃO

A reconstrução dos ligamentos cruzados anterior (LCA) e posterior (LCP) do joelho corresponde a um procedimento cada vez mais frequente e com aprimoramento constante de técnicas. Esta reconstrução tem como objetivo restaurar a estabilidade e função do joelho após a ruptura / insuficiência destes ligamentos.

Na prática clínica, há situações de rotura parcial e total dos ligamentos cruzados, assim como situações de frouxidão ligamentar de ligamentos ou de neo-ligamentos/enxertos alongados e não funcionais. Aqueles com rotura parcial ou alongamento sem perda de continuidade podem ser tratados conservadoramente ou por cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior⁽¹⁾.

As propriedades mecânicas dos ligamentos têm sido estudadas assim como as de seus possíveis substitutos. Os tendões e ligamentos são constituídos predominantemente por colágeno, uma estrutura em forma de hélice tríplice com a capacidade variável de reter líquidos em função da solicitação mecânica (estado de deformação resultante da intensidade, duração e variação das

SUMMARY

This study intended to examine the effects of radiofrequency shrinkage (RF) on patellar ligament (PL) and posterior cruciate ligament (PCL) of fresh human cadavers, measuring stiffness and maximum deformation. Eleven PCLs and 14 PLs were studied with traction tests being performed with the aid of a Kratos® K5002 machine. Structures were reduced by 15-20%, after the shrinkage. However, this reduction was partially lost after the traction test. Conclusion: RF was successful in reducing the length of the structures studied in spite of the statistically significant stiffness loss. Then, RF was not fully successful in maintaining the reduction of ligament length under the traction forces of the test.

Keywords: Posterior Cruciate Ligament; Patellar Tendon; Biomechanics; Catheter Ablation.

Citation: Dota AF, Zenaide MR, Demange MK, Camanho GL, Hernandez AJ. Study of the mechanical properties of the posterior cruciate ligament and patellar tendon on fresh human cadavers after radiofrequency shrinkage. *Acta Ortop Bras.* [série Internet]. 2007; 15(3): 138-142. Available from URL: <http://www.scielo.br/aoab>.

tensões aplicadas). A deformação de um tecido puramente elástico é diretamente proporcional à força aplicada, enquanto que as propriedades de um tecido viscoso são dependentes do tipo de tecido e da velocidade de aplicação da força. Tecidos biológicos possuem propriedades elásticas e viscosas, o que lhes confere um comportamento viscoelástico⁽²⁾. Esse comportamento determina que as estruturas do aparelho locomotor sejam mais adaptáveis às solicitações mecânicas em alta velocidade, ou impactos que ocorram constantemente ao longo da vida. Observa-se atualmente um número crescente de cirurgias de revisão de reconstrução do LCA sendo em número significativo mais vezes decorrente do alongamento deste ligamento quando exposto previamente⁽³⁾, fato também observado com o ligamento cruzado posterior. Dessa maneira, considera-se interessante o desenvolvimento de técnicas que permitam o retencionamento do ligamento ou de seus respectivos enxertos substitutos permitindo-se obter estabilidade do joelho sem a necessidade de cirurgia de reconstrução ligamentar.



Equipamentos de radiofreqüência permitem realizar encurtamentos nas fibras colágenas^(4,5) sem cortá-las. Em seu funcionamento, as ponteiras passam corrente alternada da ponta desta para o tecido. Os íons do tecido seguem a direção da corrente alternada gerando calor friccional. Existem diversos modelos de aparelhos de radiofreqüência, inclusive tipos adaptados para uso em cirurgia por artroscopia com presença de líquidos (imersos em solução fisiológica). Estes equipamentos são utilizados em cirurgias ortopédicas e artroscópicas para a ressecção, ablação, excisão de tecidos moles, hemostasia de vasos sanguíneos e coagulação de tecidos moles⁽⁶⁾.

O uso de técnicas de encurtamento eletrotérmico com radiofreqüência (RF) objetivando encurtar as fibras de colágeno pode ter importância clínica. Seu uso em artroscopia do ombro para encurtamento da cápsula, denominada capsuloplastia térmica, consiste em uma das utilizações clínicas e das linhas de pesquisa atuais com equipamentos de radiofreqüência em cirurgias ortopédicas realizada através de artroscopia.^(7,8,9) Estes equipamentos passaram a ser utilizados em cirurgias de joelho^(1,3,4), inclusive na tentativa de eliminar a fruixidão do ligamento cruzado anterior.⁽¹⁾

Os métodos com uso de radiofreqüência para este fim são considerados relativamente fáceis, podendo ser realizado pela maioria dos cirurgiões com experiência em artroscopia com poucas complicações.

OBJETIVO

Avaliar as propriedades mecânicas do ligamento cruzado posterior (LCP) e do ligamento patelar (LP) após a aplicação de radiofreqüência, comparando-as com as propriedades biomecânicas originais destas estruturas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram analisadas as características mecânicas rigidez e deformação máxima. Para tal, foi utilizado o terço central do ligamento patelar (LP) e o ligamento cruzado posterior (LCP) de joelhos de cadáveres. Foram analisados 14 joelhos (11 LCP e 14 LP). Não foram incluídos espécimes que apresentavam indícios de ocorrência de doenças consumptivas prévias ou alterações do joelho como deformidades, cicatrizes cirúrgicas ou evidências de lesões prévias, com o objetivo de trabalhar com joelhos considerados normais. A obtenção de peças anatômicas foi restrita àqueles cadáveres em que se permitia captação com tempo de óbito menor que 7 dias e que tinham sido devidamente acondicionados no SVO à temperatura inferior a 4°C.

Os joelhos foram retirados por via anterior, obedecendo os critérios do Serviço de Verificação de Óbitos da Capital (SVOC). Após a sua retirada, as peças anatômicas foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas com registro do SVOC e armazenadas em congelador a -20°C, até a realização dos ensaios mecânicos, por período menor que 2 meses, não interferindo no resultado a preservação até 3 meses nesta temperatura^(10,11).

O ligamento patelar e o ligamento cruzado posterior foram dissecados e preparados para a aplicação de radiofreqüência e dos ensaios mecânicos. Para tal, as peças anatômicas foram descongeladas por 4 horas à temperatura ambiente e submergidas a solução de cloreto de sódio a 0,9%.

O ligamento patelar foi preparado com dois blocos ósseos (2,0 x 1,0 x 1,0 cm) cada qual em uma extremidade, com largura de 1 cm de tendão, de maneira semelhante a empregada em cirurgia de reconstrução do ligamento cruzado anterior, sendo utilizado seu terço médio⁽¹²⁾.

O ligamento cruzado posterior foi preparado fazendo pequenos cortes no fêmur e na tibia, de maneira que a peça se ajustasse às garras circulares e permanecesse alinhada axialmente na máquina.

duas placas metálicas, retangulares, dotadas de perfil dentado sinusoidal em sua face interna e com dispositivos intermediários em uma das extremidades que permitiam sua montagem na máquina onde foram realizados os ensaios⁽¹³⁾.

Para a fixação do ligamento cruzado posterior utilizou-se um par de garras circulares, com fixação de cada bloco ósseo no centro das mesmas, mantendo-se o alinhamento, sem tensão no ligamento.

As garras foram comprimidas entre si com o mesmo torque controlado.

Utilizamos o aparelho de radiofreqüência nos ligamentos fixados em um equipamento, com soro fisiológico, simulando as condições de uma artroscopia de joelho e desenvolvido a fim de minimizar o efeito da desidratação dos ligamentos, evitando alterações estruturais e resultados⁽¹⁴⁾. O compartimento era composto por uma caixa de acrílico, similar a um aquário, com aproximadamente 10 cm de altura, comprimento e largura e tampa removível. A caixa, com capacidade de acomodar 1 litro de soro, possuía uma tampa com vedação de borracha e travas nas quatro pontas para minimizar a perda de líquido. Na tampa havia um furo central para permitir a fixação do tendão com gancho externo.

Em paredes opostas da caixa havia dois furos, para a instalação da radiofreqüência (furo com membrana de silicone), permitindo abordagem simétrica das estruturas estudadas.

O comprimento inicial dos ligamentos foi aferido com paquímetro digital. Os ensaios mecânicos foram realizados no Laboratório de Engenharia Mecânica LIM 41 do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo em uma máquina universal de ensaios mecânicos eletromecânica Kratos® K 5002, dotada de célula de carga eletromecânica CCI de 100kgf (Figura 1). A precisão deste sistema de carregamento é de 10g. Os ensaios foram acompanhados por registrador gravado e monitorado por microcomputador IBM PC compatível.

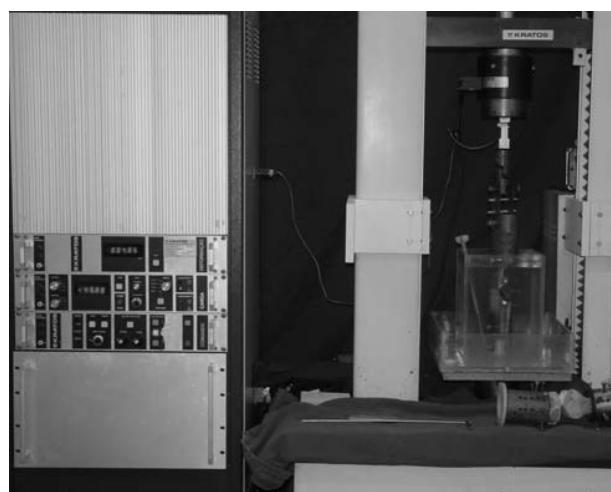


Figura 1 - Máquina universal de ensaios mecânicos, eletromecânica Kratos K 5002

Utilizou-se uma junta universal, normatizada para ensaios de tração, objetivando centralizar e homogeneizar as tensões entre as estruturas, compensando eventuais variações de alinhamento entre as fibras ou feixes dos ligamentos e dos tendões. Os conjuntos de garras e ligamentos foram montados axialmente na máquina de ensaios mecânicos.

Foram realizados dois ensaios de tração, um antes e um após o uso da RF. O ensaio era iniciado com uma tração uniaxial, que era elevada a uma taxa de 20 mm/min até a força de ruptura considerada a força de pico (FMAX). Essa força foi determinada visando manter a integridade da estrutura, para posterior utilização.



Em seguida, descia-se a junta superior da máquina em uma faixa de 15 a 20% do comprimento inicial, e então era aplicada à estrutura a radiofrequência, através da ponteira do aparelho Vulcan, da PCE (Figura 2). Esse artifício era utilizado para controlar a quantidade do encurtamento, já que a máquina era capaz de detectar quando a estrutura fosse novamente tensionada. A temperatura na ponteira era mantida em torno de 75º C.

A estrutura então encurtada era submetida novamente ao ensaio de tração, sendo obtidos parâmetros biomecânicos após uso da RF.

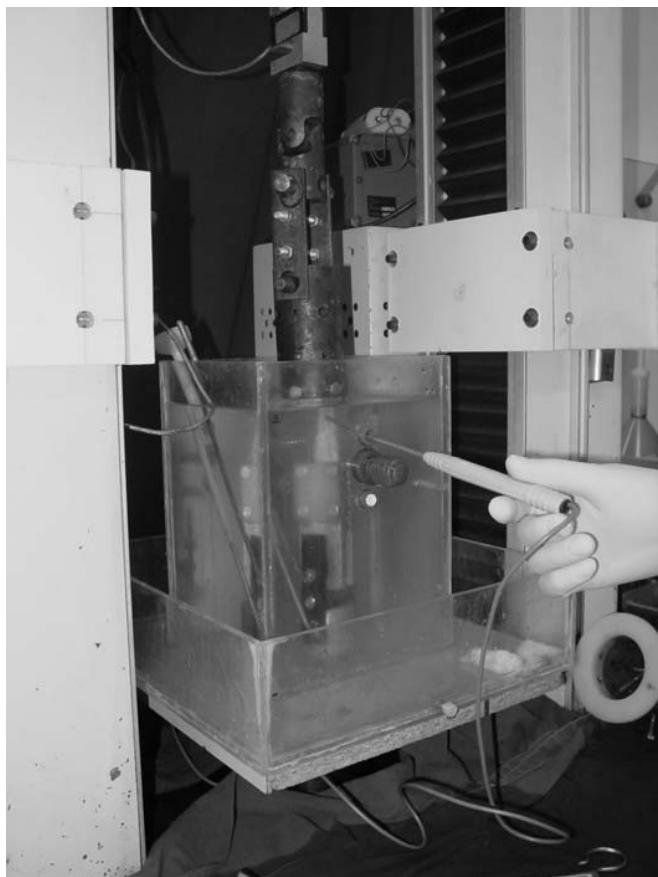


Figura 2 - Ponteira do aparelho Vulcan - PCE

RESULTADOS

Foram obtidos parâmetros das propriedades biomecânicas antes e após o uso da RF.

A rigidez foi obtida através de um gráfico força (N) X deformação (mm), sendo ela a tangente do ângulo de inclinação do diagrama da fase ascendente até ser atingida a FMAX, predeterminada em 150 N.

Separando os ensaios em 2 grupos, pré-RF e pós-RF, foi construído um gráfico de perfis individuais para as duas estruturas estudadas – LP e LCP (Gráficos 1 e 2).

Foi realizada uma análise estatística entre o comportamento das duas estruturas, sendo observado em ambas uma diminuição da rigidez após o uso da RF, sendo que essa diminuição foi maior para o LP. (Gráfico 3)

Para o LCP, observou-se uma diminuição da rigidez que foi em média de $18,1 \pm 8,6$ entre o grupo pré-RF e o grupo pós-RF, que se mostrou estatisticamente significante ($p=0,048$).

Da mesma forma, para o LP, observou-se uma diminuição da rigidez que foi em média de $42,6 \pm 7,7$ entre os dois grupos, que se mostrou estatisticamente significante ($p<0,001$).

A deformação máxima sofrida pela estrutura durante o teste também

se abaixo o gráfico dos perfis individuais, mostrando um auge consistente desta deformação após a RF. (Gráficos 4 e 5)

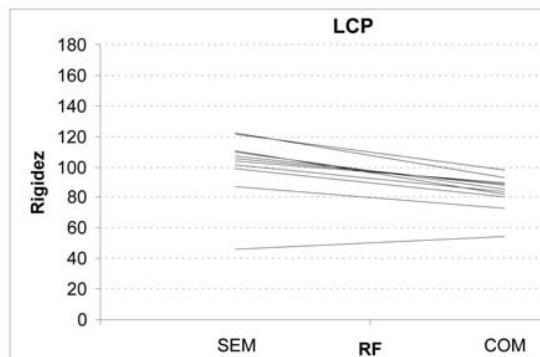


Gráfico 1 - Comportamento da RIGIDEZ para a estrutura LCP segundo

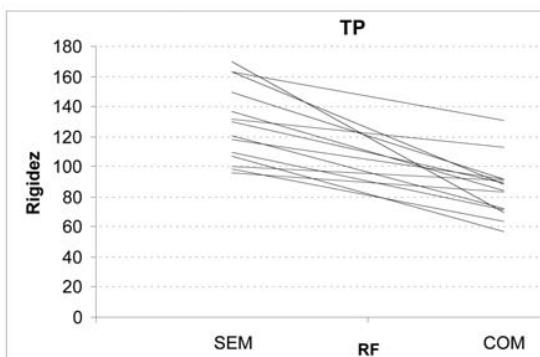


Gráfico 2 - Comportamento da RIGIDEZ para a estrutura TP segundo

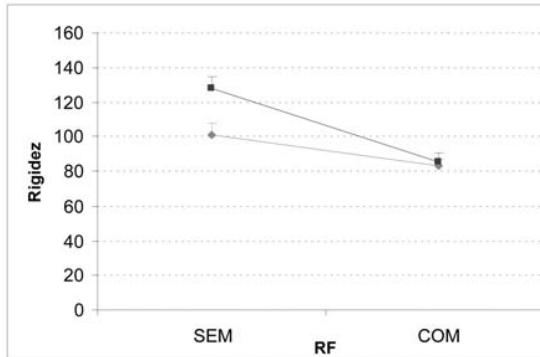
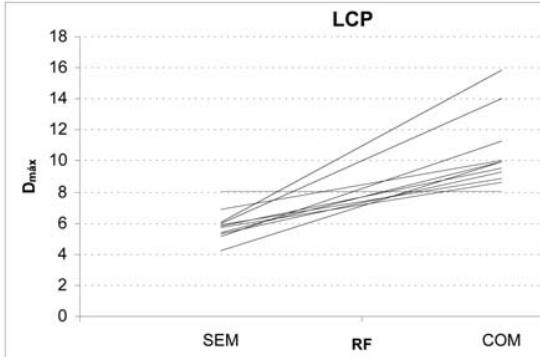


Gráfico 3 - Média + erro padrão da RIGIDEZ segundo estrutura e RF.



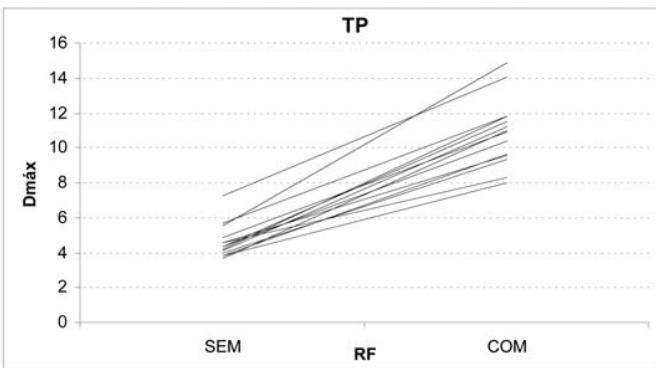


Gráfico 5 - Comportamento da Dmáx para a estrutura TP segundo RF.

Procedendo-se a análise estatística através da determinação da média, desvio padrão, mediana, medida mínima e medida máxima, caracterizando o seguinte gráfico (Gráfico 6).

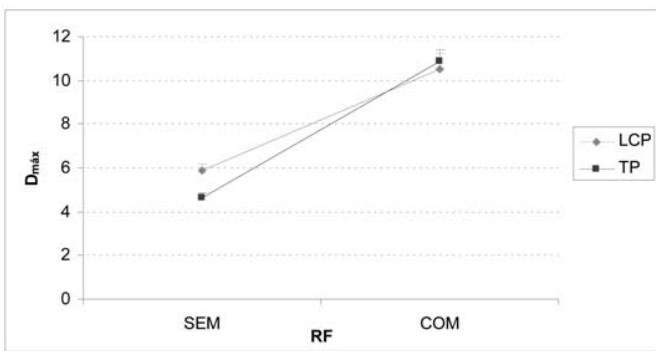


Gráfico 6 - Média + erro padrão da Dmáx segundo estrutura e RF.

Conforme a análise, para o LCP, observou-se um acréscimo na deformação máxima do momento pré para o pós RF de $4,6 \pm 0,6$ mm, em média, sendo tal medida estatisticamente significante ($p < 0,0001$). Para o LP, observou-se acréscimo de $6,3 \pm 0,6$ mm, em média, também com significância estatística ($p < 0,0001$).

DISCUSSÃO

Utilizamos o LCP e o LP pois são estruturas frequentemente consideradas nas patologias e reconstruções ligamentares do joelho. Ainda são escassos os estudos referentes ao LCP e seu comportamento biomecânico associado a lesões, em comparação ao LCA. Levando em conta que os ligamentos cruzados possuem constantes de proporcionalidade e força máxima semelhantes entre si⁽⁵⁾, este trabalho visa permitir a aplicabilidade destes re-

sultados também ao LCA, dado seu comportamento biomecânico similar⁽¹⁵⁾.

A porção central do ligamento patelar (LP) tem sido utilizada por muitos cirurgiões ortopédicos na reconstrução do ligamento cruzado anterior. Desta maneira, optamos pelo estudo deste ligamento como elemento comparativo ao comportamento dos ligamentos cruzados.

O uso da radiofrequência é uma técnica nova, com utilização recente na cirurgia do joelho^(1,6,16), além de aplicações na cirurgia do ombro^(7,8,9).

Estudos mostram que tendões e ligamentos submetidos à radiofrequência não alteram suas propriedades biomecânicas de forma significativa no intervalo entre 65° e 75°, havendo, no entanto, alterações estruturais com temperaturas superiores a 80°^(4,17). Também é sabido que o encurtamento máximo tolerável seria por volta de 15 a 20%, sem que haja perda significativa das propriedades do colágeno⁽⁴⁾. Sendo assim, buscamos manter a temperatura de volta dos 75°, e o encurtamento numa faixa de 15 a 20%.

Através deste trabalho, percebemos que a RF é um método de fácil aplicação e boa eficácia no encurtamento de estruturas do joelho como LP e o LCP, o que se observou em outros estudos in vitro e in vivo^(1,6,14,18). Além disso, constatamos de forma objetiva que a RF altera de forma significativa as propriedades mécanicas do tecido.

Observamos que o encurtamento ocorreu à custa de uma significativa redução da rigidez do tecido. Para o LCP, houve uma diminuição média de $18,1 \pm 8,6$ na rigidez, com $p=0,048$, enquanto o LP sentiu diminuição média de $42,6 \pm 7,7$, com $p < 0,001$. Esta diminuição na rigidez após uso de RF também foi notada por outros autores em estudo com animais, em outras estruturas biológicas⁽¹⁹⁻²¹⁾.

A perda de rigidez se faz notar no aumento importante na deformação máxima que a estrutura sofreu durante o ensaio. O LCP apresentou um aumento médio de $4,6 \pm 0,6$ mm, e o LP, $6,30 \pm 0,6$ mm, ambos com $p < 0,001$. Dessa forma, verifica-se que o encurtamento obtido pela RF pode ser parcialmente revertido quando a estrutura for submetida a determinada carga tensão, conforme observado no aumento da deformação máxima apurado no ensaio de tração padronizado.

Considerando a importante diminuição na rigidez, e consequentemente a possibilidade de deformação a cargas tensionais menores, é possível sugerir que após seu uso na cirurgia de joelho pode ser necessária a proteção à estrutura encurtada, no intuito de manter o resultado obtido, método este já utilizado por alguns autores.

CONCLUSÃO

O encurtamento por termoabrasão, através do uso da RF, é um método efetivo no encurtamento das estruturas estudadas (LCP e LP). Após o uso da RF, há alteração significativa nas propriedades biomecânicas das estruturas, com redução importante da rigidez inicial. Sendo assim, sob tensão, ocorre uma maior deformação da estrutura, e uma perda do encurtamento inicial.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 01 - Carter T, Bailie D, Edinger S. Radiofrequency electrothermal shrinkage of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 2002; 30:221-6.
- 02 - Taylor DC, Dal Ton JD, Seaber AV, Garrett WE. Viscoelastic properties of muscle-tendon units. *Am J Sports Med.* 1990;18:300-9.
- 03 - Spahn G, Schindler S. Tightning elongated ALC grafts by application of bipolar electromagnetic energy (ligament shrinkage). *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2002; 10:66-71.
- 04 - Vangsness CT Jr, Mitchell W, Nimni M, Erlich M, Saadat V, Schmotzer H. Collagen shortening. An experimental approach with heat. *Clin Orthop Relat Res.* 1997; 337:267-71.
- 05 - Wall MS, Deng XH, Torzilli PA, Doty SB, O'Brien SJ, Warren RF. Thermal modification of collagen. *Shoulder Elbow Surg.* 1999; 8:339-44.
- 06 - Roach RA, Roberts SNJ, Rees DA. The potential benefit of thermal shrinkage for lax anterior cruciate ligaments. *Acta Orthop. Belg.* 2004, 70: 247-52.
- 07 - Anderson K, Warren RF, Altchek DW, Craig EV, O'Brien SJ. Risk factors for early failure after thermal capsulorrhaphy. *Am J Sports Med.* 2002; 30:103-7.
- 08 - Levy O, Wilson M, Williams H. "Thermal capsular shrinkage for shoulder instability: Mid-term longitudinal outcome study. *J Bone Joint Surg Br.* 2001; 83:640-5.
- 09 - Mishra DK, Fanton GS. Two-year outcome of arthroscopic bankart repair and electrothermal-assisted capsulorrhaphy for recurrent traumatic anterior shoulder instability. *Arthroscopy.* 2001; 17:844-9.
- 10 - Vlidik A, Lewin T. Changes in tensile strength characteristics and histology of rabbit ligaments induced by different modes of postmortem storage. *Acta Orthop Scand.* 1966; 36: 141-55.
- 11 - Woo S, Orland C. Effects of postmortem storage by freezing on ligament tensile behavior. *J Biomech.* 1986; 19:399-404.
- 12 - Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg Am.* 1984; 66:344-52.
- 13 - Gorios C. Estudo do relaxamento à tensão e da rigidez do ligamento cruzado anterior do joelho e dos enxertos para sua reconstrução com o ligamento semitendíneo e com os tendões dos músculos semitendíneo e grátil [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2000.
- 14 - Chirich D, Shrive N, Frank C, Marchuk L, Bray R. Water content alters the elastic behaviour of the normal adolescent rabbit medial collateral ligament. *Am J Biomed.* 1992; 25: 831-7.
- 15 - Hernandez AJ. Correlação das propriedades biomecânicas dos ligamentos do joelho com seus parâmetros antropométricos [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 1994.
- 16 - Indelli PF. "Monopolar thermal treatment of symptomatic anterior cruciate ligament instability." *Clin Orthop Relat Res.* 2003; 407:139-47.
- 17 - Hayashi K, Thabit G, Massa KL. The effect of thermal heating on the mechanical and histologic properties of the glenohumeral joint capsule. *Am J Sports Med.* 1997; 25: 107-12.
- 18 - Thabit G. The arthroscopic monopolar radiofrequency treatment of chronic anterior cruciate ligament instability. *Oper Tech Sports Med.* 1998; 6:157-63.
- 19 - Potzl W, Heusner T, Kumpers P, Marquardt B, Steinbeck J. Does immobilization after radiofrequency-induced shrinkage influence the biomechanical properties of collagenous tissue? An in vivo rabbit study. *Am J Sports Med.* 2002; 32:681-7.
- 20 - Potzl W, Kumpers P, Szuwart T, Filler T, Marquardt B, Steinbeck J. Neocollagenous tissue regeneration after application of radiofrequency energy to collagenous tissue: An in vivo animal study. *J Orthop Res.* 2002; 20:1345-50.
- 21 - Potzl W, Kumpers P, Szuwart T, Gotze C, Marquardt B, Steinbeck J. Immobilization after radiofrequency-induced shrinkage of tendon. A histological study in rabbits. *J Bone Surg Br.* 2004; 86:752-8.