



Exercícios na reabilitação do ligamento cruzado anterior após ligamentoplastia com auto-enxerto de tendão patelar: um estudo de revisão

Exercise in the rehabilitation of anterior cruciate ligament after ligamentoplasty with autografting patellar tendon: a review study

Maikon Gleibyson Rodrigues dos Santos¹; Victor Hugo Araújo Ferreira Camargo²;
Raphael Martins da Cunha³; Geruza Fabrícia Pinto Naves⁴

¹Acadêmico de Fisioterapia da Universidade Estadual de Goiás (UEG) UnU ESEFFEGO, Bolsista de Iniciação Científica PIBIC/UEG, Laboratório de Fisiologia do Exercício da UEG – LAFEX/UEG, email: maikongleibyson@hotmail.com

²Especialista em Treinamento de Força e Musculação, Laboratório de Fisiologia do Exercício da UEG – LAFEX/UEG

³Doutorando em Cardiologia, Professor da UEG - ESEFFEGO e coordenador do Laboratório de Fisiologia do Exercício da UEG – LAFEX/UEG

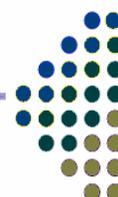
⁴Especialista em Fisioterapia Traumatológica e Desportiva, CEAFI Pós-Graduação

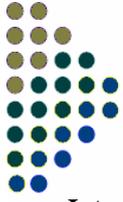
Resumo: A lesão do ligamento cruzado anterior – LCA – ocorre habitualmente como resultado de uma desaceleração rápida, hiperextensão ou lesão rotacional. Quando esse ligamento é tratado de forma cirúrgica, atrofia muscular e perda de força são observados, nesse contexto, o exercício na reabilitação do LCA se faz importante. O objetivo do presente estudo é identificar quais exercícios terapêuticos podem ser prescritos com segurança na reabilitação do LCA, após ligamentoplastia utilizando o auto-enxerto do tendão patelar, entre o 45º e 60º dias de Pós Operatório. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura. Resultados: Foram encontradas evidências da utilização de exercícios, tanto em cadeia cinética fechada (CCF), quanto em cadeia cinética aberta (CCA): exercício no leg press, agachamentos, cadeira extensora com algumas precauções, cadeiras e mesas flexoras, entre outros exercícios. Assim, observa-se que o processo de reabilitação é dinâmico e requer a utilização de inúmeras atividades funcionais que incluam cadeias CCF e CCA. A combinação das duas modalidades, desde que respeitadas algumas restrições, passa a ser vantajosa devido à união de características específicas de cada exercício.

Palavras-chaves: “Exercício Físico”, Reabilitação, Ligamentoplastia, “Ligamento Cruzado Anterior”.

Abstract: Injury to the anterior cruciate ligament – ACL – usually occurs as a result of rapid deceleration, hyperextension or rotational injury. When this ligament is treated surgically, muscle atrophy and strength loss are observed, in this context, exercise in the rehabilitation of ACL becomes important. Objective: The objective of this study is to identify which therapeutic exercises can be prescribed safely in the rehabilitation of ACL, after ligamentoplasty using auto graft patellar tendon, between the 45th and 60th day of postoperative. Method: This study was made through a narrative review of the literature. Results: evidence of the use of exercise was found both in closed kinetic chain (CKC) as open kinetic chain (OKC): exercise in the leg press, squats, leg extension with a few precautions, chair and flexor tables, amongst others exercises. Conclusion: Thus, it is observed that the rehabilitation process is dynamic and requires the use of many functional activities that include CKC and OKC. The combination of the two methods, respecting the precautions, becomes advantageous due to the union of specific features of each exercise.

Keywords: “Exercise”, “Anterior Cruciate Ligament” and “Rehabilitation”.





Introdução

O ligamento cruzado anterior (LCA) é uma importante estrutura estabilizadora do joelho. Sua origem se localiza no côndilo femoral lateral e insere-se lateral e anteriormente à espinha tibial média¹, apresentando-se como limitador primário do movimento de translação anterior da tibia sobre o côndilo femoral e ação secundária na estabilização da rotação interna do joelho^{2,3}. Sua ruptura é a mais comum do joelho, considerando apenas as lesões ligamentares completas⁴.

Anualmente nos Estados Unidos se estima que ocorra 200.000 lesões ligamentares relacionadas ao LCA, sendo que mais da metade consiste em ruptura total desse ligamento⁵, representando gastos próximos a três bilhões de dólares⁶.

A lesão desse ligamento pode ser tratada de forma cirúrgica, através da reconstrução via artroscopia com o objetivo de substituir o LCA rompido por outra estrutura que possua características biomecânicas semelhantes ou superiores às do ligamento original. Com propósito de imitar sua posição original, melhorar a estabilidade do joelho, propiciar retorno as atividades esportivas, além de evitar osteoartrose a longo prazo^{7,8}. Esse procedimento cirúrgico ocasiona em diminuição significativa da amplitude de movimento, da potência, e da atividade eletromiográfica do músculo quadríceps femoral⁹. Esse déficit de ativação pode levar a atrofia muscular superior a 20% e perda de força superior a 30% no pós-operatório de LCA^{9,10}.

Para sanar esses comprometimentos, além de outros como resistência muscular a fadiga e déficit proprioceptivo o programa de exercícios terapêuticos é fundamental. Pois leva a melhoras significativas da função do joelho após a reconstrução ligamentar^{11,12}. Nesse contexto, as alterações artrocinemáticas e a

possibilidade de ocorrer uma lesão secundária orientam a reabilitação^{5,6,10,13-15}.

Para o programa de reabilitação existem alguns protocolos formados^{16,17,19,20}, no entanto existe divergência na literatura de quais exercícios podem ser aplicados sem danos secundários para o paciente e em qual etapa devem ser inseridos. Dessa forma, o objetivo do presente estudo é identificar quais exercícios físicos são utilizados, após ligamentoplastia por auto-enxerto do tendão patelar, na reabilitação do LCA entre o 45° e 60° dia de pós-operatório, assim como seus efeitos.

Métodos

Trata-se de um estudo de revisão narrativa que aborda quais exercícios físicos podem ser utilizados entre o 45° e o 60° dia de pós-operatório na reabilitação do LCA. A revisão da literatura utilizou como bases de dados: PubMed, Science Direct, Scopus, Scielo e Web of Science.

A busca foi feita utilizando como palavras chaves “Exercício Físico”, “Ligamento Cruzado Anterior” e “Reabilitação”, ambas indexadas no DeCS – Descritores em Ciências da Saúde – nas línguas portuguesa e inglesa. Foram selecionados 38 artigos publicados nos últimos 5 anos, exceto alguns estudos de grande relevância científica que foram inclusos na revisão.

Resultados e Discussão

CADEIAS CINEMÁTICAS

Existe concordância na literatura sobre os princípios gerais da reabilitação pós-cirúrgica da lesão do LCA, com relação ao controle de edema, melhora de amplitude articular, ganho de força, propriocepção,





capacidade funcional, treino do gesto esportivo e treino do condicionamento^{6,16,17,21}. Apesar disso, existe divergência de quais exercícios físicos devem ser prescritos e quando.

Partindo dessa questão chave, percebe-se que nos programas de reabilitação convencionais a cadeia cinética fechada (CCF) é priorizada. Sendo utilizados preferencialmente pela crença de que eles são mais seguros para a articulação patelofemoral, simulam tarefas funcionais e não contribuem para o aumento do risco de deslocamento anterior da tibia^{22,23}. Admitindo essa afirmação, um estudo que analisou o estresse imposto ao LCA indicou que a carga é geralmente menor nos exercícios de CCF em relação aos de cadeia cinética aberta (CCA)⁵.

Mesmo que os exercícios em CCA tenham passado por um período de total condenação em relação a sua inclusão na reabilitação do LCA, sabe-se atualmente que essa modalidade representa uma opção importante para a reabilitação do referido ligamento. A prescrição segura dos exercícios em CCA deve-se principalmente ao conhecimento da relação estreita entre este tipo de exercício, o LCA e as reações musculares provocadas pela realização desse exercício²⁴.

Recentemente Keays et al¹⁵ compararam a cinemática tíbio femoral de indivíduos lesionados versus indivíduos saudáveis, não encontrando diferença significativa do deslocamento anterior da tibia, entre o exercício de extensão de joelho sentado com carga (CCA) e o agachamento na parede unilateral (CCF). Mas foi apresentado aumento significativo na rotação interna da tibia no grupo com LCA rompido. Confirmando esses achados, uma revisão sistemática que comparou evidências relacionadas à CCF e CCA, concluiu que a reabilitação com CCA alcançou

resultados semelhantes ao uso da CCF, com relação a frouxidão ligamentar, dor no joelho e função, podendo portanto, serem utilizados na reabilitação da lesão do LCA²³.

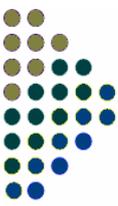
Tagesson et al²¹ verificaram que além da translação estática e dinâmica do joelho não se diferir entre os grupos CCA e CCF, o grupo que realizou exercícios em CCA obteve força muscular superior ao outro grupo. No entanto, deve-se ter cautela com o aumento da frequência de uso e magnitude da atividade do quadríceps, pois acredita-se que esses provocam translação anterior excessiva da tibia em relação ao fêmur, ocasionando forças indesejáveis no ligamento reconstruído^{22,24}. Essa cautela está relacionada com o momento certo de inserção de exercícios de CCA bem como as amplitudes seguras de movimento^{5,6,10,14}.

CCA E CCF ENTRE A 6ª E A 12ª SEMANAS

Nessa fase deve-se ter atenção com as cargas impostas ao neoligamento, tomando as devidas precauções para não sobrecarregá-lo, pois no período de 6 a 8 semanas está acontecendo à incorporação dos enxertos no túnel tibial e femoral. A partir dessas semanas o novo ligamento passa por um processo progressivo de amadurecimento e revascularização, adquirindo resistência à tração. Portanto, os exercícios escolhidos nesta fase intermediária de pós-operatório, devem ser cuidadosamente selecionados, com base nas fases de constituição e maturação do enxerto⁵.

Nesse período da reabilitação do LCA, a utilização de exercícios multiarticulares de maior complexidade dinâmica se faz de extrema necessidade, o equilíbrio dinâmico deve ser recuperado, bem como o fortalecimento das cadeias musculares anteriores e posteriores²⁵. No entanto algumas precauções são importantes na prescrição dos exercícios, uma vez que





mesmo em uma fase intermediária da recuperação as estruturas ligamentares podem sofrer tensões excessivas.

Willians et al²⁶ em pesquisa que utilizou a eletromiografia de superfície, detectaram que indivíduos com lesão de LCA possuem déficit de ativação do quadríceps femoral em exercícios dinâmicos e estáticos. Os mesmos autores em outro estudo concluíram que tal déficit é acompanhado de atrofia muscular e diferença considerável entre o membro não lesionado²⁷.

No que diz respeito à análise dos exercícios a serem utilizados, importantes considerações devem ser implicadas na prescrição, como tipo de exercício, modo de execução, musculatura ativada, amplitude de movimento e entre outras. Estudo confirma que as cadeias cinéticas fechadas são escolhas certas para o fortalecimento da musculatura de membros inferiores e parecem minimizar os efeitos da lesão de LCA, podendo ser mais eficientes na reabilitação²⁴, Pizzato et al²⁸ analisaram o comportamento da frequência mediana (Fmed), variável do sinal eletromiográfico que detecta fadiga muscular e atrofia de fibra do tipo II, em indivíduos lesionados. Com a interpretação dessa variável foi possível observar que exercícios de cadeia cinética fechada expressam valores de Fmed similares em indivíduos saudáveis e lesionados, o que não ocorreu com os exercícios em cadeia cinética aberta, sendo portanto a CCF mais vantajosa para programas de reabilitação de LCA.

Em relação ao tipo de exercício, Escamilla et al⁵ estudaram os efeitos da posição dos pés, altos, baixos, largos ou estreitos, no exercício de leg press sobre a biomecânica do joelho e constataram que nenhum das posições analisadas exercem força

excessiva sobre o LCA, podendo todas as execuções serem eficazes na reabilitação²⁹.

Os agachamentos livres aparecem nesse contexto como exercícios chaves no processo, uma trílice flexão efetiva no fortalecimento da musculatura do quadril, joelho e tornozelo, através da ativação de quadríceps, ísquios tibiais e tríceps sural, que pouco tensiona o LCA^{29,30}. Pesquisas apontam que durante o agachamento, a execução combinada com a flexão de tronco gera co-ativação dos músculos reto femoral e bíceps femoral aumentando a tensão nos tendões e a estabilidade dinâmica, indicando assim novos caminhos na reabilitação de LCA^{13,31}.

No agachamento, existem variações dentro do mesmo tipo de exercício que merecem destaque na interpretação biomecânica do movimento. O agachamento feito na parede em isometria e ainda o mesmo movimento unilateral foi estudado por Escamilla et al⁵ que concluíram que o movimento unipodal gera mais sobrecarga no LCA em relação ao bilateral, porém com ambos dentro de uma faixa de segurança para a aplicação prática em indivíduos saudáveis³². Logo, não podendo existir sua generalização à indivíduos lesionados sem que antes ocorra o devido fortalecimento a partir de execuções de maior segurança.

Outra variação de agachamento diz respeito à posição de apoio da barra, à frente ou por traz, Jonathan et al³⁰ estudaram através do sinal eletromiográfico a biomecânica do exercício em relação ao joelho e detectaram que ambas as posições são eficientes no fortalecimento muscular, porém a posição frontal aparece como mais indicada para a reabilitação em razão das menores forças compressivas de extensão.



A inclusão de atividades funcionais nessa fase faz-se extremamente necessária, acrescentando caminhadas funcionais, avançando para trote em linha reta, trote com mudança de direção e corrida lateral¹⁷. Progredindo-se aos agachamentos^{17,33}. Dando sequência a esses exercícios em cadeia fechada, realizam-se atividades na escada e bicicleta estacionária³³.

Além dos exercícios citados acima, podem ser incluídos com segurança os exercícios em CCA com no mínimo seis semanas de pós-operatório^{5,16}, pois vários estudos concluíram que a inserção da cadeia cinética aberta nesse período obteve resultados iguais ou superiores aos protocolos com inserção mais tardia, sem prejuízos para o novo ligamento^{10,14,23}. Corroborando com esses estudos, Tagerson et al²¹ em um ensaio clínico randomizado controlado, inseriram exercícios em CCA com seis semanas de pós operatório, verificando aumento de força no grupo CCA quando comparado ao grupo CCF, sem alteração na translação estática ou dinâmica da tíbia sob o fêmur após a reabilitação. Os dados do citado estudo, suportam o uso desses exercícios, como uma forma para se recuperar a força adequada da musculatura do joelho.

A CCA possibilita ainda simular tarefas funcionais, principalmente em vários movimentos complexos dentro dos esportes²³. Sendo extremamente vantajoso para o paciente, porém, a aplicação deve ocorrer de forma controlada, principalmente na extensão final, para maior segurança e eficácia^{10,34}. Portanto deve-se descrever claramente o momento ideal para começar os exercícios em CCA, bem como a forma de manipular a realização do exercício para fornecer um estímulo seguro, porém progressivo, para eventual retorno as atividades pré-lesão¹⁰.

Nesse contexto, Pimenta et al¹⁶ acrescentam exercícios de fortalecimento manual para quadríceps na sexta semana representando uma forma segura e eficaz sendo que, quanto mais proximal a resistência imposta (**Figura 1 B**), menor o risco de cisalhamento excessivo aos estabilizadores estáticos do joelho⁵ Progredindo o fortalecimento em CCA, vários autores prescrevem exercícios na cadeira extensora, com uma amplitude de movimento compreendida entre 90° e 45° de flexão de joelho, não observando sobrecarga ao neoligamento (**Figura 1 A**)^{10,14,15}. Já de acordo com Escamilla et al⁵ esse intervalo estaria entre 100° e 50°, entretanto, é possível que o paciente ainda não tenha adquirido 100° de flexão. Frobell et al⁶ incluíram a CCA entre 120° e 40° após ganho de extensão e flexão total de joelho, comparado ao contralateral, e obtiveram resultados satisfatórios na reabilitação com relação a dor, função em esportes e recreação, e de qualidade de vida durante um follow up de 2 anos.

Pesquisas apontam^{5,10}, que a intensidade empregada ao exercício deve ser moderada e o trabalho compreendido entre 20 e 30 repetições. Com relação ao trabalho dos flexores de joelho não se encontram restrições angulares e de exercícios.

Nesta fase de fortalecimento também ocorre o treino proprioceptivo, que está intimamente relacionado a esses exercícios citados anteriormente, fundamentais para as lesões de LCA, já que, após a lesão existe a necessidade de desenvolvimento e adaptação dos numerosos mecanorreceptores do joelho, para fornecer ao sistema nervoso central informações de posição, movimento e stress articular. Esse treinamento desenvolve habilidade, agilidade e confiança através do aumento da velocidade de resposta de defesa e do aumento da estabilidade articular³⁵.



Sendo assim, pode-se lançar mão de exercícios como os de estímulos sensório-motores em apoio bipodal¹⁷ avançando para apoio monopodal, ambos no solo. Em seguida podem ser utilizados os seguintes recursos: prancha redonda, prancha inclinada, balancinho e rollerboard (deslocamento ântero-posterior e médio-lateral)³⁶. Podemos perceber,

portanto, que o processo de reabilitação é dinâmico e requer a utilização de inúmeras atividades funcionais que incluam cadeias CCF e CCA. Do mesmo modo, a combinação das duas modalidades é vantajosa devido à união de características específicas de cada exercício.

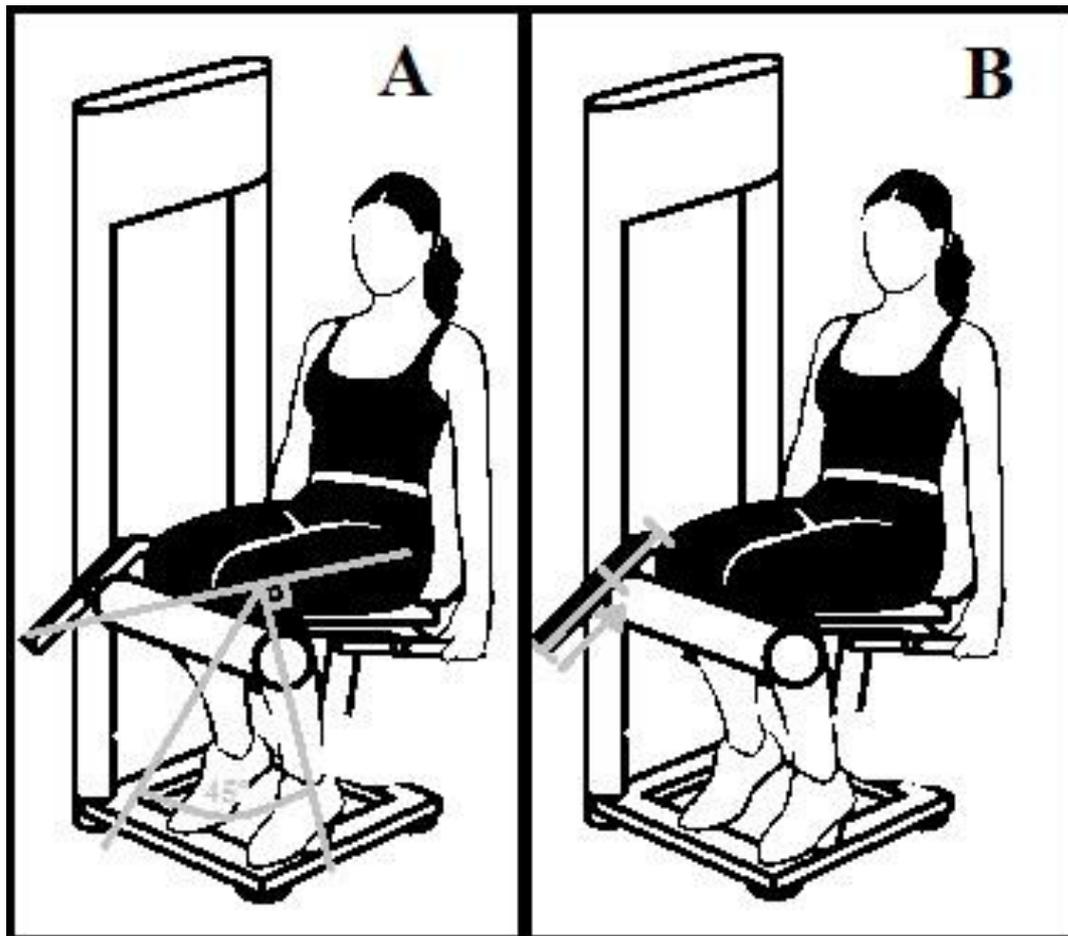


Figura 1. A: ilustração do exercício na cadeira extensora realizado entre 90° e 45° de flexão. B: resistência imposta no terço proximal da tíbia diminuindo o risco de cisalhamento excessivo*.

*Fonte: <http://www.girlsinform.com.br/>





Conclusão

Durante muito tempo os exercícios de CCF foram priorizados no pós-operatório da reconstrução do LCA, recentemente estudos tem demonstrado que exercícios de CCA também possuem sua importância nesse processo, devendo ser inseridos a partir da 6ª semana do programa. Logo, compreende-se atualmente que a combinação desses dois tipos de cadeias é a melhor escolha na reabilitação do LCA.

Dentre os exercício as CCF, fortalecedores de quadríceps, glúteos e tríceps sural, pode-se utilizar o Leg Press com variação de pés, altos ou baixos, estreitos ou largos dependendo da porção muscular a ser fortalecida. Agachamentos em combinação com a flexão de tronco parecem ser menos nocivos ao ligamento, devendo fazer parte da reabilitação. Utilizar a barra frontalmente ao corpo e apoios bilaterais são escolhas mais seguras de exercícios.

Enquanto aos exercícios de CCA, no trabalho de posteriores de coxa não foi encontrado nenhuma contra indicação, podendo ser utilizado tanto exercícios em cadeiras, quanto mesas flexoras. Para fortalecimento de quadríceps, a cadeira extensora pode ser utilizada em níveis angulares acima de 45° de flexão, sem observar sobrecarga ao neoligamento, a partir do 45° dia de reabilitação.

Nesse período da reabilitação a utilização de atividades funcionais e de propriocepção como caminhadas, corridas com mudança de direção, uso de escadas de circuito, pranchas de equilíbrio, balancinhos e entre outras, são de extrema importância, pois preparam para os gestos utilizados no dia a dia bem como recuperam habilidades físicas como agilidade,

velocidade, confiança e melhora do tempo de reação, fundamentais para o retorno ao exercício e/ou esporte.

Referências

1. Kupczik F, Schiavon MEG, Sbrissia B, Fávoro RC, Valério R. Enxerto ideal para ligamento cruzado anterior: correlação em ressonância magnética entre LCA, isquiotibiais, tendão patelar e tendão quadríceps. *Rev Bras Ortop.* 2013;48(5):441-7.
2. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Orthop Clin North Am.* 2002;33(4):605-20.
3. Petersen W, Tillmann B. Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. *Orthopade.* 2002;31(8):710-8.
4. Bottoni CR, Liddell TR, Trainor TJ, Freccero DM, Lindell KK. Postoperative range of motion following anterior cruciate ligament reconstruction using autograft hamstrings: a prospective, randomized clinical trial of early versus delayed reconstructions. *Am J Sports Med.* 2008;36(4):656-62.
5. Escamilla RF, Macleod TD, Wilk KE, Paulos L, Andrews JR. Cruciate ligament loading during common knee rehabilitation exercises. *Proc Inst Mech Eng H.* 2012;226(9):670-80.
6. Frobell RB, Roos EM, Roos HP, Ranstam J, Lohmander LS. A Randomized Trial of Treatment for Acute Anterior Cruciate Ligament Tears. *N Engl J Med.* 2010;363(4):331-42.
7. Struwer J, Frangen TM, Ishaque B, Bliemel C, Efe T, Ruchholtz S, et al. Knee function and prevalence of osteoarthritis after isolated anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone graft: long-term follow-up. *Int Orthop.* 2012;36(1):171-7.
8. Liden M, Sernert N, Rostgard-Christensen L, Kartus C, Ejerhed L. Osteoarthritic changes after anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone or hamstring tendon autografts: a retrospective, 7-year radiographic and clinical follow-up study. *Arthroscopy.* 2008;24(8):899-908.



9. Alves PHM, Silva DCO, Lima FC, Pereira ML, Silva Z. Lesão do ligamento cruzado anterior e atrofia do músculo quadríceps femoral. *Biosci J*. 2009;25(1).
10. Lorenz D, Reiman M. The role and implementation of eccentric training in athletic rehabilitation: tendinopathy, hamstring strains, and acl reconstruction. *Int J Sports Phys Ther*. 2011;6(1):27-44.
11. Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Risberg MA. A progressive 5-week exercise therapy program leads to significant improvement in knee function early after anterior cruciate ligament injury. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2010;40(11):705-21.
12. Czamara A, Tomaszewski W, Bober T, Lubarski B. The effect of physiotherapy on knee joint extensor and flexor muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon. *Med Sci Monit*. 2011;17(1):35-41.
13. Sousa CdO, Ferreira JJdA, Medeiros ACLV, Carvalho AHd, Pereira RC, Guedes DT, et al. Atividade eletromiográfica no agachamento nas posições de 40°, 60° e 90° de flexão do joelho. *Rev Bras Med Esporte*. 2007;13:310-6.
14. Fukuda TY, Fingerhut D, Moreira VC, Camarini PM, Scodeller NF, Duarte A, Jr., et al. Open kinetic chain exercises in a restricted range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled clinical trial. *Am J Sports Med*. 2013;41(4):788-94.
15. Keays SL, Sayers M, Mellifont DB, Richardson C. Tibial displacement and rotation during seated knee extension and wall squatting: a comparative study of tibiofemoral kinematics between chronic unilateral anterior cruciate ligament deficient and healthy knees. *The Knee*. 2013;20(5):346-53.
16. Pimenta TS, Moura WEN, Campos JC, Costa JMS, França SJ. Protocolos de Tratamento Fisioterápico após Cirurgia do Ligamento Cruzado Anterior. *Acta Biomedica Brasiliensia*. 2012;3(1):27-34.
17. Thiele E, Bittencourt L, Osiecki R, Fornaziero AM, Hernandez SG, Nassif PA, et al. Accelerated protocol of rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon-normative data. *Rev Col Bras Cir*. 2009;36(6):504-8.
18. Jorge MDC, Duarte MS. Reabilitação funcional do joelho pós ligamentoplastia do ligamento cruzado anterior do joelho. Um Estudo de Caso. Disponível em www.frasce.edu.br. Lisboa Portugal. 2007.
19. Hernández GL, Hortigüela LF, Gutiérrez JL, Forriol F. Protocolo cinético en la rotura del ligamento cruzado anterior. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2011;55(1):9-18.
20. Barrero CC. Lesiones en fútbol: rotura de ligamento cruzado anterior. Protocolo de readaptación. *Revista Digital Buenos Aire*. 2009;14(136).
21. Tagesson S, Oberg B, Good L, Kvist J. A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: a randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. *Am J Sports Med*. 2008;36(2):298-307.
22. Grodski M, Marks R. Exercises following anterior cruciate ligament reconstructive surgery: biomechanical considerations and efficacy of current approaches. *Res Sports Med*. 2008;16(2):75-96.
23. Glass R, Waddell J, Hoogenboom B. The Effects of Open versus Closed Kinetic Chain Exercises on Patients with ACL Deficient or Reconstructed Knees: A Systematic Review. *N Am J Sports Phys Ther*. 2010;5(2):74-84.
24. Vasconcelos RAD, Arakaki JC, Simão AP, Oliveira ASD, Paccola CJ, Bevilaqua-Grossi D. Análise da translação anterior da tíbia, pico de torque e atividade eletromiográfica do quadríceps e isquiotibiais em indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em cadeia cinética aberta. *Acta Ortop Bras*. 2007;15:14-8.
25. Nobre TL. Comparação dos exercícios em cadeia cinética aberta e cadeia cinética fechada na reabilitação da disfunção femoropatelar. *Fisioter mov*. 2011;24:167-72.
26. Williams GN, Barrance PJ, Snyder-Mackler L, Buchanan TS. Altered quadriceps control in people with anterior cruciate ligament deficiency. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(7):1089-97.
27. Williams GN, Buchanan TS, Barrance PJ, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Quadriceps weakness, atrophy,



and activation failure in predicted noncopers after anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med.* 2005;33(3):402-7.

28. Pizzato LM, Arakaki JC, Vasconcelos RA, Sposito GdC, Oliveira ASd, Paccola CJ, et al. Análise da frequência mediana do sinal eletromiográfico de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em exercícios isométricos de cadeia cinética aberta e fechada. *Rev Bras Med Esporte.* 2007;13:1-5.

29. Escamilla RF, Fleisig GS, Lowry TM, Barrentine SW, Andrews JR. A three-dimensional biomechanical analysis of the squat during varying stance widths. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(6):984-98.

30. Gullett JC, Tillman MD, Gutierrez GM, Chow JW. A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):284-92.

31. Escamilla RF, Zheng N, Macleod TD, Imamura R, Edwards WB, Hreljac A, et al. Cruciate ligament forces between short-step and long-step forward lunge. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(10):1932-42.

32. Escamilla RF, Zheng N, Imamura R, Macleod TD, Edwards WB, Hreljac A, et al. Cruciate ligament force during the wall squat and the one-leg squat. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(2):408-17.

33. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. The effects of core proprioception on knee injury: a prospective biomechanical-epidemiological study. *Am J Sports Med.* 2007;35(3):368-73.

34. Mae T, Shino K, Matsumoto N, Maeda A, Nakata K, Yoneda M. Graft tension during active knee extension exercise in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2010;26(2):214-22.

35. Borin G, Masullo CdL, Bonfim TR, Oliveira ASd, Paccola CAJ, Barela JÂ, et al. Controle postural em pacientes com lesão do ligamento cruzado anterior. *Fisioter Pesqui.* 2010;17:342-5.

36. Cardoso JR, Prado AI, Iriya HK, Santos ABDAN, Pereira HM. Atividade eletromiográfica dos músculos do joelho em indivíduos com reconstrução do ligamento cruzado anterior sob diferentes estímulos

sensorio-motores: relato de casos. *Fisioter Pesqui.* 2008;15:78-85.

37. Fisberg M, Pedromônico MR, Braga JAP, Ferreira AMA, Pini C, Campos SCC, Lemes SO, Silva S, Silva RS, Andrade TM. Comparação do desempenho de pré-escolares, mediante teste de desenvolvimento de Denver, antes e após intervenção nutricional. *Rev Ass Med Brasil.* 1997 Abr/Jun; 43(2): 99-104.

