

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

ANALYSIS OF ANTERIOR TIBIAL TRANSLATION, PEAK TORQUE, AND QUADRICEPS AND HAMSTRINGS COACTIVATION IN INDIVIDUALS WITH ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURIES PERFORMING ISOMETRIC OPEN KINETIC CHAIN EXERCISES

RODRIGO ANTUNES DE VASCONCELOS^{3,4}, JULIANO COELHO ARAKAKI³, ADRIANO P. SIMÃO³, ANAMARIA SIRIANI DE OLIVEIRA¹,
CLEBER JANSEN PACCOLA², DÉBORA BEVILAQUA-GROSSI¹

RESUMO

Os objetivos deste estudo foram avaliar a translação anterior da tibia (TAT), pico de torque isométrico e atividade eletromiográfica de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) realizando contrações isométricas em cadeia cinética aberta no ângulo de 30° de flexão do joelho. Foram avaliados 20 voluntários do sexo masculino (31.1 ± 7.45 anos) com ruptura completa do LCA e 20 indivíduos controle (22.2 ± 3.15 anos). Eletromiografia de superfície, artrômetro KT 1000 e um Dinamômetro isocinético foram utilizados para avaliar a atividade EMG do Quadríceps e Isquiotibiais, TAT passiva e ativa e pico de torque isométrico respectivamente durante três contrações isométricas voluntária máxima a 30° de flexão do joelho. Os resultados demonstraram que a TAT passiva e ativa é significativamente maior em joelhos com lesão do LCA comparado ao joelho contralateral, lado dominante e não dominante do grupo controle, porém os valores da TAT ativa foram menores do que a passiva. Não houve diferenças estatisticamente significativas entre os grupos na atividade EMG do quadríceps e isquiotibiais e no pico de torque isométrico produzido durante o tarefa motora requisitada. Os resultados deste estudo demonstram que indivíduos com lesão do LCA e indivíduos controle se comportam de maneira similar em relação a pico de torque isométrico e controle motor embora a artrocinemática da articulação tibiofemural mostrou-se diferente em joelhos lesados.

Descritores: Joelho; Eletromiografia; Ligamento cruzado anterior; Exercício.

Citação: Vasconcelos RA, Arakaki JC, Simão AP, Oliveira AS, Paccola CAJ, Bevilaqua-Grossi D. Análise da translação anterior da tibia, 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.* [periódico na Internet]. 2007; 15(1):14-18. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUÇÃO

Nos últimos 15 anos houve um enorme crescimento no número de trabalhos publicados com pesquisas enfocando anatomia, biomecânica, cirurgia de reconstrução, e técnicas de reabilitação do LCA. O avanço das pesquisas neste campo da ortopedia diminuiu consideravelmente o tempo de retorno ao esporte de atletas submetidos à reconstrução deste Ligamento⁽¹⁾

Na reabilitação de pacientes com ruptura do LCA trabalhos referentes a segurança, eficácia e indicação de exercícios de cadeia cinética aberta (CCA) ou cadeia cinética fechada (CCF) são os mais frequen-

SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the anterior tibial translation (ATT), isometric peak torque and EMG activity in individuals with acl rupture performing isometric contraction in open kinetic chain in angle that provoke substantial ATT. It was evaluated 20 male subjects (31.1 ± 7.45 years) with acl total rupture and 20 control subjects (22.2 ± 3.15 years). Electromyography, arthrometric kt 1000 and isokinetic dynamometry was used to evaluate the quadriceps and hamstrings EMG activity, passive and active ATT and isometric peak torque respectively during three maximum isometric voluntary contractions at 30 degrees of knee flexion. The results demonstrated that the passive and active ATT is significant greater in knees with acl rupture compared with the contralateral knees, dominant and non dominant knees of the control group. However the active ATT values were greater than the passive ATT. There is no statistic significant differences between groups concerning quadriceps and hamstring EMG activity and in the peak torque produced during the motor task requested. The results of this study demonstrated that individuals with acl rupture had similar behavior compared with normal knees in relation to isometric peak torque and motor control despite the different arthrokinematics of the tibiofemoral joint observed in injured knees.

Keywords: Knee; Electromyography; Anterior cruciate ligament; Exercise.

Citation: Vasconcelos RA, Arakaki JC, Simão AP, Oliveira AS, Paccola CAJ, Bevilaqua-Grossi D. Analysis of anterior tibial translation, peak torque, and quadriceps and hamstrings coactivation in individuals with anterior cruciate ligament injuries performing isometric open kinetic chain exercises. *Acta Ortop Bras.* [serial on the Internet]. 2007; 15(1): 14-18. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

temente encontrados⁽²⁾. Os exercícios em CCA embora tenham passado por um período de total condenação em relação a sua inclusão na reabilitação do LCA, atualmente são uma opção importante para elaboração de protocolos específicos para o referido ligamento. A segurança em prescrever exercícios em CCA para pacientes com ruptura do LCA se deve principalmente ao conhecimento da relação estreita entre este tipo de exercício, o LCA e as reações musculares provocadas pela realização deste exercício.

Várias restrições foram feitas a respeito da inclusão dos exercícios de CCA na reabilitação da lesão do LCA. Estas restrições foram ba-

Trabalho realizado no Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor. Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo

Endereço para correspondência: Débora Bevilaqua-Grossi - Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor - Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo - Avenida Bandeirantes, nº 3900, Campus da USP, CEP 14049-900 - Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil - E-mail address: deborabg@fmrp.usp.br

1. Professora Doutora do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor FMRP-USP

2. Professor Titular do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor FMRP-USP

3. Fisioterapeuta, Mestre em Ciências Médicas - FMRP-USP

4. Grupo de Cirurgia do joelho, Departamento de Ortopedia, Hospital Celso Pierro - PUCC

Trabalho recebido em 21/11/05 aprovado em 30/07/06

seadas em vários trabalhos publicados demonstrando a excessiva translação anterior da tibia (TAT) em ângulos de execução entre 45° e 0°^(3,4,5). Como o LCA é o restritor primário deste movimento⁽⁶⁾ esta TAT excessiva pode no período inicial de pós-operatório promover um stress "in situ" (direcionado diretamente as suas fibras) no enxerto em fase de osteointegração dentro dos túneis ósseos e revascularização com efeitos deletérios para o mesmo e sobrecarregar restritores secundários como ligamentos colaterais, meniscos, cápsula e cartilagem articular levando a degeneração articular em pacientes que optaram pelo tratamento conservador. Com o objetivo de elaborar protocolos de reabilitação mais seguros, vários autores utilizaram -se de métodos diretos e indiretos para quantificar as forças "in situ" produzidas no LCA em exercícios realizados em CCA^(3,6,7,8).

Estes métodos necessitam de laboratórios com infraestrutura e equipamentos caros, de alta demanda técnica e em muitos deles utilização de cadáveres impossibilitando a reprodução do que acontece em ambiente clínico. O artrômetro KT 1000 (MEDmetric, San Diego, CA) foi desenvolvido por Daniel⁽⁹⁾ para avaliar a TAT através da posição padrão do teste de Lackman, o teste de máxima manual e o teste ativo do quadríceps com o objetivo de diferenciar joelhos com lesão do LCA de joelhos normais. Os três testes mencionados avaliam o paciente em decúbito dorsal, relaxado ou apenas executando a contração voluntária do quadríceps com intensidade suficiente para elevar o calcâneo da mesa de exame. Howell⁽¹⁰⁾ foi o primeiro a publicar um teste ativo do quadríceps modificado (TAQM) para mensurar a TAT usando o artrômetro KT 1000 como um método mais simples. No TAQM o examinador coleta os valores da TAT durante contrações isométricas voluntária máxima (CIVM) executadas em um dinamômetro isocinético a fim de se estudar os efeitos da CCA indiretamente no LCA em diferentes ângulos de flexão e grupos de indivíduos. O autor comparou a TAT produzida durante a contração isométrica do quadríceps com a TAT produzida pelo teste standard a 89N de força no qual é executado em repouso. Os resultados revelaram valores menores de translação durante o Teste ativo do Quadríceps Modificado quando comparado com o teste standard feito em repouso.

Posteriormente Jenkins et al.⁽¹¹⁾ utilizando-se do mesmo teste (TAQM) compararam a TAT produzida durante exercícios isométricos de CCA (mesa extensora) e CCF (leg press 180). Tais autores utilizaram metodologias distintas gerando resultados conflitantes e limitando as conclusões. Uma das maiores limitações de ambos os estudos foram não investigar a atividade eletromiográfica entre quadríceps e isquiotibiais simultaneamente durante a coleta da TAT produzida pelo exercício em CCA, pois as diferenças nos valores de translação podem ter sido influenciadas pela contração da musculatura ao redor do joelho durante a tarefa requisitada, principalmente sobre a ação dos isquiotibiais⁽¹²⁾.

Este mecanismo de estabilidade dinâmica seria influenciada principalmente pela atividade dos isquiotibiais em se opor a anteriorização da tibia em relação ao fêmur⁽⁷⁾.

A teoria de que os isquiotibiais podem proteger o LCA surgiu após estudos de Gruber et al.⁽¹³⁾ que descreveram o arco reflexo do LCA. O arco reflexo do LCA é caracterizado por um aumento da atividade eletromiográfica dos músculos bíceps femoral e semitendinosus quando o LCA é estimulado eletricamente ou por deformação mecânica. Este mecanismo de proteção ocorre por influência do rico suprimento nervoso que o ligamento possui⁽¹⁴⁾. A existência deste arco-reflexo foi demonstrada tanto em animais como em humanos^(15,16).

A análise da co-ativação muscular em exercícios de reabilitação tem importância fundamental para entender o comportamento do joelho com ou sem lesões no LCA, principalmente em relação ao papel protetor ou na possibilidade de lesionar este ligamento.

A extensão ativa do joelho realizada com polias ou com equipamentos de mecanoterapia avançada, causam grandes forças de cisalhamento que são transmitidas para o LCA no joelho normal e permite TAT mais do que o normal quando o LCA é ausente. No entanto, a ativação dos isquiotibiais durante a execução destes exercícios pode reduzir a TAT, já que estes músculos se inserem na parte

posterior da tibia e promovem uma tração ou cisalhamento posterior da tibia⁽¹²⁾. Esta tração posterior aumentaria a rigidez articular, sendo esta resultante das atividades de agonistas e antagonistas⁽¹⁷⁾.

Vários trabalhos utilizaram a eletromiografia para investigar a co-ativação muscular e conseqüente interação entre quadríceps e isquiotibiais em exercícios de extensão ativa do joelho.

Solomonow et al.⁽¹⁵⁾ em seu estudo clássico avaliaram a atividade EMG do quadríceps e isquiotibiais em sujeitos normais e com ruptura do LCA no qual realizaram 6 contrações isocinéticas a 15°/s em um dinamômetro isocinético Cybex II nos ângulos de 0 - 90°. Os autores demonstraram em um paciente com lesão do LCA, o mecanismo de subluxação da tibia em relação ao fêmur que ocorreu no ângulo aproximado de 46°, ocasionando uma diminuição drástica no torque extensor, com conseqüente aumento na amplitude do sinal eletromiográfico dos isquiotibiais e diminuição na amplitude do sinal do quadríceps, justificando que a estabilidade articular em extensão não é um papel exclusivo do LCA mas também do músculo antagonista, no caso os isquiotibiais, evitando a TAT. Utilizando este trabalho como referência, vários autores com metodologias variadas demonstraram o aumento da atividade eletromiográfica dos isquiotibiais nos ângulos perto da extensão final em CCA reforçando o consenso de que os isquiotibiais trabalham como sinergistas ao LCA⁽¹⁸⁻²¹⁾.

No entanto a maioria dos estudos não inclui pacientes com lesão completa do LCA e não avaliaram simultaneamente a translação anterior da tibia com a atividade eletromiográfica do quadríceps e isquiotibiais correlacionando com ângulos de execução que produziram maior TAT com aumento similar da amplitude do sinal eletromiográfico. Além disto poucos estudos investigaram a co-ativação em atividades isométricas. Há uma escassez na literatura de trabalhos que utilizem e investiguem a co-ativação entre quadríceps e isquiotibiais em um número maior de voluntários com lesão do LCA durante contrações isométricas de extensão do joelho em CCA comparando estes indivíduos com sujeitos normais.

A análise simultânea da co-ativação muscular, a avaliação da TAT e pico de torque permite correlacionar o comportamento dos isquiotibiais durante ângulos que produzem maior translação tibial identificando possíveis alterações influenciadas pela lesão do LCA na execução desta tarefa motora específica.

Identificando estas alterações a inclusão de exercícios em CCA aberta em programas de reabilitação para pacientes com lesão do LCA pode ser feita de uma forma mais fundamentada.

Os objetivos deste estudo foram avaliar a translação anterior da tibia (TAT), pico de torque isométrico e atividade eletromiográfica de indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior (LCA) realizando contrações isométricas em cadeia cinética aberta no ângulo de 30° de flexão do joelho.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Amostra

Dois grupos envolvendo um total de 40 voluntários do sexo masculino com idades entre 18 e 40 anos de idade participaram do estudo. O primeiro grupo consistiam de 20 voluntários (idade média 31.1 ± 7.45 e altura média de 174 cm ± 6.65) com lesão unilateral do LCA ocorrida há pelo menos 6 meses antes do início do estudo. Os voluntários com LCA lesado foram subdivididos em 2 grupos: joelho com LCA Lesado (LCAL) e joelho sadio contralateral (LCAC). Foi utilizada a avaliação subjetiva de Lysholm⁽²²⁾. A pontuação média obtida na escala Lysholm dos voluntários do grupo LCA foi de 69,45 ± 17,34 pontos.

O segundo grupo denominado controle foi composto por 20 voluntários (idade média 22.2 ± 3.15 DP e altura média 175cm ± 8.55 DP) sem histórias prévias de lesões no joelho de qualquer natureza ou desordens neuromusculares e não podiam apresentar diferenças de frouxidão ligamentar entre joelhos ≥ 3mm. Posteriormente assim como no grupo de indivíduos lesados o grupo controle foi subdividido em joelho dominante (DOM) e joelho não dominante (NDOM).

Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento formal e esclarecido para a participação da pesquisa que foi aprovada pelo comitê de ética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.

Instrumentação

Para mensurar a frouxidão ligamentar do grupo LCA e grupo controle o teste de máxima manual (TMM) foi executado usando o artrômetro KT1000tm (MEDmetric, San Diego, CA) onde o paciente era colocado na posição padrão de teste totalmente em repouso, estabilizado e com o joelho posicionado a 30° de flexão do joelho (Figura 1A). Posteriormente ao TMM o KT 1000tm foi utilizado para coletar os dados da TAT no Teste Ativo do Quadríceps Modificado (TAQM) durante 3 Contrações Isométricas Voluntária Máxima a 30° de flexão do joelho (Figura 1C). O teste de confiabilidade intraexaminador (ICC) intradias e interdiadas do examinador que realizou os testes com o KT 1000 no TMM e TAQM foram previamente realizados antes de cada coleta dos dados. A confiabilidade (ICC) no TMM variou entre 0.79 – 0.98 e 0.93-0.98 no TAQM⁽²³⁾.

Para realizar as três CIVM e coletar o pico de isométrico no ângulo citado foi utilizado um dinamômetro isocinético (Biodex multi-joint system 3 pro) pertencente ao Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal de São Carlos, configurado previamente por meio de seu software específico para operar no modo isométrico para mensurar com exatidão a angulação desejada e para dar *feedback* visual ao voluntário a respeito da intensidade de momento extensor que foi produzido durante o teste. Para avaliação eletromiográfica foi utilizado equipamento de eletromiografia (Myosystem Br 1, Prosecon[®]). A atividade elétrica dos músculos Reto da coxa (RC), Vasto Medial oblíquo (VMO), Vasto lateral longo (VLL), Bíceps Femoral (BF) e Semitendinosus (ST) foi captada por eletrodos de superfície ativos diferencial simples (EMGsystem) filtro de passa baixa e passa alta com corte de frequências a 1000 Hz e 20 Hz. Os sinais brutos capturados foram processados posteriormente utilizando-se o software Myosystem – BR 1 (versão 2.5) com frequência de amostragem de 2000 Hz e que transformou o sinal bruto do potencial de ação das unidades motoras em valores numéricos da raiz quadrada da média (RMS-root mean square).

Para a normalização dos dados eletromiográficos referentes ao sinal dos músculos isquiotibiais os voluntários realizaram 5 segundos de CIVM de flexão do joelho a 30°. Para a normalização dos dados eletromiográficos referentes ao sinal dos músculos do quadríceps os voluntários realizaram 5 segundos de CIVM de extensão do joelho a 90°.

Posteriormente os indivíduos foram requisitados a realizarem o TAQM executando três CIVM de extensão do joelho de 5 segundos de duração cada contração na angulação de 30° de flexão do joelho onde a TAT e o pico de torque isométrico foi coletado simultaneamente. (Figura 1B) Intervalos de 2 minutos entre as CIVM de cada ângulo foi utilizado para evitar fadiga muscular. A ordem de execução dos exercícios em cada ângulo foi aleatória. Os teste foram realizados primeiramente com o joelho contralateral no grupo lesado e com o joelho não dominante no grupo controle.

Análise Estatística

O método da Análise de Variância (ANOVA) com medidas repetidas se necessário foi utilizado para avaliar a TAT durante o TAQM e o pico de torque isométrico entre os grupos. Foi adotado como nível de significância $p \leq 0.05$.

Para avaliação da amplitude do sinal eletromiográfico do músculo Quadríceps (RC + VLL + VMO) entre os grupos foi utilizado o método de (ANOVA) com medidas repetidas e se necessário a técnica de formação de contrastes na análise dos dados. Foi adotado como nível de significância $p \leq 0.05$. Para avaliação do sinal eletromiográfico do músculo Isquiotibiais (BF + ST) foi utilizado o teste não paramétrico de Wilcoxon para dados pareados quando a comparação foi feita entre LCAL x LCAC e NDOM x DOM e teste não paramétrico de Mann-Whitney para amostras independentes. O nível de significância adotado foi $p \leq 0.05$.



Figura 1 - (A) Posicionamento do voluntário para a realização do teste máxima manual (TMM) em repouso. **(B)** Posicionamento do voluntário para a realização do teste ativo do quadríceps modificado (TAQM) a 30° de flexão do joelho. **(C)** Posicionamento do artrômetro KT1000 para a realização do TAQM.

RESULTADOS

Teste máxima manual (TMM) e teste ativo do quadríceps modificado (TAQM)

No teste máxima manual, valores significativamente maiores de TAT foram observados no grupo LCAL ($15,91 \pm 2,82$ SD) quando comparado com os demais grupos LCAC ($7,74 \pm 2,04$ SD), DOM ($7,42 \pm 2,18$ SD) e NDOM ($7,39 \pm 2$ SD) $p \leq 0.001$. Não houve diferenças significativas entre os grupos LCAL x DOM ($p=0.63$), LCAL x NDOM ($p=0.58$) e DOM x NDOM ($p=0.85$) (Figura 2).

Durante o TAQM valores significativamente maiores de TAT no grupo LCAL ($11,21 \pm 2,4$ dp) quando comparado aos demais grupos LCLC ($7,13 \pm 2,3$ dp), DOM ($7,08 \pm 2,3$ dp), NDOM ($7,04 \pm 2,1$ dp) $p \leq 0,05$ (Figura 2).

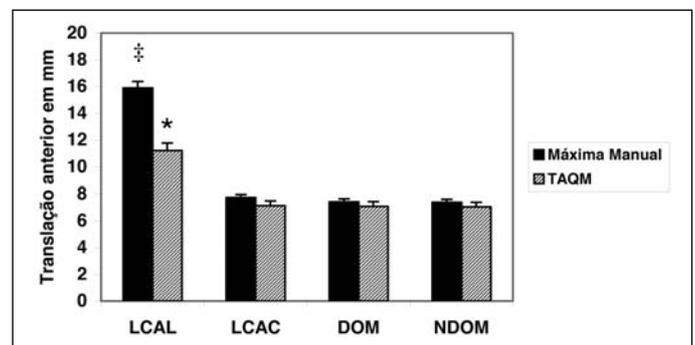


Figura 2 - Valores da translação anterior da tibia coletados durante o teste máxima manual (TMM) e teste ativo do quadríceps modificado (TAQM)

‡ Diferença significativa entre o grupo LCAL comparado com os demais grupos no TMM $p \leq 0,05$.

* Diferença significativa entre o grupo LCAL comparado com os demais grupos no TAQM $p \leq 0,05$.

LCAL – Grupo LCA lesado; **LCAC** – LCA contralateral; **DOM** – joelho dominante grupo controle; **NDOM** – joelho não dominante grupo controle.

Atividade eletromiográfica do Quadríceps e Isquiotibiais

A análise da atividade EMG através dos valores de RMS normalizados dos grupos musculares quadríceps (RC+VLL+VMO) e isquiotibiais (BF+ST) demonstrando a intensidade da contração no ângulo proposto (30°) expressos como porcentagem da CIVM. Os resultados demonstram que não há diferença estatisticamente significativa na atividade eletromiográfica do quadríceps entre os grupos LCAL x LCAC ($p=0.11$), (LCAL x DOM) ($p=0.14$), (LCAL x NDOM) ($p=0.14$) (Figura 3). Da mesma forma não houve diferença estatisticamente

significativa entre os grupos LCAL x LCAC ($p=0,18$), LCAL x DOM ($p=0,70$), e LCAL x NDOM ($p=0,95$), na atividade eletromiográfica dos isquiotibiais. A atividade eletromiográfica dos isquiotibiais permaneceu baixa variando entre 9 e 13 % da CIVM (Figura 3)

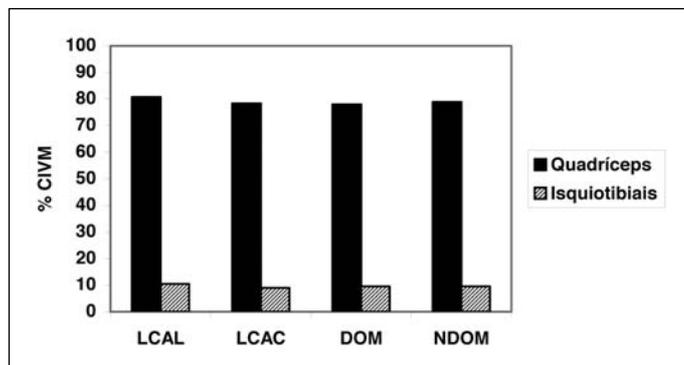


Figura 3 - Atividade eletromiográfica do quadríceps (RC +VLL + VMO) e isquiotibiais (BF + ST) normalizados e demonstrados como porcentagem da Contração Isométrica voluntária máxima durante a realização do teste ativo do quadríceps modificado a 30° de flexão do joelho. Não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos $p>0,05$. Joelho LCA lesado (LCAL) $n=20$, joelho contralateral (LCAC) $n=20$, grupo controle lado dominante (DOM) $n=20$, grupo controle lado não dominante (NDOM) $n=20$.

Pico de Torque isométrico

Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos LCAL ($100,32 \pm 20,36$), LCAC ($112,17 \pm 24,65$), DOM ($111,54 \pm 28,80$), NDOM ($109,77 \pm 32,66$) no pico de torque produzido a 30° de flexão do joelho $p>0,05$ (Figura 4).

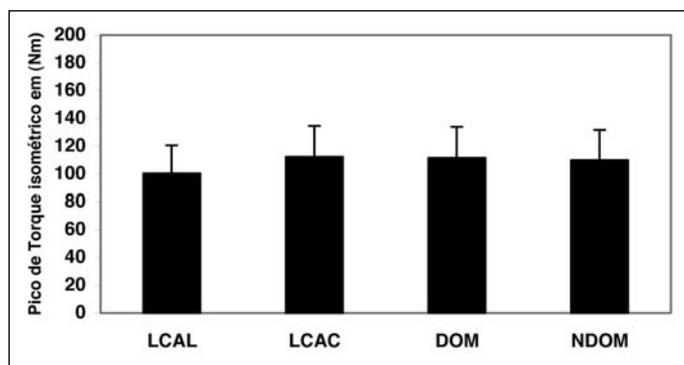


Figura 4 - Pico de torque isométrico (Nm) coletados durante teste ativo do quadríceps modificado (TAQM) a 30° de flexão do joelho. Não há diferenças estatisticamente significativas entre os grupos $p > 0,05$ LCAL – Grupo LCA lesado; LCAC – LCA contralateral; DOM – joelho dominante grupo controle; NDOM – joelho não dominante grupo controle.

DISCUSSÃO

Um dos objetivos deste trabalho foi avaliar se o kt 1000tm é capaz de diferenciar joelhos com lesão do LCA em relação a joelhos com o LCA íntegro nos dois testes propostos TMM e TAQM. Os resultados demonstraram valores significativamente maiores de TAT durante o TMM em joelhos com lesão do LCA do grupo LCAL quando comparado com os demais grupos $p \leq 0,001$.

Bach et al.⁽²³⁾ usando o TMM avaliaram a TAT de voluntários com lesões agudas e crônicas do LCA e compararam com sujeitos normais. A TAT média em lesões agudas e crônicas foram similares, sem diferenças estatisticamente significativas 13,0 e 13,5 mm respectivamente, no entanto foram quase o dobro dos valores de TAT de joelho normais 7 mm. Os autores concluem que o TMM foi a mais forte variável para discriminar a diferença da TAT entre um joelho normal e um joelho com ruptura do LCA. Da mesma forma

Rangger et al.⁽²⁴⁾ concluíram que os maiores valores de translação e as maiores diferenças em deslocamento entre joelho lesado e joelho normal foram produzidas pelo TMM. Outra modalidade de teste no qual se fez de uso do arômetro kt 1000tm foi o teste ativo do quadríceps modificado (TAQM). Os resultados do presente estudo demonstraram que a TAT foi significativamente maior a 30° ($11,21 \pm 2,4$) no grupo LCAL comparado com os demais grupos. Estes resultados demonstram que o uso do arômetro kt 1000tm através do TAQM é capaz de reproduzir resultados similares de outros estudos que fizeram uso de variados instrumentos para mensurar a TAT e consequentemente as forças “in situ” no LCA demonstrando valores maiores de TAT entre 30° e 0° de flexão do joelho^(5,6,25,26).

Apenas dois estudos utilizaram-se do KT 1000tm como método de avaliar a TAT durante exercícios em CCA demonstrando resultados com conclusões conflitantes entre ambos.

Howell⁽¹⁰⁾ não encontrou diferenças significativas na TAT entre grupos durante o TAQM nos ângulos entre 15° e 60° graus de flexão do joelho. Estes resultados podem ter sido influenciados por fatores relacionados à metodologia utilizada na elaboração do estudo. Não foram descritos no estudo quais foram os critérios de inclusão para os voluntários serem incluídos no grupo de LCA lesado e o teste de confiabilidade intraexaminador do Kt 1000tm durante o TAQM não foi conduzido podendo gerar grande variabilidade entre medidas e repetições.

Jenkins et al.⁽¹¹⁾ observaram menores valores de TAT produzidos pelo grupo com lesão no LCA quando realizaram o TAQM na cadeira extensora a 30° (8,10 mm) e 60° (2,17mm). Estes resultados discordam dos valores encontrados neste estudo uma vez que o grupo LCAL demonstrou valores maiores a 30° ($11,21 \pm 2,4$). A diferença entre estes valores podem ter sido influenciadas pelas diferenças metodológicas uma vez que os autores utilizaram 25 % do peso corporal de cada indivíduo para realizar o TAQM enquanto que neste estudo foi utilizada a contração isométrica voluntária máxima. Conseqüentemente níveis menores de contração do quadríceps e ativação de um menor número de unidades motoras podem ter sido produzidos no estudo de Jenkins et al.⁽¹¹⁾ levando a uma menor TAT durante a requisição da tarefa.

Outro objetivo deste estudo foi avaliar a TAT em CCA porém apesar dos resultados demonstrarem aumento significativo da TAT a 30° de flexão do joelho no grupo LCAL, limitadas conclusões podem ser feitas a respeito do stress provocado no LCA durante a execução destes exercícios, principalmente a respeito da afirmação de que esta translação excessiva encontrada poderia provocar efeitos deletérios no enxerto após uma reconstrução cirúrgica deste ligamento.

Apesar do presente trabalho discordar dos achados obtidos por Howell⁽¹⁰⁾ a respeito da não diferenciação da TAT entre joelhos lesados e joelhos normais, utilizando-se do KT 1000tm como instrumento de medida, um dos resultados conflitantes demonstrados por este autor foi que a CIVM executada pelos voluntários não ultrapassou os valores da TAT provocada pelo teste padrão do kt 1000tm realizado em repouso com força de anteriorização de 89 N.

Howell⁽¹⁰⁾ em seu estudo explica que o Componente de cisalhamento anterior causado pela contração do quadríceps é diminuído à medida que a tibia desliza anteriormente, devido ao ângulo do tendão patelar adquirir um alinhamento mais perpendicular em relação ao platô tibial com a tibia anteriorizada.

Para investigar a influência do quadríceps e isquiotibiais na TAT, a atividade eletromiográfica de 5 músculos da coxa foram coletadas. Os resultados deste estudo demonstraram valores de TAT significativamente maior a 30° no grupo LCAL comparado com a TAT produzida no mesmo ângulo nos demais grupos, no entanto não houve alterações na atividade EMG do quadríceps e isquiotibiais entre os grupos durante a tarefa motora requisitada e portanto, não demonstrando diferenças na estratégia do controle motor entre sujeitos com lesão do LCA e com joelhos normais realizando contrações isométricas do quadríceps a 30 graus de flexão do joelho. Outro fator que demonstra um padrão de ativação muscular similar entre os grupos foi a ausência de diferenças significativas

no pico de torque isométrico, demonstrando recrutamento de unidades motoras do quadríceps similares uma vez que seria este grupo muscular principal gerador do torque isométrico coletado. Portanto mesmo a presente pesquisa tendo sido reproduzida de maneira similar, os resultados deste estudo não confirmam a teoria do mecanismo de arco reflexo demonstrado por Solomonow et al.⁽¹⁵⁾ pelo o aumento da amplitude do sinal eletromiográfico dos isquiotibiais e inibição da atividade EMG do quadríceps em ângulos que provoquem grande TAT como consequência de uma reação neuromuscular iniciada após um aumento na carga e velocidade da deformação mecânica de mecanorreceptores articulares localizados no LCA ou cápsula e demais estruturas ligamentares com o objetivo de prevenir a excessiva TAT.

Poucos estudos investigaram a co-ativação entre quadríceps e isquiotibiais em tarefas isométricas realizadas em CCA por indivíduos com lesão do LCA. Grabiner et al.⁽²⁷⁾ não encontraram diferenças significativas na atividade dos isquiotibiais em ângulos perto da extensão final.

Kubo et al.⁽²⁸⁾ avaliaram a atividade eletromiográfica dos agonistas (quadríceps femoral) e antagonista (bíceps femoral) durante mensurações de torque isométricos com intervalos de 10° nos ângulos entre 40° e 110° de flexão do joelho. Embora os autores observaram maior atividade do bíceps femoral nos maiores ângulos de flexão,

não houve diferenças significativas no padrão de co-ativação entre os ângulos de 40° e 90° de flexão do joelho. Ambos pesquisadores incluíram no estudo apenas sujeitos normais registrando resultados similares com nossos achados no grupo controle. Portanto os resultados não evidenciaram diferenças na resposta da atividade eletromiográfica do quadríceps e isquiotibiais e pico de toque isométrico nos voluntários com lesão do LCA apesar de apresentarem maior TAT em relação aos outros grupos. Uma provável explicação pode ser que a tarefa motora imposta não promova grande instabilidade e o mecanismo de arco reflexo entre LCA e isquiotibiais foram demonstrados ocorrer apenas em tarefas dinâmicas que impõem um maior desafio aos estabilizadores dinâmicos como por exemplo movimentos rotacionais⁽²¹⁾.

CONCLUSÃO

No presente estudo indivíduos com ou sem Lesão do ligamento cruzado anterior não apresentam mudanças no padrão de coativação eletromiográfica entre quadríceps e isquiotibiais e na produção do pico e torque isométrico mesmo em ângulos que produzem maior TAT em contrações isométricas. A utilização do KT 1000 foi capaz de diferenciar o comportamento de joelhos com lesão do LCA de joelhos saudáveis realizando contração Isométrica voluntária máxima de extensão do joelho no ângulo de 30°.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bollen S. Advances in the management of anterior cruciate ligament injury. *Curr Orthop*. 2000; 14:325-8.
2. Fitzgerald GK. Open versus closed kinetic chain exercises: issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *PhysTher*. 1997; 77:1747-54.
3. Hirokawa S, Solomonow M, Lu Y, Lou ZP, D'ambrosia R. Anterior-posterior and rotational displacement of the tibia elicited by quadriceps contraction *Am J Sports Med*. 1992; 20:299-306.
4. Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Stankewich CJ, Renstrom PA, Nichols CE. The strain behavior of the anterior cruciate ligament during squatting and active flexion-extension. A comparison of an open and a closed kinetic chain exercise. *Am J Sports Med*. 1997; 25: 823-9.
5. Escamilla RF, Fleisig GS, Zheng N, Barrentine SW, Wilk KE, Andrews JR. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30:556-69.
6. Woo SI, Kanamori A, Zeminski J, Yagi M, Papageorgiou C, Fu FH. The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with hamstrings and patellar tendon. A cadaveric study comparing anterior tibial and rotational loads. *J Bone Joint Surg Am*. 2002; 6:907-14.
7. Arms SW, Pope MH, Johnson RJ, Fischer RA, Arvidsson I, Eriksson E. The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction *Am J Sports Med*. 1984; 12:8-18.
8. Nisell R, Erickson MO, Nemeth G, Ekholm J. Tibiofemoral joint forces during isokinetic knee extension. *Am J Sports Med*. 1989; 17:49-54.
9. Daniel DM, Stone ML. Instrumented Measurement of anterior knee laxity in patients with acute ACL disruption. *Am J Sports Med*. 1985; 13:401-7.
10. Howell SM. Anterior tibial translation during a maximum quadriceps contraction: is it clinically significant? *Am J Sports Med*. 1992; 18:573-8.
11. Jenkins WI, Munns SW, Jayaraman G, Wertzberger KI, Neely KA. Measurement of anterior tibial displacement in the closed and open kinetic chain. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1997; 25:49-56.
12. Yanagawa T, Shelburne K, Serpas F, Pandey M. Effect of hamstrings muscle action on stability of the ACL-deficient knee in isokinetic extension exercise. *Clin Biomech*. 2002; 17: 705-12.
13. Gruber J, Wolter D, Lierse W. Anterior cruciate ligament reflex (LCA reflex). *Unfallchirurg*. 1986; 89:551-4.
14. Poulsen PD, Krosgaard MR. Muscular reflex elicited by electrical stimulation of the anterior cruciate ligament in humans. *J Appl Physiol*. 2000; 89:2191-5.
15. Solomonow M, Baratta R, Zhou Bh, Shoji H, Bose W, Beck C, D'ambrosia R. The synergistic action of the anterior cruciate ligament and thigh muscles in maintaining joint stability. *Am J Sports Med*. 1987; 15:207-13.
16. Johansson H, Sjolander P, Sojka PA. Sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop Rel Res*. 1991; 268:161-78.
17. Basmajian JV, Deluca CJ. *Muscle alive: their functions revealed by electromyography*. 5th ed. Baltimore: Williams & Wilkins 1985. p.223-27
18. Baratta R, Solomonow M, Zhou Bh, Letson D, Chuinard R, D'ambrosia R. Muscular coactivation. The role of the antagonist musculature in maintaining knee stability. *Am J Sports Med*. 1988; 16:113-22.
19. Draganich LF, Jaeger RJ, Kralj AR. Coactivation of the hamstrings and quadriceps during extension of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1989; 71:1075-81.
20. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson SP, Bojsen-Moller F, Dyhre-Poulsen P. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. *Scand J Med Sci Sports*. 2000; 10: 58-67.
21. Kingma, I, Aalbersberg S, Van Dieen JH. Are hamstrings activated to counteract shear forces during isometric knee extension efforts in healthy subjects? *J Electromyogr Kinesiol*. 2004; 14:307-15.
22. Lysholm J, Gilquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with especial emphasis on use of a scoring Scale. *Am J Sports Med*. 1982; 10:150-4.
23. Bach BR, Warren RF, Flynn WM, Kroll M, Wickiewicz TL. Arthrometric evaluation of knees that have a torn anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*. 1990; 72:1299-306.
24. Rangger C, Daniel DM, Stone MI, Kaufman K. Diagnosis of an ACL disruption with Kt-1000 Arthrometer Measurements. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1993; 1:60-6.
25. Vasconcelos RA. Análise da translação anterior da tibia e co-ativação do quadríceps e isquiotibiais em indivíduos com lesão do ligamento cruzado anterior em cadeia cinética aberta [Mestrado]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2005.
26. Zavatsky AB, Beard DJ, O'Connor JJ. Cruciate ligament loading during isometric muscle contractions. A theoretical basis for rehabilitation. *Am J Sports Med*. 1994; 22:418-23.
27. Grabiner MD, Campbell KR, Hawthorne DI, Hawkins DA. Electromyographic study of the anterior cruciate ligament-hamstrings synergy during isometric knee extension. *J Orthop Res*. 1989; 7:152-5.
28. Kubo K, Tsunoda N, Kanehisa H, Fukunaga T. Activation of agonist and antagonist muscles at different joint angles during maximal isometric efforts. *Eur J Appl Physiol*. 2003; 91:349-52.