

Adelon Soares Ansaloni

DIFERENÇAS BIOMECÂNICAS DE EXTENSORES E FLEXORES DO
JOELHO ENTRE GÊNEROS NA RUPTURA DO LIGAMENTO CRUZADO
ANTERIOR: ARTIGO DE REVISÃO.

Belo Horizonte- MG

Setembro- 2009

Adelon Soares Ansaloni

DIFERENÇAS BIOMECÂNICAS DE EXTENSORES E FLEXORES DO JOELHO ENTRE GÊNEROS NA RUPTURA DO LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR: ARTIGO DE REVISÃO.

Monografia apresentada a Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para aprovação da disciplina EFI – , Seminário de Monografia.

Hans Joachim Karl Menzel
Orientador

Índice

1. Introdução	4
2. Objetivo do Estudo	7
3. Metodologia	
• 3.1 Periódicos Pesquisados.....	7
• 3.2 Palavras chaves.....	8
• 3.3 Referências de artigos pesquisados.....	8
• 3.4 Critérios de inclusão de artigos.....	8
4. Sistematizações das apresentações dos resultados	9
5. Análise dos artigos	
• 5.1 LANDRY et al. (2007a)	9
• 5.2 LANDRY, et al. (2007 b)	10
• 5.3 MALINZACK et al. (2001).....	11
• 5.4 SIMONSEN et al. (2000).....	12
• 5.5 ROZZI et al. (1999)	13
• 5.6 AHMAD et al. (2005)	13
• 5.7 BOWERMAN et al.(2006).....	15
• 5.8 CROIX et al. (2007),.....	16
6. Considerações Finais	17
7. Tabela Resumo de artigos pesquisados	18
8. Referências Bibliográficas	24
9. Anexos	27

1. Introdução

A ruptura de ligamento cruzado anterior (LCA) é uma lesão grave e de alto custo financeiro o seu tratamento. Cerca de um bilhão de dólares são gastos anualmente na cirurgia de reconstrução do LCA, nos Estados Unidos, sem contar com os gastos pós-cirúrgicos que incluem avaliações periódicas e reabilitação fisioterápica. Segundo FLYNN et al. (2005), pelo menos 100.000 lesões de LCA ocorrerem a cada ano em atletas jovens. Esportes como futebol americano, basquetebol e futebol de campo são considerados atividades desportivas de alto risco de ruptura de LCA. Na Suécia, entre os anos de 1986 e 1990, das 1312 lesões ocorridas no esporte em geral 841 (64%) foram relacionadas à ruptura de LCA. (FLYNN et al.,2005)

A literatura tem relatado uma incidência de 2 a 8 vezes maior na ruptura de LCA em atletas femininas do que masculinos, confirmando relatos da Associação Atlética Colegial Nacional dos Estados Unidos que tem como referência uma incidência de ruptura de LCA cinco vezes maior em atletas do sexo feminino quando comparados ao masculino (AGEL et al.,2005)

Vários são os fatores para explicar os mecanismos que levam a uma maior incidência de ruptura do LCA em mulheres atletas. Estes fatores são divididos em extrínsecos (tipo de calçado e superfície, interação calçado superfície e choques físicos) e intrínsecos (anatomia, fatores hormonais, diferenças neuromusculares e biomecânicas entre os sexos).

Os principais movimentos realizados na articulação do joelho são de extensão e flexão, a extensão se define como o movimento que afasta a face posterior da perna da face posterior da coxa, enquanto a flexão é o movimento que aproxima a face posterior da perna à face posterior da coxa. O quadríceps é o músculo extensor do joelho, sendo constituído por quatro corpos musculares que se inserem na tuberosidade anterior da tíbia: o reto anterior, o crural e o vasto externo e interno. Os músculos ísquios surais são os flexores do joelho e são formados pelo conjunto muscular bíceps crural, semitendinoso, semimembranoso, reto interno e sartório (KAPANDJI, 2000), figura 1.



Figura1. Grifado em azul os principais músculos envolvidos no movimento de extensão e flexão de joelho.

Diferenças neuromusculares e biomecânicas entre flexores (bíceps femoral, semi tendinoso e membranoso) e extensores (quadríceps) do joelho têm sido freqüentemente analisadas, sendo comumente relacionadas com alguns tipos de lesão, como a ruptura de ligamento cruzado anterior (LIU et al.,2000; WITHROW et al., 2005; Li et al., 1999;PANDY & SHELBURNE, 1997; SHELBURNE et al., 2004).

Tradicionalmente muitos estudos relatavam que a relação do torque ideal para os extensores de joelhos devia exceder aos flexores numa magnitude de 3:2. Porém, a literatura atual tem demonstrado uma evolução metodológica, esclarecendo melhor algumas conseqüências desse desequilíbrio entre flexores/extensores de joelho e derrubando alguns conceitos tradicionais (COOMBS & GARBUTT, 2002).

Na revisão editada por Griffin et al. (2005), sobre a importância do entendimento e prevenção dos riscos que levam à ruptura do LCA, um dos

consensos entre diferentes pesquisadores diz respeito à biomecânica nas alterações no padrão de ativação muscular, diferenças entre extensores e flexores de joelhos. Aparentemente, a dominância do extensor de joelho em relação aos flexores, na maioria das manobras esportivas como salto, aterrissagem e drible é um importante fator de risco para ruptura do ligamento cruzado anterior, pois o alto nível de ativação de quadríceps e baixo de flexores, especialmente na fase de contração excêntrica do quadríceps, pode produzir significativo deslocamento anterior e rotação da tíbia.

HEWETT et al. (2006), procuraram analisar os mecanismos que levam a ruptura de LCA em atletas femininas e sugeriram que o aumento da flexibilidade combinado com uma baixa torque muscular dos flexores em meninas poderia ser responsável pelo decréscimo da instabilidade do joelho, pois a baixa ativação dos flexores e níveis de flexibilidade aumentados, principalmente durante o movimento de flexão do joelho, não conseguiriam evitar os movimentos de translação anterior e rotação da tíbia.

AAGAARD et al. (2000), analisaram o papel dos antagonistas no movimento de extensão do joelho em um aparelho isocinético, usando eletrodos superficiais em diferentes músculos. Foi observada uma significativa co-ativação dos flexores durante a contração do seu agonista, o quadríceps, e que no alcance de 30 a 10° para extensão total de joelho, os antagonistas corresponderam a 30 a 75% do momento de força. Os autores concluíram que esta ativação dos flexores é extremamente importante para restringir uma torção tibial excessiva induzida pela força de quadríceps na sua extensão completa, o que ajuda prevenir o rompimento de ligamento cruzado anterior.

LI et al. (1999), analisaram a importância das forças aplicadas no quadríceps e nos flexores durante a cinemática do joelho e suas conseqüências no LCA, usando um equipamento de robótica universal (Anexo I) para simular os movimentos de extensão e flexão em dez joelhos de cadáveres. Concluíram que quando aplicada uma carga isoladamente no quadríceps, acontece uma translação anterior da tíbia aumentada principalmente para o ângulo de 30° de flexão. Porém, quando aplicada uma carga simultaneamente nos extensores e flexores, a translação anterior foi reduzida em todos os ângulos testados.

Na prática de vários esportes como futebol, voleibol, handebol, basquetebol e tênis, o conjunto muscular ísquios surais/quadríceps é muito utilizado na execução das manobras desportivas para ambos os sexos. Entretanto, na preparação física dos atletas, os treinadores parecem não ter uma percepção da importância do equilíbrio de força entre agonista e antagonista e diferenças laterais entre esses dois grupamentos musculares para uma possível prevenção de lesão.

2. Objetivo do estudo

O foco desta revisão será voltado para as diferenças neuromusculares e biomecânicas entre extensores e flexores do joelho em atletas de ambos os sexos e suas conseqüências para tais indivíduos. Nossos estudos foram direcionados em duas linhas, na primeira analisamos a manobra esportiva corrida prévia com drible lateral (simulação de um movimento oposto do pretendido, tem como objetivo passar pela defesa adversária) e na segunda o movimento isolado de extensão e flexão de joelho.

3. Metodologia

3.1. Periódicos

Toda pesquisa foi realizada entre as datas de primeiro de junho e primeiro de Novembro, 2008, utilizamos como referência de tempo para procura dos artigos uma margem de publicação, 1998 a 2008. A procura de periódicos foi realizada no portal PUBMED/ MEDLINE nas seguintes revistas:

1. American Journal of Medicine and Sports
2. American Journal of Sports Medicine
3. British Journal of Sports Medicine
4. Clinical Biomechanics
5. Clinical Journal of Sport Medicine
6. European Journal of Sport Science
7. Human Movement Science

8. International Journal of Applied Sports Sciences
9. International Journal of Sport Biomechanics
10. Journal of Applied Biomechanics
11. Journal of Biomechanics
12. Biomechanics: the magazine of lower extremity movement
13. American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation
14. Medicine and Science in Sports and Exercise
15. Journal of Sports rehabilitation
16. Journal of Sports Science and Medicine
17. Physical Therapy

3.2. Palavras chaves

As palavras chaves utilizadas foram: hamstrings, quadriceps, anterior cruciate ligament, knee, strain, injury, athletic injuries, knee injuries, knee stability, sport, exercise, isokinetic strength, soccer, volleyball, players, female athlete, mean athlete, elite athletes, eccentric-concentric ratio e muscle balance.

3.3. Referências de artigos pesquisados

A procura de artigos relacionados ao tema proposto nesse trabalho também foi realizada em referências bibliográficas de todos os artigos examinados, incorporando a esse trabalho artigos já citados por outros autores.

3.4. Critérios de Inclusão de artigos

Para inclusão dos artigos foram seguidos os seguintes critérios:

1. Sujeitos Atletas, pois o estudo é focado nesse público e as conclusões são relacionadas a algum gesto desportivo.
2. Artigos esportivos que relatam lesões de flexores/ rompimento de LCA e suas causas.
3. Artigos esportivos que relatam a importância do equilíbrio entre flexores e extensores do joelho.

4. Sistematizações das apresentações dos resultados

Os resultados da revisão de literatura serão apresentados da seguinte ordem: na primeira apresentaremos a manobra esportiva corrida prévia com drible lateral (simulação de um movimento oposto do pretendido, tem como objetivo passar pela defesa adversária) e na segunda o movimento isolado de extensão e flexão de joelho.

5. Revisão de literatura: Corrida prévia com drible lateral

5.1. LANDRY et al. (2007a), analisaram as diferenças biomecânicas de membros inferiores de atletas do sexo masculino e feminino de futebol de campo, com idade entre 14 e 18 anos, para a manobra esportiva corrida prévia com drible lateral (simulação de um movimento oposto do pretendido, tem como objetivo passar pela defesa adversária). Participaram do experimento 42 atletas, sendo que 21 do sexo masculino e 21 do feminino, para análise da manobra desportiva foram utilizados a plataforma de força e eletromiografia, os eletrodos foram posicionados nos seguintes músculos: reto femoral, vasto lateral, vasto medial, semimenbranoso, bíceps femoral, gastrocnêmicos laterais e mediais. Em ambos os resultados, as atletas femininas demonstraram alta atividade elétrica no reto femoral em comparação com o sexo oposto, nenhuma diferença significativa de vasto lateral e medial, entretanto para ativação dos flexores foi encontrada diferença significativa apenas para o músculo bíceps femoral para tal manobra esportiva, figura 1A e 1B. Concluíram que o aumento da atividade elétrica do reto femoral e redução dos flexores de joelho podem ter importante contribuição para as altas lesões de LCA observadas em atletas femininas.

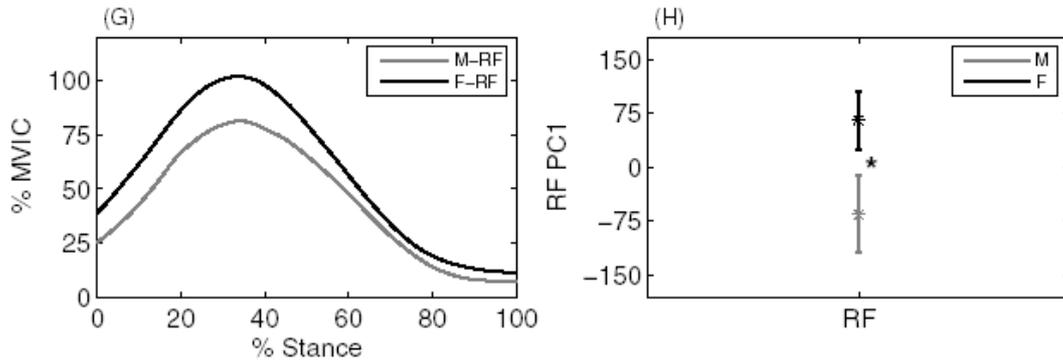


Figura 1A. Diferenças de ativação muscular no reto femoral entre homens e mulheres, para o mesmo gesto.

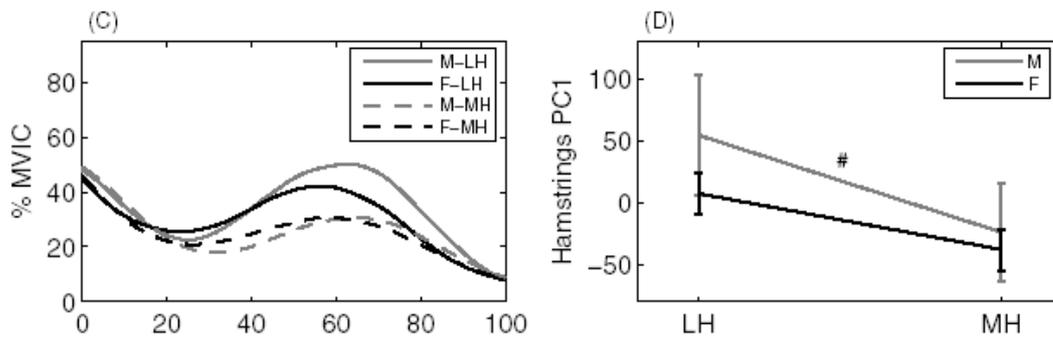


Figura 1B. Diferenças de ativação dos flexores de joelho lateral e medial entre homens e mulheres, para o mesmo gesto.

5.2. No estudo publicado por LANDRY, et al. (2007 b), com a mesma metodologia de análise de dados, alterando apenas o padrão de corrida prévia, ou seja, os atletas de futebol de campo agora correram em ladeira abaixo antes de pisar na plataforma de força com uma das pernas. Observou-se que as atletas femininas continuaram com grande ativação do reto femoral em comparação aos atletas masculinos. Diferenças significativas foram encontradas para ativação do vasto medial e lateral para esse padrão de corrida prévia, também houve um significativo grau de inibição dos flexores de joelho, principalmente nos músculos bíceps femoral nas atletas femininas em comparação aos jogadores masculinos, figura 2A, 2B e 2C.

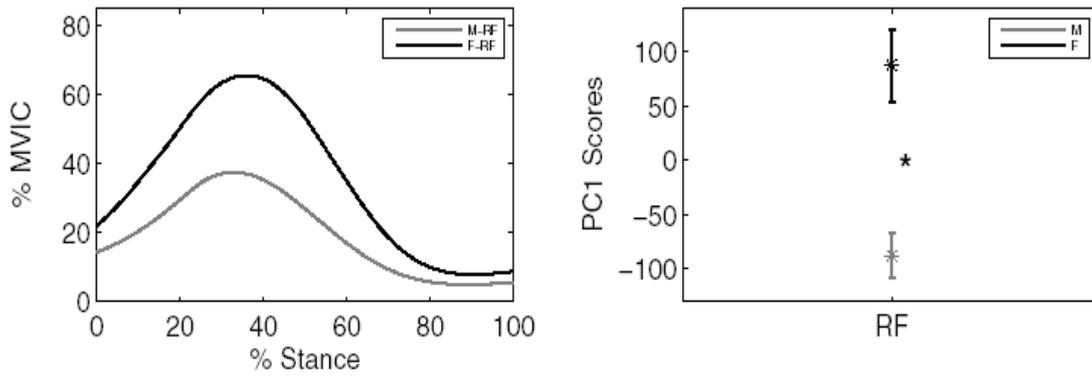


Figura 2A. Diferenças de ativação muscular no reto femoral entre homens e mulheres, para o mesmo gesto.

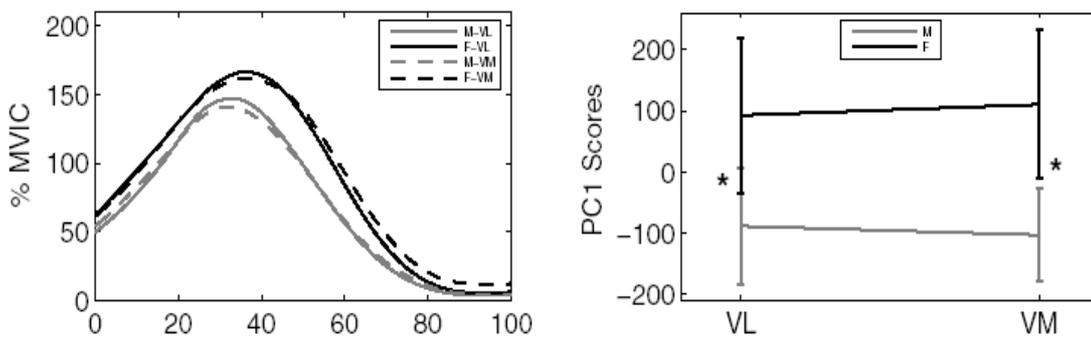


Figura 2B. Diferenças de ativação do vasto medial e lateral de joelho entre homens e mulheres, para o mesmo gesto.

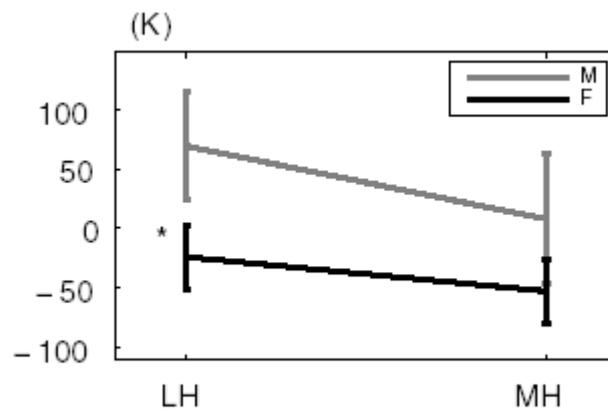


Figura 2C. Diferenças de ativação dos flexores de joelho lateral e medial entre homens e mulheres, para o mesmo gesto.

5.3. MALINZACK et al. (2001) comparam a movimentação do joelho entre homens e mulheres na tarefa corrida prévia com drible lateral, participaram do experimento 11 homens e 9 mulheres, com idade entre 24 e 26 anos, para análise dos dados usou-se Cinemática 3D e eletromiografia, na qual

eletrodos foram posicionados nos músculos reto femoral, vasto lateral e medial, bíceps femoral, semimembroso e semitendinoso. Foi observado que as atletas femininas tiveram um aumento da atividade elétrica de quadríceps em comparação aos homens com uma diferença de 17% a 40%, entretanto observou um decréscimo na atividade elétrica dos ísquios surrais em comparação ao sexo oposto de até 20%, figura 3. Os autores sugerem que o índice baixo de força de flexão do joelho em atletas femininas na manobra esportiva drible lateral com corrida prévia pode aumentar a translação anterior e torção da tibia, aumentando assim o risco de rompimento do LCA.

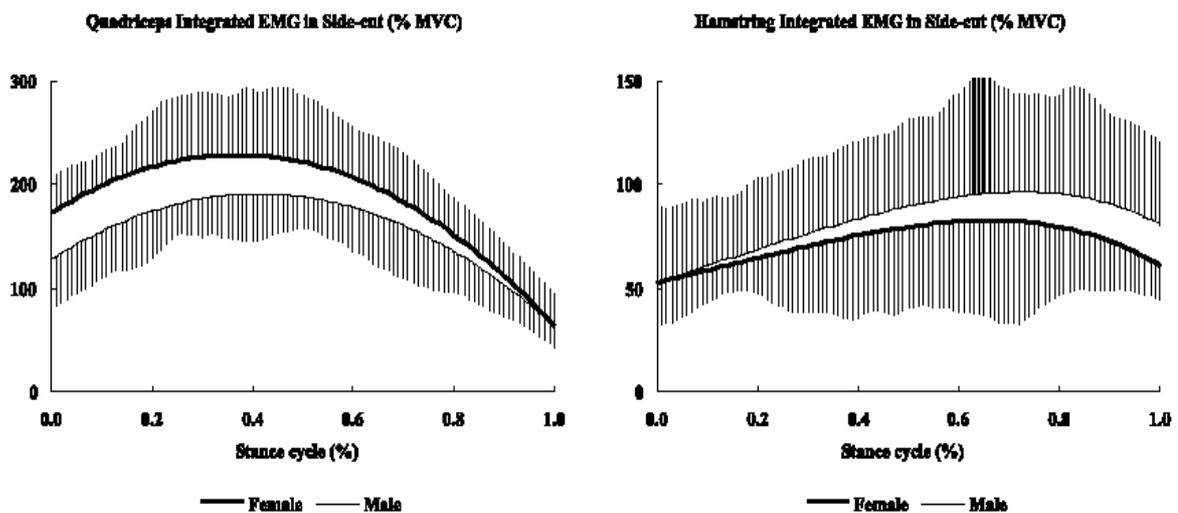


Figura 3. Diferenças de ativação muscular no quadríceps e ísquios surrais entre homens e mulheres, para a mesma atividade de corrida com drible.

5.4. SIMONSEN et al. (2000), analisando o mesmo gesto esportivo corrida prévia com drible lateral, em nove atletas femininas de alta performance na modalidade handebol, não encontraram evidências de que a manobra drible lateral aumente a incidência de lesões no ligamento cruzado anterior. Para suas análises utilizaram a plataforma de força e eletromiografia, posicionando os eletrodos nos músculos reto femoral, vasto lateral e medial, bíceps femoral, semimembroso e semitendinoso. Os autores relataram que durante a fase de freada do gesto desportivo o quadríceps contraiu excentricamente como uma velocidade de 216 a 253% do comprimento da fibra, em contraste os flexores contraíram concentricamente com uma velocidade de 222 a 427% do comprimento da fibra e que a rápida contração dos flexores nestas atletas

durante a manobra desportiva é importante para minimizar uma sobrecarga no ligamento cruzado anterior de joelho.

Revisão de literatura: Movimento isolado de extensão e flexão de joelho

5.5. ROZZI et al. (1999), analisaram características neuromusculares entre extensores e flexores de joelho e a translação anterior da tibia entre jogadores de futebol de campo e basquetebol. Para coleta de dados usaram um dinamômetro isocinético Biodex (anexo II) para avaliação do pico de torque muscular e o instrumento KT1000 (anexo III) para avaliar o deslocamento anterior da tibia. Avaliaram 34 atletas de nível universitário, sendo dezessete homens e dezessete mulheres, com idade entre 19 e 21 anos. Os resultados mostraram uma diferença significativa na translação anterior da tibia das mulheres em comparação aos homens, entretanto para o pico de torque muscular não acharam diferenças significativas para os extensores e flexores de joelho entre os sexos, tabela1 e 2.

Tabela1. Resultados obtidos da translação anterior da tibia entre homens e mulheres

Group	Anterior tibial translation (mm)
Women (<i>N</i> = 17)	6.05 ± 1.46
Men (<i>N</i> = 17)	4.80 ± 1.53
<i>P</i> value	0.021

Tabela2. Resultados obtidos para o teste de torque muscular entre homens e mulheres

Group	Time to peak torque (msec)	
	Flexion	Extension
Women (<i>N</i> = 17)	220.63 ± 51.83	371.88 ± 154.67
Men (<i>N</i> = 17)	214.71 ± 46.38	338.23 ± 124.16
<i>P</i> value	0.733	0.495

5.6. AHMAD et al. (2005) analisaram as diferenças no pico de força entre flexores e extensores de joelho e a translação anterior da tíbia em 123 atletas de futebol de campo amador, de diferentes gêneros e idades. Os indivíduos foram divididos de acordo com o grau de maturidade sexual, sendo que foram agrupados em A1 e A2, garotas e garotos com idade entre 10 e 11 anos, e em B1 e B2 garotas e garotos com idade entre 15 e 16 anos. Para analisar o pico de força muscular usaram um dinamômetro isocinético manual (anexo IV) e para avaliar a translação da tíbia utilizaram KT 1000 (Anexo III). Usando um grau de significância $P < 0.05$, foi encontrado nos garotos maduros uma translação anterior da tíbia significativamente menor quando comparados aos outros grupos, tabela 3. O pico de torque de flexores e extensores de joelho teve um aumento significativo em todos os grupos com o aumento da maturidade. Garotos, porém, com o aumento da maturidade demonstraram aumentos significativos na força de flexores quando comparados as garotas, figura 5. Em conclusão afirmam que as atletas femininas depois da menarca têm um aumento de força de quadríceps maior que os flexores do joelho, aumentando assim o risco de ruptura do LCA, devido uma maior translação anterior da tíbia.

Tabela 3. Translação anterior da tíbia e relação entre extensores e flexores de joelho em todos os grupos.

Knee Laxity and Quadriceps-to-Hamstring
Ratios for All Groups^a

Group	Knee Laxity, mm	Quadriceps-to- Hamstring Ratio
Immature girls, n = 24	8.84 ± 2.12	1.73 ± 0.32
Immature boys, n = 38	8.74 ± 1.76	1.58 ± 0.46
Mature girls, n = 29	8.85 ± 1.86	2.06 ± 0.55^b
Mature boys, n = 32	7.33 ± 1.27^b	1.48 ± 0.33

^aAll values are expressed as mean \pm SD.

^bIndicates statistical significance; $P < .05$.

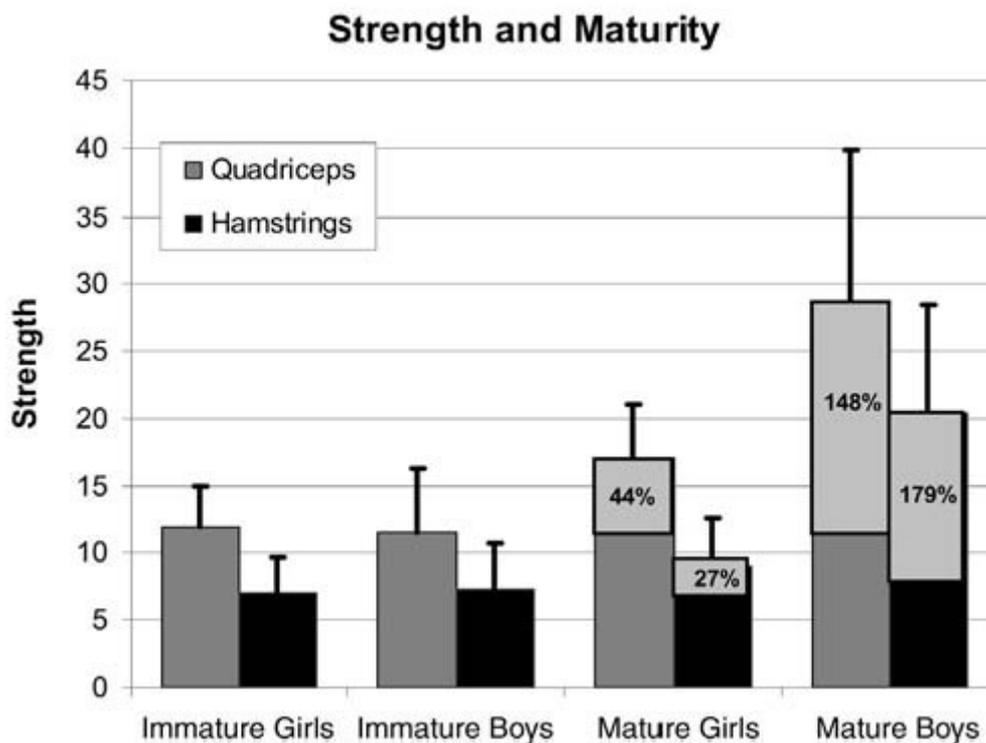


Figura 4. Aumento percentual na força de quadríceps e flexores para os indivíduos maduros comparados com os indivíduos imaturos do mesmo sexo.

5.7. BOWERMAN et al.(2006) analisaram os fatores que levam à ruptura do ligamento cruzado anterior em atletas femininas e masculinos, avaliando a translação anterior da tíbia e força muscular de extensores e flexores de joelho, participaram do experimento 54 atletas universitários de diferentes esportes sendo 27 do sexo masculino e 27 sexo feminino, com idade entre 18 e 25 anos. Para avaliar a translação anterior da tíbia foi utilizado o aparelho KT 1000 (Anexo III) e Dinamômetro isocinético Biodex (Anexo II) para avaliar a força muscular. Não foram encontradas diferenças significativas entre homens e mulheres no teste de translação anterior da tíbia, entretanto para o teste de força muscular de extensores e flexores do joelho, os atletas masculinos apresentaram um pico de torque bastante superior ao das atletas femininas. Sugerem que somente a translação anterior da tíbia não pode explicar a maior incidência de ruptura de LCA em atletas femininas. Porém, as diferenças no pico de torque entre gêneros, podem influenciar a maior incidência de lesões de LCA.

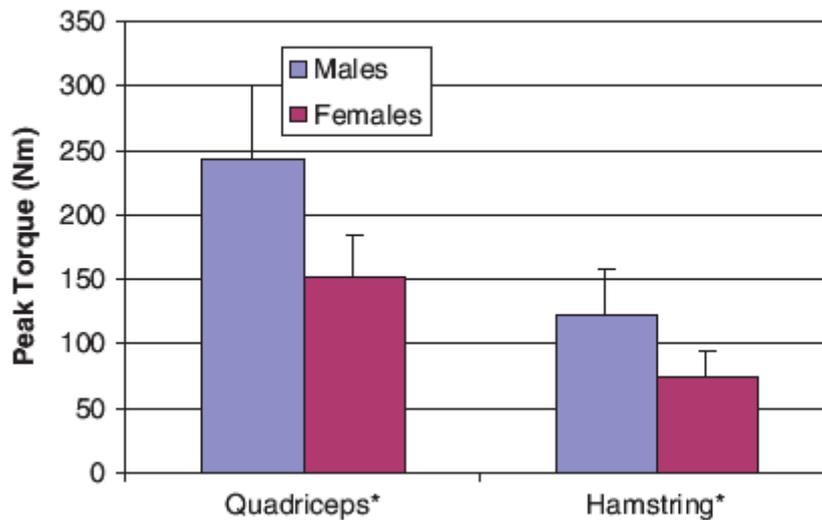


Figura 5. Diferenças entre homens e mulheres no pico de torque para extensores e flexores de joelho. Nota * representa significância ($p < 0.05$).

5.8. No estudo realizado por CROIX et al. (2007), foi analisada a relação do pico de torque de extensores e flexores de joelho de atletas universitários de ambos os sexos na faixa etária de 24 - 27 anos. Para avaliar o pico de torque usaram o aparelho isocinético Biodex (anexo II), diferentes velocidades de contrações foram utilizadas tanto na ação excêntrica quanto para concêntrica ($0.52 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$ e $3.14 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$) para ambos os movimentos de flexão e extensão de joelho. Em seus resultados foram encontradas diferenças significativas, sendo que o sexo masculino demonstrou uma relação de pico de torque maior que as mulheres para ambos os movimentos e velocidade. As mulheres demonstraram maior capacidade de gerar torque excêntrico em relação ao sexo masculino, esse resultado foi atribuído a uma menor capacidade de gerar torque concêntrico pelas mulheres. Os autores sugerem que a estabilização da articulação do joelho durante o movimento de flexão, combinado com alta ação excêntrica dos extensores de joelho, são inferiores nas atletas femininas em comparação aos do sexo masculino, podendo estas ter maior incidência de ruptura de LCA, devido uma maior translação anterior da tibia.

6. Considerações finais

O presente estudo de revisão bibliográfica nos permite constatar que na literatura ainda existe algumas divergências e concordâncias a respeito das diferenças biomecânicas e neuromusculares de extensores e flexores do joelho na ruptura de LCA entre gêneros. Tanto para análise na manobra esportiva drible lateral com corrida prévia quanto para o movimento isolado de extensão e flexão do joelho, todos os trabalhos enfatizam a importância do equilíbrio muscular entre extensores e flexores de joelho para prevenção de ruptura do LCA. Em sete de oito trabalhos apresentados as atletas têm demonstrado um menor torque concêntrico de flexores de joelho em comparação ao seu agonista, quadríceps. Somente um artigo defende que nas atletas testadas em seu experimento, não houve uma menor ativação de flexores em comparação aos extensores de joelho para a manobra esportiva drible lateral com corrida prévia, entretanto neste estudo não aconteceu uma comparação entre grupos de sexo apostos.

Nos dois artigos que analisaram a relação entre pico de força gerado e angulação da articulação, houve um consenso, concluíram que a maior participação dos flexores para evitar uma maior translação anterior e rotação interna da tibia seria num ângulo de 30° de extensão completa.

No estudo que a comparou da maturidade do indivíduo e seu nível de força muscular para extensão e flexão de joelho, os garotos maduros desenvolvem uma força mais harmônica entre flexores e extensores do joelho quando comparados ao sexo apostos, não acontecendo o mesmo na fase de imaturidade em que as forças são proporcionais em ambos os sexos.

Nos métodos de análise podemos constatar que somente a avaliação através do instrumento KT -1000, não é suficiente para constatar as diferenças neuromusculares e biomecânicas entre extensores e flexores de joelho, que o ideal seria uma combinação de vários aparelhos de análises como Biodex e eletromiografia.

Em conclusão observamos entre todos os artigos um discurso predominante, que uma das principais causas do aumento de lesão de LCA no sexo feminino é a combinação do aumento da ativação de quadríceps

principalmente na fase excêntrica e decréscimo da ativação dos flexores de joelho.

Para um estudo futuro seria interessante analisar no mesmo experimento a manobra esportiva corrida prévia com drible lateral e o movimento isolado de extensão e flexão de joelho.

7. Tabela resumo dos artigos pesquisados

Tabela de revisão dos artigos pesquisados			
Título	Autores/ Ano	Metodologia	Resultados/ Discussão
Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension.	AAGAARD,E. et al (2000).	*Objetivo: Analisar o desempenho máximo de extensão e flexão de joelho. *Amostra: 16 atletas do sexo masculino. *Instrumentos: Aparelho Iso cinético e eletromiografia	Entre 30-10° de extensão completa de joelho os isquiotibiais corresponderam a 30 - 75% do momento de força. Evitando assim um cisalhamento anterior e uma rotação interna da tíbia induzidas pelas forças de contração do quadríceps perto extensão completa do joelho.
Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity.	AHMAD, C. S. et al (2006).	*Objetivo: Analisar a frouxidão da articulação do joelho e força máxima de extensão e flexão de joelho. *Amostra: 123 atletas (53 F e 70 M) * Instrumentos: KT-1000 e Dinamômetro isocinético manual (anexo III e IV)	Com aumento da maturidade houve um significativo ganho de força muscular de quadríceps e ísquios em ambos os sexos. Entretanto garotos demonstraram maior porcentagem de força de ísquios quando comparados com as garotas. Atletas do sexo feminino após a menarca aumentam a sua força de quadríceps superior à sua força de ísquios, colocando em risco o ligamento cruzado anterior.
.A comparison of factors in. uencing ACL injury in male and female athletes and non-athletes.	BOWERMAN,S.J.etal (2006).	*Objetivo: analisar a frouxidão da articulação do joelho e força máxima de extensão e flexão de joelho. *Amostra: 34 atletas (27 F e 27 M) *Instrumentos: KT-1000 e isocinético Biodex (anexo III e II)	Não houve diferenças significativas em entre homens e mulheres no teste de frouxidão articular. Atletas do sexo masculino produzem maior peak de torque de quadríceps e ísquios comparados ao sexo feminino. Sugerem que a frouxidão articular não é parâmetro para afirma a alta incidência de lesões no LCA em mulheres, porém diferenças entre peak de torque pode influenciar esse tipo de

			lesão.
Functional eccentric-concentric ratio of knee extensors and flexors in pre-pubertal children, teenagers and adult males and females	CROIX, M.S.; DEIGHAN, M.; ARMSTRONG, N (2007).	*Objetivo: examinar diferenças de torque entre extensores e flexores de joelho em sujeitos de diferentes idades e sexo. *Amostra: 121 sujeitos de faixas etárias diferentes e de ambos os sexos. *Instrumento: Isocinético	Atletas femininas tiveram significativamente menor relação de torques concêntrico/ excêntrico do que os meninos nas duas velocidades de execução em todas as faixas etárias. Uma menor relação de torque concêntrico / excêntrico no sexo feminino é um resultado da baixa contração concêntrica fazendo oposição ao alto torque excêntrico para ambos os movimentos.
Developments in the use of the hamstring/ quadriceps ratio for the assessment of muscle balance	COOMBS, R.; GARBUTT, G (2002).	* Artigo de Revisão	
The Familial Predisposition Toward Tearing the Anterior Cruciate Ligament: A Case Control Study.	FLYNN, R, K. et al (2005).	* Estudo de caso	Os resultados deste estudo são consistentes quanto uma pré- disposição familiar para lesões do ligamento cruzado anterior.
Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005.	GRIFFIN, Y, L. et al. (2006).	* Artigo de Revisão	
Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors.	HEWETT, E.T. et al(2006).	* Estudo de caso	As alterações músculo-esqueléticas podem provocar alterações na frouxidão ligamentar e diminuição da estabilidade articular dinâmica do joelho, elevando assim o risco de lesões de LCA em atletas do sexo feminino.

			Treinamento neuromuscular em atletas do sexo feminino tem demonstrado que o aumento de estabilização ativa do joelho no laboratório diminui a incidência de lesão do LCA.
The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL.	LI, G. et al (1999)	* Objetivo: analisar a importância das forças aplicadas no quadríceps e nos flexores durante a cinemática do joelho e suas consequências no LCA. * Amostra: dez joelhos de cadáveres. * Instrumentos: robótica universal (Anexo I)	Quando aplicada uma carga isoladamente no quadríceps, acontece uma translação anterior da tíbia aumentada principalmente para o ângulo de 30° de flexão. Porém, quando aplicada uma carga simultaneamente nos extensores e flexores, a translação anterior foi reduzida em todos os ângulos testados.
The effect of hamstring muscle compensation for anterior laxity in the ACL-deficient knee during gait	LIU, W.; MAITLAND, E, M (2000).	* Objetivo: analisar em um modelo temático tridimensional as forças atuantes no joelho durante a marcha.	As forças dos músculos ísquiotibiais mostraram ser capaz de compensar uma possível frouxidão do ligamento cruzado anterior, entretanto para acontecer essa estabilização é preciso um nível relativamente elevado de torque de força.
Neuromuscular and lower limb biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated side-cut maneuver.	LANDRY, S, C. et al (2007a).	*Objetivo: Identificar diferenças biomecânicas e neuromusculares para atletas de futebol de ambos os sexos na tarefa drible lateral. * Amostra: 42 sujeitos (21 H e 21 F) * Instrumentos: Cinemática 3D, eletromiografia	As atletas femininas demonstraram um aumento da atividade elétrica do reto femoral e redução dos flexores de joelho quando comparadas ao sexo oposto, isso pode ser uma contribuição para as altas lesões de LCA observadas em atletas femininas.
Neuromuscular and lower limb	LANDRY, S, C. et al (2007b).	*Objetivo: Identificar diferenças biomecânicas e neuro-	As atletas femininas demonstraram um aumento

<p>Biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated Run and crosscut maneuver.</p>		<p>musculares para atletas de futebol de ambos os sexos na tarefa drible lateral. *Amostra: 42 atletas (21 F e 21 H) *Instrumentos: Cinemática 3D, eletromiografia</p>	<p>da atividade elétrica do reto femoral e redução dos flexores de joelho quando comparadas ao sexo oposto, isso pode ser uma contribuição para as altas lesões de LCA observadas em atletas femininas.</p>
<p>A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks.</p>	<p>MALINZACK, A, R. et al (2001)</p>	<p>*Objetivo: Analisar respostas neuromusculares e biomecânicas de membros inferiores de atletas de ambos os sexos para diferentes tarefas desportivas *Amostra 20 Sujeitos (9 F e 11 H) *Instrumentos: Cinemática 3D, eletromiografia</p>	<p>As atletas femininas tiveram um aumento da atividade elétrica de quadríceps em comparação aos homens com uma diferença de 17% a 40%, entretanto observou um decréscimo na atividade elétrica dos ísquios surais em comparação ao sexo oposto de até 20%.</p>
<p>Effect of muscle compensation on knee instability during ACL-deficient gait.</p>	<p>SHELBURNE, B, K.; TORRY, R, M.; PANDY, G, M (2005).</p>	<p>* Objetivo: analisar em um modelotemático tridimensional as forças atuantes no joelho durante a marcha.</p>	<p>As simulações no modelo temático mostrou-se que a força dos isquiotibiais aumentada foi suficiente para estabilizar o joelho durante a marcha, conseqüentemente preservando o LCA.</p>
<p>Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver?</p>	<p>SIMONSEN, E, B. et al (2000).</p>	<p>* Objetivo: analisar o gesto esportivo corrida prévia com drible lateral *Amostra: 9 atletas do sexo feminino *Instrumentos: Plataforma de força e eletromiografia</p>	<p>Durante a fase de freada do gesto desportivo o quadríceps contraiu excentricamente como uma velocidade de 216 a 253% do comprimento da fibra, em contraste os flexores contraíram concentricamente com uma velocidade de 222 a 427% do comprimento da fibra e que a rápida contração dos flexores nestas atletas durante a manobra desportiva é importante para minimizar</p>

			uma sobrecarga no ligamento cruzado anterior de joelho.
Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players.	ROZZI, S, L. et al (1999)	* Objetivo: analisar características neuromusculares entre extensores e flexores de joelho e a translação anterior da tíbia entre jogadores de futebol de campo e basquetebol. * Amostra: 34 atletas (17 H e 16 F) * Instrumentos: Dinamômetro isocinético Biodex e KT1000 (anexo II e III)	Os resultados mostraram uma diferença significativa na translação anterior da tíbia das mulheres em comparação aos homens, entretanto para o pico de torque muscular não acharam diferenças significativas para os extensores e flexores de joelho entre os sexos,
The relationship between quadriceps muscle force, Knee flexion, and anterior cruciate ligament strain in an in vitro simulated jump landing.	WITHROW, T, J. et al (2006)	* Objetivo: quantificar a associação entre a força de impacto, a força de quadríceps, o ângulo de flexão do joelho e a deformação do ligamento cruzado anterior na tarefa salto com aterrissagem unipodal. * Amostra: 11 joelhos de cadáveres * Instrumento: Dispositivo de ensaio (anexo V)	O aumento da flexão do joelho e da força do músculo quadríceps durante um simulado influenciou fortemente a deformação do ligamento cruzado anterior. Sugerem que, mesmo na presença de forças dos músculos flexores do joelho, o aumento da força de extensores de joelhos necessária para impedir a flexão do joelho durante a aterrissagem, pode colocar o ligamento cruzado anterior em risco.

8. Referências Bibliográficas

AAGAARD, E. et al. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. **Scand J Med Sci Sports.**, vol 10, p. 58–67, 2000.

AHMAD, C. S. et al. Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 34, p. 370- 374, 2006.

BOWERMAN, S.J. et al. A comparison of factors influencing ACL injury in male and female athletes and non-athletes. **Physical Therapy in Sport.**, vol 7, p. 144-152, 2006.

CROIX, M.S.; DEIGHAN, M.; ARMSTRONG, N. Functional eccentric-concentric ratio of knee extensors and flexors in pre-pubertal children, teenagers and adult males and females. **Int J Sports Med.**, vol 28, p. 768–772, 2007.

COOMBS, R.; GARBUTT, G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. **Journal of Sports Science and Medicine.**, vol 1, p. 56-62, 2002.

FLYNN, R, K. et al. The Familial Predisposition Toward Tearing the Anterior Cruciate Ligament: A Case Control Study. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 33, p. 23- 28, 2005.

GRIFFIN, Y, L. et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II Meeting, January 2005. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 34, p. 1512- 1532, 2006.

HEWETT, E.T. et al. Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: Part 1, Mechanisms and Risk Factors. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 34, p. 299 – 311, 2006.

LI, G. et al. The importance of quadriceps and hamstring muscle loading on knee kinematics and in-situ forces in the ACL. **Journal of Biomechanics.**, vol 32, p. 395-400, 1999.

LIU, W.; MAITLAND, E, M. The effect of hamstring muscle compensation for anterior laxity in the ACL-deficient knee during gait. **Journal of Biomechanics.**, vol 33,p. 871-879, 2000.

LANDRY, S, C. et al. Neuromuscular and lower limb biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated side-cut maneuver. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 35, p. 1888 – 1900, 2007.

LANDRY, S, C. et al. Neuromuscular and lower limb Biomechanical differences exist between male and female elite adolescent soccer players during an unanticipated Run and crosscut maneuver. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 35, p. 1901 – 1911, 2007.

MALINZACK, A, R. et al. A comparison of knee joint motion patterns between men and women in selected athletic tasks.**Clinical Biomechanics.**, vol 16, p. 438-445, 2001.

SHELBURNE, B, K.; TORRY, R, M.; PANDY, G, M. Effect of muscle compensation on knee instability during ACL-deficient gait. **Medicine & Science In Sports & Exercise.**, vol 37, p. 642-648, 2005.

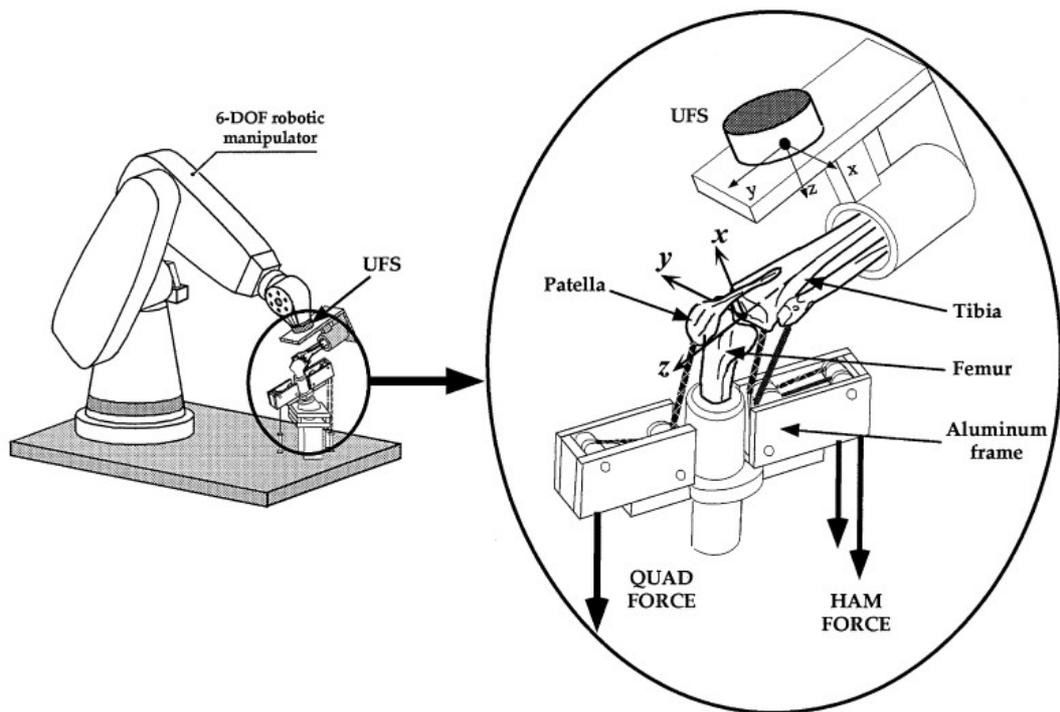
SIMONSEN, E, B. et al. Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver?. **Scand J Med Sci Sports.**, vol 10, p. 78-84, 2000.

ROZZI, S, L. et al. Knee joint laxity and neuromuscular characteristics of male and female soccer and basketball players. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 27,p. 312- 319, 1999.

WITHROW, T, J. et al. The relationship between quadriceps muscle force, Knee flexion, and anterior cruciate ligament strain in an in vitro simulated jump landing. **American Journal of Sports Medicine.**, vol 34, p. 269- 274, 2006.

9. Anexos

Anexo I



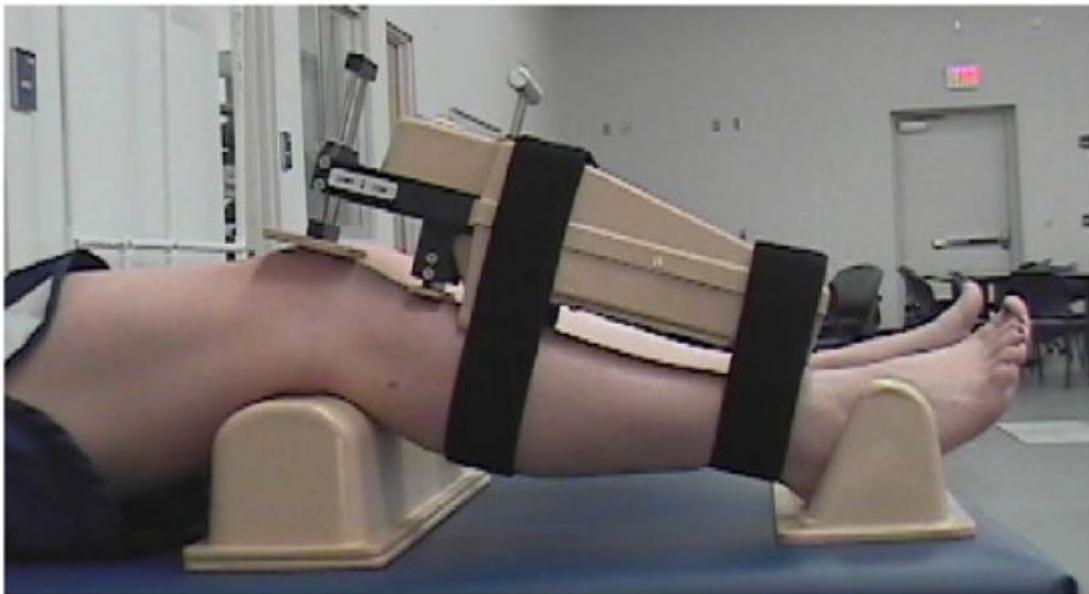
A robótica / UFS teste com sistema de polias para a aplicação de cargas no músculo.

Anexo II



Dinamômetro isocinético Biodex

Anexo III



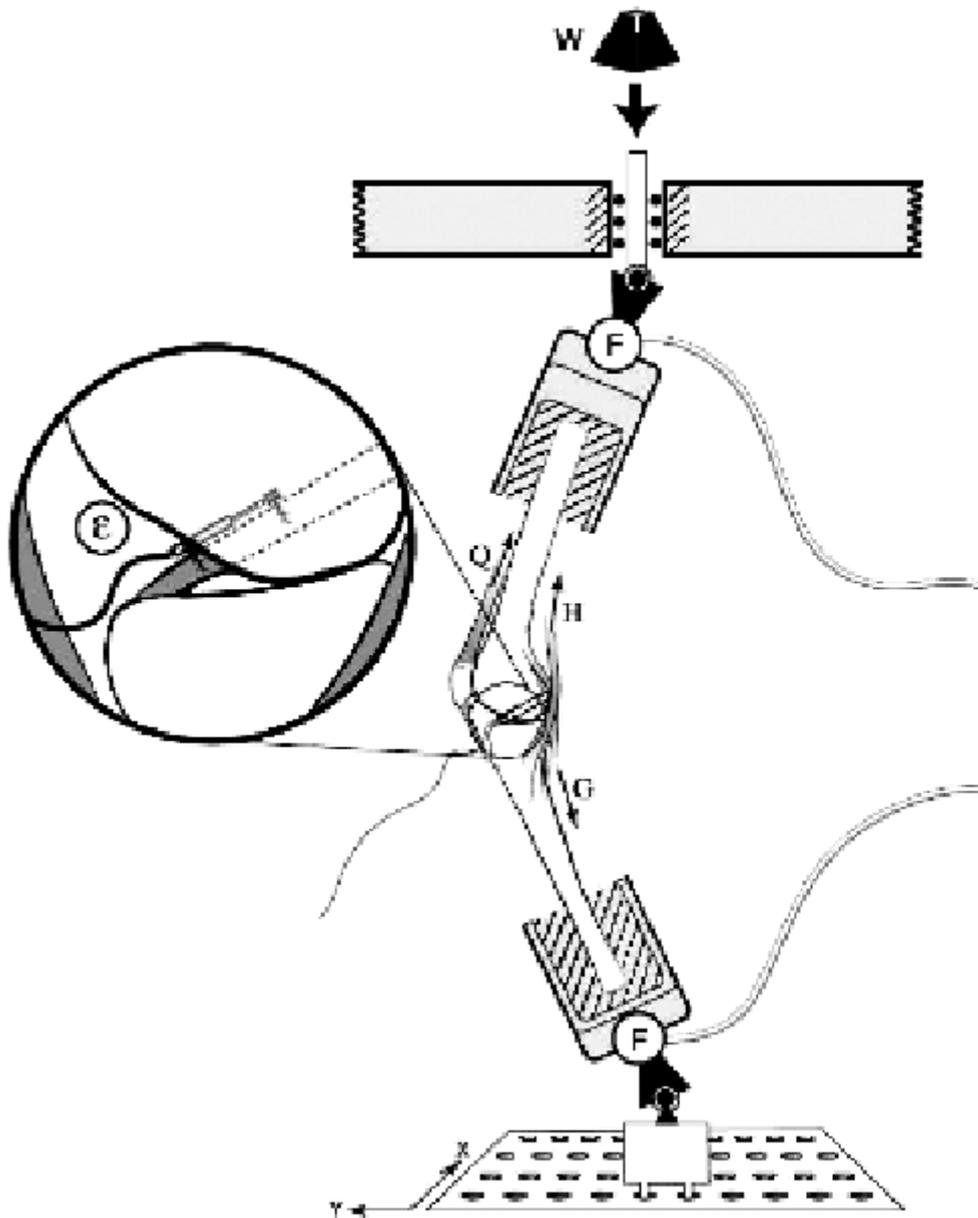
KT – 1000

Anexo IV



Dinamômetro isocinético manual

Anexo V



Dispositivo esquemático de ensaio