

## ANÁLISE CINÉTICA E CINEMÁTICA DA MARCHA E DA CORRIDA EM INDIVÍDUOS COM LESÃO E RECONSTRUÇÃO DO LIGAMENTO CRUZADO POSTERIOR : UM ESTUDO EXPLORATÓRIO

**Wagner Monteiro**<sup>1,2</sup>, **Francisco Marcelo A. Ribeiro**<sup>1,2</sup>, **Charli Tortoza**<sup>2</sup>, **Carlos Alberto Cury Faustino**<sup>3</sup>, **Wilson Mello Alves Jr**<sup>4</sup>, **Ismael Fernando Carvalho Fatarelli**<sup>2</sup>

1 – Curso de Fisioterapia - FCS - Universidade do Vale do Paraíba - 12245-720 - São José dos Campos - SP - Brasil Rua Serimbura, 245 - Jardim Maringá - 12243-360 - [wmfisio@hotmail.com](mailto:wmfisio@hotmail.com)

2 – Laboratório de Biodinâmica - FCS - Universidade do Vale do Paraíba - Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova - 12244 - 000 - São José dos Campos - SP - Brasil - [ismael@odin.unaerp.br](mailto:ismael@odin.unaerp.br)

3 – Orthoservice S/C LTDA - Av. Tívoli, 433 - Vila Betânia - 12245-230 - São José dos Campos, SP - [cacury@iconet.com.br](mailto:cacury@iconet.com.br)

4 – Centro Médico de Campinas - [wmelloa@globo.com](mailto:wmelloa@globo.com)

**Palavras – Chave:** Cinética, Cinemática, Ligamento Cruzado Posterior, Marcha.

**Área do Conhecimento:** Ciências da Saúde

O objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento cinético e cinemático durante a marcha com (10%) e sem inclinação (0%) e da corrida sem inclinação em indivíduos controle (n=2), com lesão (n=2) e com reconstrução (n=2) do ligamento cruzado posterior (LCP). Os resultados foram obtidos a uma velocidade da marcha de 3 km/h (0% e 10% de inclinação) possibilitando inferir que nos dois indivíduos com lesão do ligamento cruzado posterior as variáveis cinéticas (impulso e taxa de aceitação de peso) tendem a se apresentar menor e maior respectivamente, quando comparadas com indivíduos dos grupos controle e reconstruído. Com relação às variáveis cinemáticas da marcha, não foram encontradas alterações entre os três grupos investigados com e sem inclinação. Este estudo mostra indícios de possíveis alterações cinéticas em indivíduos com lesão do LCP durante atividades funcionais relacionadas à marcha.

### 1. INTRODUÇÃO

O estudo da cinemática da marcha humana, tem a função de descrever a posição, velocidade e aceleração dos segmentos corporais durante o movimento, sem levar em consideração as forças atuantes para a realização do mesmo (AMADIO & SERRÃO, 1996). De forma complementar, a análise cinética da marcha é essencial para mensuração e interpretação das forças atuantes durante a realização da locomoção humana (MEGLAN & TODD, 1998). Para o estudo e análise do movimento humano, utilizam-se indicadores como as medidas da força de reação do solo que representam uma das grandezas fundamentais para análise do movimento humano. Esta grandeza é a soma vetorial da aceleração da massa de todos os segmentos corporais, ou seja, a resultante de todas as forças musculares, ligamentares, articulares, ósseas e gravitacionais atuando em cada instante, durante a fase de apoio (WINTER, 1991).

Mensurações da cinemática do movimento humano têm-se demonstrado extremamente úteis para possibilitar avaliar alterações funcionais

associadas às disfunções motoras durante a locomoção (ANDRIACCHI *et. al.*, 1990).

Sendo o joelho uma articulação parcialmente instável, o Ligamento Cruzado Posterior, devido a sua propriedade viscoelástica, possui a função de restringir os movimentos translacionais e rotacionais nesta articulação (FU *et. al.*, 1993). NOYES *et. al.*, (1980) enfatizam que o LCP possui a função de restritor da translação posterior da tíbia em relação ao fêmur, ajudando também a controlar os estresses em varo e valgo impostos a esta articulação. A lesão do LCP, pode também provocar prejuízos às propriedades neurosensoriais da articulação do joelho (JOHANSSON *et. al.*, 1991). RASMUSSEN *et. al.*, (2001) investigaram a influência da estimulação elétrica do LCP durante a marcha em humanos. Estes autores verificaram que ao se aplicar um estímulo elétrico no LCP durante a realização de movimentos ativos de extensão e flexão do joelho, a atividade eletromiográfica do quadríceps e dos ísquios-tibiais, tende a diminuir tanto na extensão como na flexão, sendo esta diminuição mais acentuada durante a realização dos movimentos de flexão. Este resultado indica um processo de inibição da contração muscular, tanto

do quadríceps quanto dos ísquios-tibiais, demonstrando um possível mecanismo compensatório de inibição reflexa através do LCP, na tentativa de garantir a integridade articular. DEVITA *et. al.*, (1997), indicaram alterações na cinemática, durante a marcha, em indivíduos com lesão do LCA. Em geral, os indivíduos com lesão do LCA apresentaram um padrão flexor durante a fase de apoio nas articulações do joelho e quadril. Porém, poucos estudos foram realizados demonstrando alterações biomecânicas da marcha em indivíduos com lesão e/ou reconstrução do LCP. Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi analisar o comportamento cinético e cinemático durante a marcha com e sem inclinação e da corrida sem inclinação; em indivíduos com lesão e reconstrução do ligamento cruzado posterior. As hipóteses deste trabalho, são fundamentadas nas seguintes considerações:

**Hipótese 1** – durante a marcha e a corrida, o grupo lesado apresentará um impulso menor em relação ao grupo controle e reconstruído. Esta alteração poderá ocorrer devido aos pacientes com lesão do LCP alterarem a dinâmica da deambulação a fim de evitar uma tensão excessiva no membro acometido pela lesão deste ligamento.

**Hipótese 2** – Quando acrescentarmos a inclinação de 10% durante a marcha, a relação entre primeiro e segundo pico de força, aumentará. Este aumento será mais evidenciado no grupo lesado que nos demais grupos, pois a lesão do LCP, irá gerar um aumento da ativação do músculo quadríceps no sentido de evitar a translação posterior da tíbia em relação ao fêmur. Esta maior ativação do quadríceps provocará um aumento na força responsável pela impulsão do corpo, na tentativa de vencer a ação da gravidade e deslocar o centro de massa para a frente. O incremento da impulsão nos indivíduos com lesão do LCP, será refletido no aumento do segundo pico da força vertical resultante.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Participaram do estudo 06 voluntários, divididos em 3 grupos. O primeiro grupo foi composto por indivíduos controle sem história de lesão ligamentar e/ou meniscal em ambos os joelhos (n=2). O segundo por indivíduos com lesão combinada ou isolada do LCP (n=2). Estes indivíduos tinham um tempo mínimo de 6 meses de história da lesão e sem história de cirurgia. O terceiro grupo foi constituído por indivíduos que foram submetidos à reconstrução do Ligamento Cruzado Posterior (n=2) com um tempo mínimo de 12 meses pós reconstrução do Ligamento Cruzado Posterior.

Todos os pacientes foram encaminhados após a lesão ser diagnosticada clinicamente e confirmada pelo exame de Ressonância Magnética.

Os critérios de seleção utilizados foram: todos os indivíduos do grupo controle apresentaram negatividade nos testes ligamentares e meniscais do joelho. Os indivíduos do grupo lesado apresentaram positividade nos testes da Gaveta Posterior (LOSEE 1983) e Pivot Shift Test reverso (GALWAY *et. al.* 1972). O grupo constituído por indivíduos reconstruídos apresentou negatividade nos testes ligamentares, e ausência de artrofibrose na articulação do joelho (SHELBOURNE, 1991).

Todos os voluntários foram informados a respeito do experimento, e conscientizados sobre os objetivos e riscos do presente trabalho.

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Biodinâmica da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP.

## Instrumentos

Para realizar a coleta de dados referentes à marcha foi utilizada uma Esteira Rolante Instrumentada do Sistema Gaitway®, com Plataformas de Força com Sensores Piezoelétricos - Kistler®. Esta esteira possibilita controlar a velocidade e a inclinação durante a marcha e corrida e registrar as variáveis relacionadas à componente vertical da Força de Reação do Solo (FRS).

## Procedimento Experimental

O procedimento experimental durante a coleta dos dados constou primeiramente de uma fase de adaptação de todos os indivíduos durante a marcha na esteira. O tempo de adaptação foi estipulado em 10 minutos de caminhada na esteira antes de cada coleta (MATSAS *et. al.*; 2000). Foi realizada 1(uma) coleta com cinco aquisições de dados para cada indivíduo, a uma frequência de amostragem de 1000 Hz, durante um tempo de 10 (dez) segundos para cada aquisição. As inclinações utilizadas para as coletas foram de 0° (0% de inclinação) e 5.74° (10% de inclinação), para a marcha, e a uma velocidade de 3 km/h, e em uma inclinação de 0° para corrida, a uma velocidade de 7 km/h. O intervalo de tempo estipulado entre cada aquisição foi de 1(um) minuto.

## Variáveis Analisadas

Para análise da marcha e da corrida humana, foram quantificadas as variáveis derivadas da componente vertical da FRS. Estas variáveis foram divididas em 02 (dois) grupos, e estão descritas abaixo:

### Variáveis Cinéticas<sup>1</sup>

- **Primeiro Pico de Força:** Corresponde ao valor absoluto máximo para o primeiro pico da curva força vertical x tempo. Ocorre na primeira metade do tempo de contato, durante o apoio do pé no solo.
- **Segundo Pico de Força:** Valor absoluto máximo para o segundo pico da curva força vertical x tempo. Ocorre na segunda metade do tempo do contato, durante a retirada do pé do solo.
- **Taxa de Aceitação de Peso:** Representa o valor do primeiro pico de força dividido pelo tempo para o primeiro pico, representando o quanto a força varia em função do tempo no momento do apoio do pé ao solo.
- **Impulso:** é a integral da curva de força de reação do solo em relação ao tempo de apoio do pé.

### Variáveis Cinemáticas

- **Tempo de Duplo Apoio:** tempo no qual o corpo é suportado por ambos os pés e corresponde ao contato inicial do calcanhar de um dos pés até a retirada do pé contralateral.
- **Tempo do Passo:** Corresponde a duração do tempo do contato inicial do calcanhar de um dos pés para o próximo contato inicial do calcanhar do pé oposto.
- **Tempo da Passada:** Corresponde ao tempo de duração do contato inicial de um dos pés para o próximo contato inicial do calcanhar do mesmo pé.
- **Cadencia:** Corresponde ao número de passos por minuto, baseado em cada tempo para uma única passada.
- **Tempo de Apoio Simples:** Corresponde ao período de tempo no qual o corpo está apoiado apenas por um dos pés.
- **Tempo de Contato:** Corresponde a duração do contato inicial do pé até a retirada do mesmo pé de uma superfície.

### Análise das variáveis

As unidades referentes à cinética e cinemática são expressas respectivamente em N (Newtons) e s (segundos).

### Normalização

A normalização dos sujeitos foi realizada, considerando duas variáveis. Os valores relativos à cinemática foram normalizados pelo tempo da passada. Já os valores que representam as variáveis cinéticas pelo peso do indivíduo.

### 3. RESULTADOS

Os resultados do presente estudo, obtidos através da análise dos dados a uma velocidade de 3 km/h a 0% e a 10% de inclinação indicam que para indivíduos que apresentam lesão do LCP, a variável cinética - impulso tende a se mostrar alterada. Esta variável apresentou-se visualmente menor quando foram comparados os dois indivíduos com lesão do LCP com os indivíduos do grupo controle e reconstruído (Gráfico 1). Com relação às variáveis cinemáticas da marcha, não foram encontradas alterações entre os três grupos investigados a 0% e a 10% de inclinação. Já os valores da taxa de aceitação de peso, tenderam a se apresentar maiores para os indivíduos do grupo com lesão do ligamento cruzado posterior e para um indivíduo do grupo reconstruído, quando analisados a 0% e a 10% de inclinação (gráfico 2).

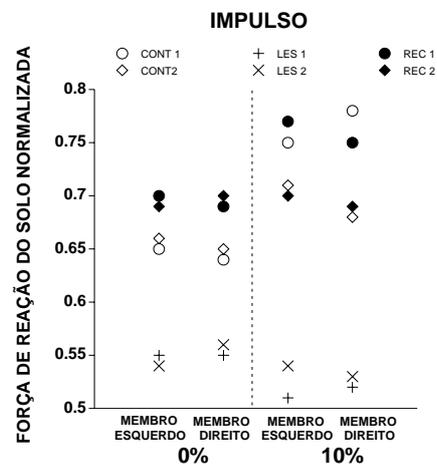


Gráfico 1 – Valores da variável cinética impulso a inclinações de 0% e 10% respectivamente. (grupos controle –CONT-; com lesão do LCP –LES- e com reconstrução do LCP -REC-)

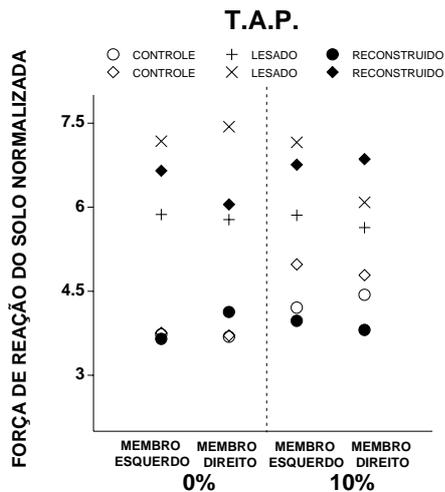


Gráfico 2 – Valores relacionados a variável cinética Taxa de aceitação de peso a inclinação de 0% e 10% respectivamente. (grupos controle – CONT-; com lesão do LCP –LES- e com reconstrução do LCP -REC-)

#### 4. DISCUSSAO

Os resultados deste estudo indicam um aumento da taxa de aceitação de peso e diminuição do impulso respectivamente, em indivíduos com lesão do ligamento cruzado posterior. Segundo WINTER (1983), existem inúmeros fatores que podem ocasionar variações nos parâmetros fisiológicos da marcha humana, dentre eles estão: inclinação do terreno, disfunções anatômicas e alterações no centro de massa. Em nosso experimento trabalhamos com pelo menos duas destas possibilidades, sendo a alteração do centro de massa uma hipótese forte para justificar os fenômenos encontrados durante a análise do experimento. Alterações do centro de massa, devido às lesões no LCP, provocadas principalmente, por processos de inibição da contração muscular, tanto do quadríceps quanto dos ísquios-tibiais, tendem a alterar a dinâmica da deambulação a fim de evitar uma tensão excessiva no membro acometido pela lesão deste ligamento. Sendo assim, os resultados encontrados em nosso experimento corroboram com a hipótese inicial. Porém, a alteração no impulso, foi encontrada apenas durante a marcha a 0% e a 10% de inclinação. A própria inclinação poderia ser um fator a se levar em consideração, pois a mesma pode levar a alterações no centro de massa destes indivíduos. Entretanto para a realização deste experimento utilizou-se um número reduzido de indivíduos em todos os grupos analisados. O próximo passo é aumentar a população estudada, visando uma análise estatística dos resultados. Contudo, um dos

grandes fatores que dificultam este tipo de análise é a obtenção da amostra devido a dificuldade em se achar indivíduos com lesão deste ligamento.

#### 5. CONCLUSÃO

Este trabalho possibilita evidenciar alguns indícios de que indivíduos com lesão do LCP *tendem* a apresentar alterações nas variáveis cinéticas relativas ao impulso e a taxa de aceitação de peso durante a realização da marcha a 0% e a 10% de inclinação. Nestes indivíduos, entretanto, as variáveis cinemáticas mostraram-se inalteradas durante a marcha e a corrida, com e sem inclinação. É possível que este fato ocorra devido ao tempo de lesão, pois, quanto maior for este tempo, os mecanismos mecânicos e neuro-sensoriais de adaptação são favorecidos. Assim, apesar dos dados apresentados não terem possibilitado identificar alterações cinemáticas durante as atividades funcionais investigadas, é provável que durante a realização de atividades mais estressantes para a articulação do joelho, como movimentos acentuados de rotação articular, estas alterações possam ser quantificadas. Estes aspectos podem interferir diretamente nos resultados obtidos. Contudo, o presente estudo baseou-se em uma análise exploratória das características cinéticas e cinemáticas da marcha e da corrida, em indivíduos com lesão do LCP. Há de se ressaltar que poucos trabalhos apresentados na literatura demonstram quais alterações esta população possa apresentar durante a realização de atividades básicas como andar, subir ladeiras ou correr. Isto permite considerar que esta análise possa ser a primeira evidência para demonstrarmos o efeito de alterações cinéticas em indivíduos com lesão do LCP e suas possíveis repercussões para o aparelho locomotor durante a realização destes 03 (três) tipos de atividades.

#### 6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMADIO, A .C.; SERRÃO, J.C. Fundamentos biomecânicos para análise do movimento humano, 1ª ed., EEFUSP, SP, 1996. pp - 126.
2. ANDRIACCHI, T. P. Dynamics of pathological motion: applied to the anterior cruciate deficient knee. Journal of Biomechanics 23(Suppl 1): 99-105. 1990.

3. DEVITA, P.; HORTOBAGYI, T.; BARRIER, J. Gait Biomechanics are not normal after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction and Accelerated Rehabilitation. *Medicine e Science in Sports e Exercise*, vol. 30, n° 10, pp. 1481-8, 1998.
4. FISCHER - RASMUSSEN. T; KROGSGAARD. M.R; JENSEN, D.B; DYHRE – POULSEN, P. Muscle reflexes during gait elicited by electrical stimulation of the posterior cruciate ligament in humans. Sports Medicine Research Unit, Bispebjerg University Hospital, Kobenhavn NV, Denmark.. *J Orthop Res*; 20(3):433-8, 2002 May.
5. FU, F. H.; HARNER, C. D.; JOHNSON, D. L.; MILLER, M. D.; WOO, S. L. Y. Biomechanics of knee Ligaments. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. vol. 75-A, n° 11: 1717-27, 1993.
6. GALWAY, R. D.; BEAUPRÉ . A.; MACINTOSH, D. L. Pivot shift: a clinical sign of syntomatic anterior cruciate insufficiency. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, v.54-B, n.4, p.763, 1972.
7. JOHANSSON, H. P.; SJÖLANDER, et al. A sensory role for the cruciate ligaments. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 268: 161-177. 1991.
8. LOSEE, R. E. Concepts of the pivot shift. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, n.172, p.45-51, 1983
9. MATSAS, A.; TAYLOR, N.; McBURNEY, H. Knee Joint Kinematics from familiarised Treadmill Walking Can Be Generalised to Overground Walking in Young Unimpaired Subjects. *Gait & Posture*, vol. 11, n 1, pp. 46-53, 2000.
10. MEGLAN, D.; TODD, F.; Cinética da locomoção Humana. Cap. 4 (Marcha humana, 2ª ed.1998). editora premier. São Paulo.
11. NOYES, F. R.; BUTLER, D. L., et al. Intra-articular cruciate reconstruction perspectives on graft strenght, vascularization, and immediate motin after replacement. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(172): 71-77. 1980.
12. WINTER, D.A . Biomechanics of Normal and Pathological Gait. Implications for Understanding Human Locomotor Control. *Journal of Motor Behavior*. n. 4, p 337-355, 1983.
13. WINTER, D.A . The Biomechanics and Motor Control of Human Gait : normal, elderly and pathological. Ed. Ontário, Canadá, University of Waterloo Press, 1991.

