

## DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE UM MODELO *IN SILICO* DA ARTICULAÇÃO DO JOELHO PARA O ESTUDO DO LCA

Carlos Anacleto<sup>1</sup>, João Oliveira<sup>2</sup>, José Simões<sup>3</sup>, J.C. Noronha<sup>3</sup>, António Ramos<sup>1</sup>

<sup>1</sup> TEMA, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Portugal

<sup>2</sup> Faculty of Medicine, University of Coimbra, Portugal

<sup>3</sup> ESAD, Matosinhos, Portugal

carlosanacleto@ua.pt; dr.jpoliveira@gmail.com; josesimoes@esad.pt; dr.jcnoronha@gmail.com;  
a.amos@ua.pt;

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomecânica, Ligamento Cruzado Anterior, modelo Multicorpo

### 1. INTRODUÇÃO

O Ligamento Cruzado Anterior (LCA) é o ligamento que apresenta maior incidência de rotura no joelho. Após a sua reconstrução, estima-se uma taxa de reincidência entre 3 e 11% após retorno à prática de desporto [1, 2]. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo *in silico* para estudar o comportamento do neo-LCA após a sua reconstrução e avaliar a importância da inclinação do túnel tibial nas forças geradas no ligamento e propor a metodologia mais indicada.

### 2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram desenvolvidos modelos virtuais da articulação do joelho com base em tomografia computadorizada e identificadas as diferentes estruturas ósseas, os meniscos e as estruturas ligamentares. O modelo foi posteriormente corrigido para identificar as principais estruturas e localização da reconstrução. Com base no modelo CAD foram desenvolvidos modelos multicorpo da articulação a 0° e a 90° de flexão com diferentes inclinações do túnel tibial, entre 40° e 60° na projeção sagital e 30° e 45° na projeção coronal.

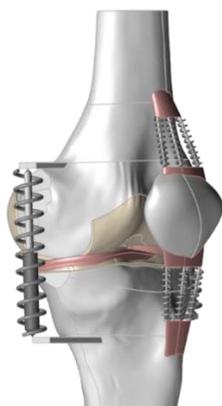


Figura 1- Modelo multicorpo da articulação joelho.

Tabela 1- Propriedades de rigidez.

Componente	E (MPa)	v
Cortical	19 650	0,30
Trabecular	800	0,26
Cartilagens	18,8	0,45
Meniscos	59	0,49
Tendão quadrícipital	370	0,49
Tendão patelar	2000	0,49
LCM	372	0,49
LCL	332	0,49
LCP	300	0,49
Neo-LCA	320	0,49

Para o comportamento dos ligamentos utilizados e descritos na tabela foram utilizadas molas. A figura 1 apresenta a imagem do modelo e a tabela 1 as propriedades de rigidez das diferentes estruturas.

### 3. RESULTADOS

A força obtida no neo-LCA ao longo da flexão apresenta uma curva de forças *in situ* semelhante a curvas descritas na literatura para as condições de pré-carga de 127 N e uma rigidez do LCA de 242 N/mm. A figura 2 apresenta a força no neo-LCA obtida em comparação com literatura. O valor máximo da força no ligamento ocorre a 30° de flexão do joelho com um valor máximo de 218 N. Este valor depende da pré-carga inicial do ligamento com uma variação máxima de 6 N.

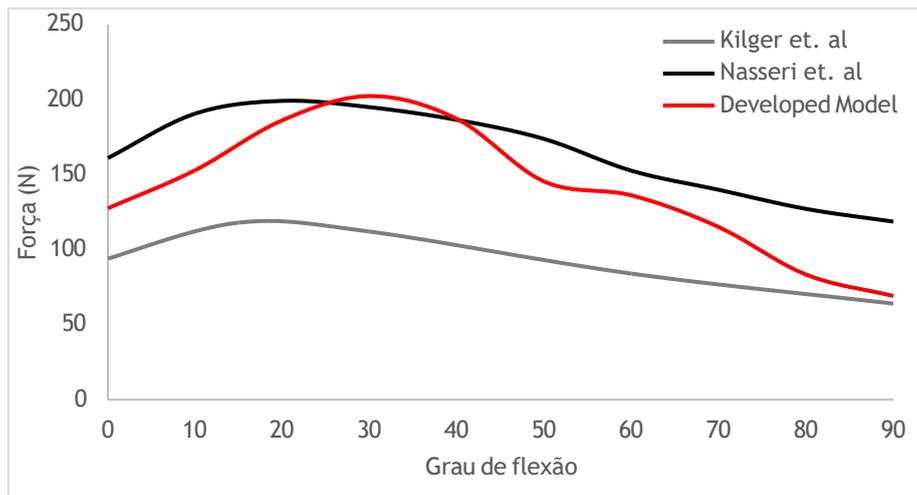


Figura 2- Forças obtidas no neo-LCA.

### 4. DISCUSSÃO

O modelo desenvolvido representa o comportamento das forças descrito na literatura e permitiu aferir a importância da inclinação do túnel tibial nas forças induzidas no neo-ligamento. Também foi avaliado o *footprint* tibial do LCA em função da inclinação túnel. O atrito entre superfícies de contacto não apresenta, aparentemente, influência significativa, mas a rigidez do ligamento apresenta-se como um fator muito importante, pois ligamentos com maior rigidez desenvolvem forças superiores.

### 5. CONCLUSÃO

Conclui-se que a inclinação do túnel tibial de 45° na projeção sagital com o plano transversal e 30° na projeção coronal com o plano sagital é a que permite obter menores pressões de contacto e tensões de corte no LCA, quer ao nível da entrada no túnel tibial, quer ao nível do túnel femoral. Conclui-se que o melhor local de posicionamento do túnel tibial no *footprint* do LCA será numa área parcialmente triangular entre o centro da posição nativa, a posição anterior (a 4 mm do centro) e a posição medial (a 2,5 mm do centro).

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento da FCT (<https://doi.org/10.54499/UIDB/00481/2020>).

### REFERÊNCIAS

- [1] Magnussen RA, Meschbach NT, Kaeding CC, Wright RW, Spindler KP. ACL Graft and Contralateral ACL Tear Risk within Ten Years Following Reconstruction: A Systematic Review. *JBJS Rev.* 2015 Jan 20;3(1).
- [2] R. H. P. Kilger, J. Stehle, J. A. Fisk, M. Thomas, K. Miura, and S. L. Y. Woo, "Anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction after valgus high tibial osteotomy: A biomechanical study," *American Journal of Sports Medicine*, vol. 34, no. 6, pp. 961–967, Jun. 2006.
- [3] A. Nasser, H. Khataee, A. L. Bryant, D. G. Lloyd, and D. J. Saxby, "Modelling the loading mechanics of anterior cruciate ligament," *Comput Methods Programs Biomed*, vol. 184, Feb. 2020.