ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DA SAÚDE DE LISBOA
INSTITUTO POLITÉCNICO DE LISBOA

IV Jornadas de Ortoprotesia da ESTeSL

ITTA – Influência da Torção Tibial em AFO's

Recurso a Tecnologia CAD e CAE

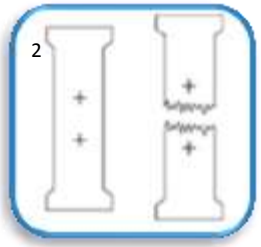
MANUEL ROLDÃO| JORGE SILVA | TIAGO VIAIS | PROF. JOSÉ PEDRO MATOS | PROF. DOUTOR ALBERTO VALE

2 de junho de 2018

Pertinência do Estudo

1 - AFO- Modelo Físico

- **PC:** 2 em cada 1000 indivíduos → 53 mil ortóteses prescritas por ano (EUA).[(1),(2)]
- **AVC:** 15 milhões de pessoas por ano → 1/3 incapacidade física permanente.[(3),(4)]



2 - Fratura de Material

- A alteração da posição neutra para a uma de dorsiflexão, a AFO irá ficar sujeita a uma fratura por stress de material na sua região posterior.[(5),(6)]

3 - Torção Tibial

- A avaliação da torção tibial é importante para a deteção precoce de algumas doenças do aparelho locomotor bem como a orientação do prognóstico.[(7)]

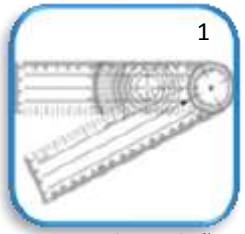
1- Fonte: Própria
2- Fonte: https://www.myodesie.com/wiki/index/returnEntry/id/3060
3- Fonte: *Staheli et al., 1985*

Questão

- Existe influência do valor da Torção Tibial na AFO?

Resposta / Metodologia

- Obtenção dos valores de Torção Tibial

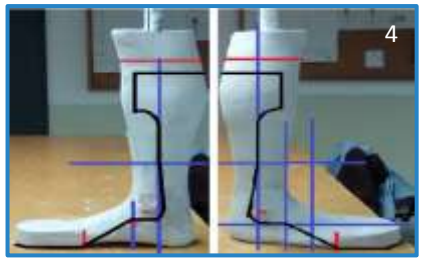


1 - Instrumento de Medição Indireta - Goniómetro

2- Instrumento de Medição Indireta - Fita Métrica

3- Instrumento de Medição Direta - Ressonância Magnética

- Obtenção do molde negativo e positivo
- Definição dos Contornos
- Termo moldagem e obtenção dos Contornos finais da AFO



4- Representação final dos contornos internos/externos da AFO

5- AFO 0.0º - Modelo Físico

- Reconstrução do modelo da AFO em *SolidWorks*®
- Introdução dos *inputs* e análise em *Ansys*®

6

6- Software CAD - *SolidWorks*®

7

7- Software CAE - Ansys ®

1 - :http://www.medjet.com.br/fotos/norm/gonimetro-20-cm-acrlico-cristal-2mm-de-espessura-trident-1.jpg
2 - http://www.fibracirurgica.com.br/fita-metrica-1-5-trena-macrolife/p
3 - http://cedial.com.br/portfolio-view/ressonancia-magnetica
4 - Fonte Própria
5 - Fonte Própria
6 - http://www.datakit.com/upload/actu/solidworks_logo.jpg
7 - https://johnkaisercalautit.files.wordpress.com/2013/02/ansys_logo.jpg?w=1200

Questão

- Que diferença existe entre os Métodos Indiretos e o Método Direto?

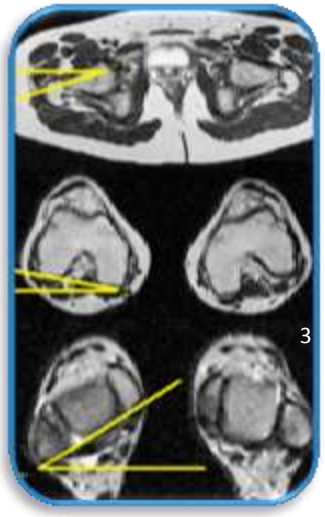
Obtenção de valores de Torção Tibial

Métodos Indiretos

Staheli & Engel, 1972

Staheli, Corbett, Wyss, & King, 1985

Método Direto



Koenig, Pring, & Dwek, 2012

1 - Fonte Própria
2 – Fonte Própria
3 - Koenig, Pring, & Dwek, 2012
4- https://thumbs.dreamstime.com/t/sinal-proibido-radia%C3%A7%C3%A3o-isolado-98410387.jpg

Resultados dos valores de Torção Tibial

Tabela 1 – Valores de torção Tibial, pela Metodologia Indireta e Direta nos membros inferiores esquerdos, nos 4 indivíduos em estudo.

Esquerdo	Indivíduo A	Indivíduo B	Indivíduo C	Indivíduo D
1º Método Indireto (1)	10,5º	20,6º	6,5º	28,8º
2º Método Indireto (2)	14,0º	11,5º	9,0º	15,0º
Método Direto (3)	25,7º	27,4º	30,9º	39,5º

Fonte: Própria

Tabela 2 – Valores de torção Tibial, pela Metodologia Indireta e Direta nos membros inferiores direitos, nos 4 indivíduos em estudo.

Direito	Indivíduo A	Indivíduo B	Indivíduo C	Indivíduo D
1º Método Indireto (1)	13,7º	21,8º	6,2º	29,5º
2º Método Indireto (2)	14,0º	11,0º	8,0º	16,0º
Método Direto (3)	29,3º	26,9º	31,7º	49,0º

Fonte: Própria

≈ valores padrão de altura e peso de um indivíduo do sexo masculino em Portugal (1,71 m e 69kg). (11)

Tabela 3 – Valores médios e de desvio padrão de torção Tibial, pela Metodologia Indireta e Direta nos membros inferiores direitos, nos 4 indivíduos em estudo.

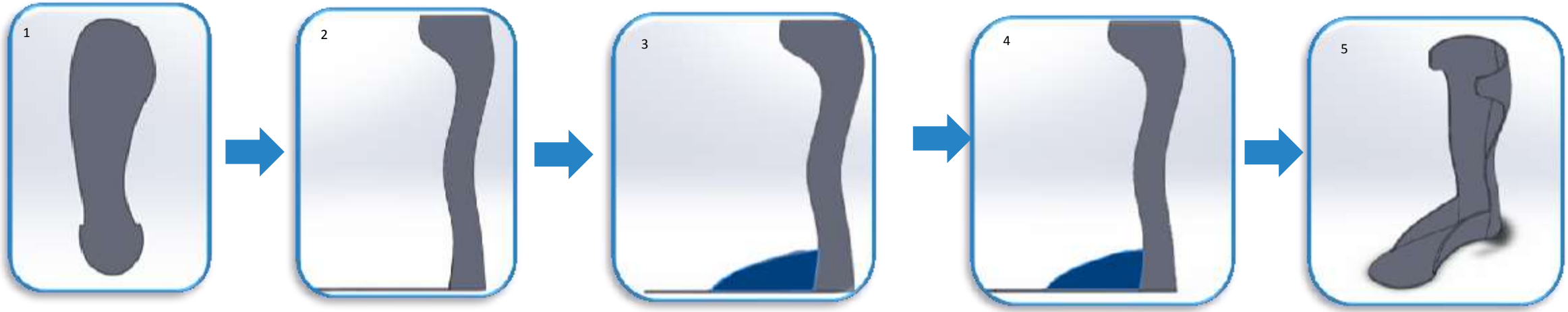
Valor T.T (Médios ± σ)	M.I. Esquerdo (graus)	M.I.Direito (graus)
1º M.Indireto	16,6 ± 10,1	17,8 ± 10,1
2º M. Indireto	12,4 ± 2,7	12,3 ± 3,5
	X e $\sigma > M_1$	X e $\sigma > M_1$
Métodos Diretos	30,9 ± 6,1	34,2 ± 10,0
	$X_{M.dirt} > X_{M.indirt1/2}$	$X_{M.dirt} > X_{M.indirt1/2}$
	$\sigma_{M.dirt} < \sigma_{M.indirt1}$	$\sigma_{M.dirt} \approx \sigma_{M.indirt1}$
	$\sigma_{M.dirt} > \sigma_{M.indirt2}$	$\sigma_{M.dirt} > \sigma_{M.indirt2}$

Fonte: Própria

Questão

- Qual a diferença entre tensões e deformações com diferentes valores de torção tibial nas AFO’S?

Reconstrução do modelo da AFO em *SolidWorks* ®



1 - Modelo computacional da base plantar da AFO

2 - Modelo computacional da região posterior e base plantar da AFO

3 - Modelo computacional da AFO - Arcada Interna

4 - Modelo computacional da AFO - Arcada Externa

5 - Modelo computacional final da AFO

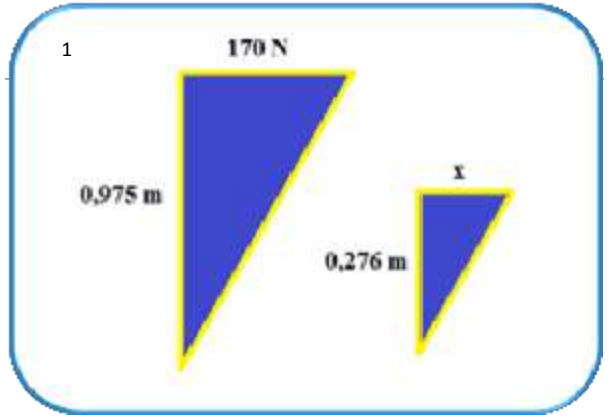
1,2,3,4 e 5 – Fonte Própria (imagem extraída do *software SolidWorks*®)

Introdução dos parâmetros no *software* CAE

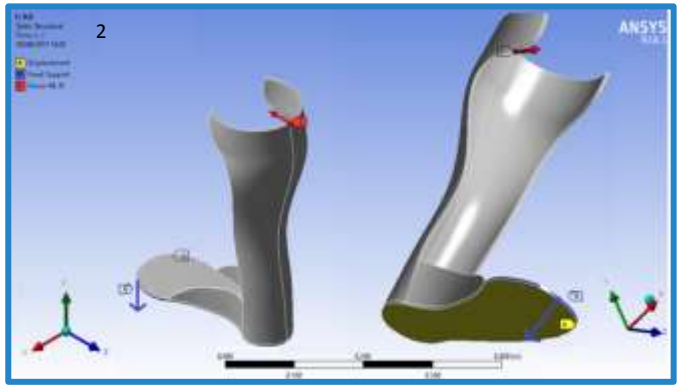
Tabela 4 – Resumo da Metodologia utilizada para introdução dos inputs em Ansys

Definição	Cálculo
Massa corporal do indivíduo	69 kg
Altura do individuo	1,71 m
Velocidade de marcha [12],[13],[14]	1,54 m/s
Cadência[12],[13],[14]	96 passos/min
Duração temporal de um passo [12],[13],[14]	96 passos – 60 s 1 passo – x x = 0,625 s/passo
Localização do centro de massa do corpo humano [15]	0,57 x 1,71 = 0,975 m
Comprimento da perna do indivíduo [16],[17]	0,285 x 1,71 = 0,487 m
Localização do centro de massa da perna [16],[17]	0,567 x 0,487 = 0,276 m
Vetor da Força Vertical exercida pelo indivíduo na base plantar [18]	F= m*a = 69x10 ≅ 690N a=10 m/s^2
Vetor da Força Horizontal exercida pelo indivíduo no seu centro de massa [18],[19]	F= m*a =m* $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ = 69*($\frac{1,54}{0,625}$) $\cong 170\ N$ a= $\frac{\Delta v}{\Delta t}$
Vetor da Força Horizontal exercida pelo indivíduo na região proximal da AFO [18],[19]	$\frac{F1}{d1} = \frac{F2}{d2}\ (=) \frac{170}{0,975} = \frac{x}{0,276}\ (=)\ x \cong 48\ N$

Fonte: Própria



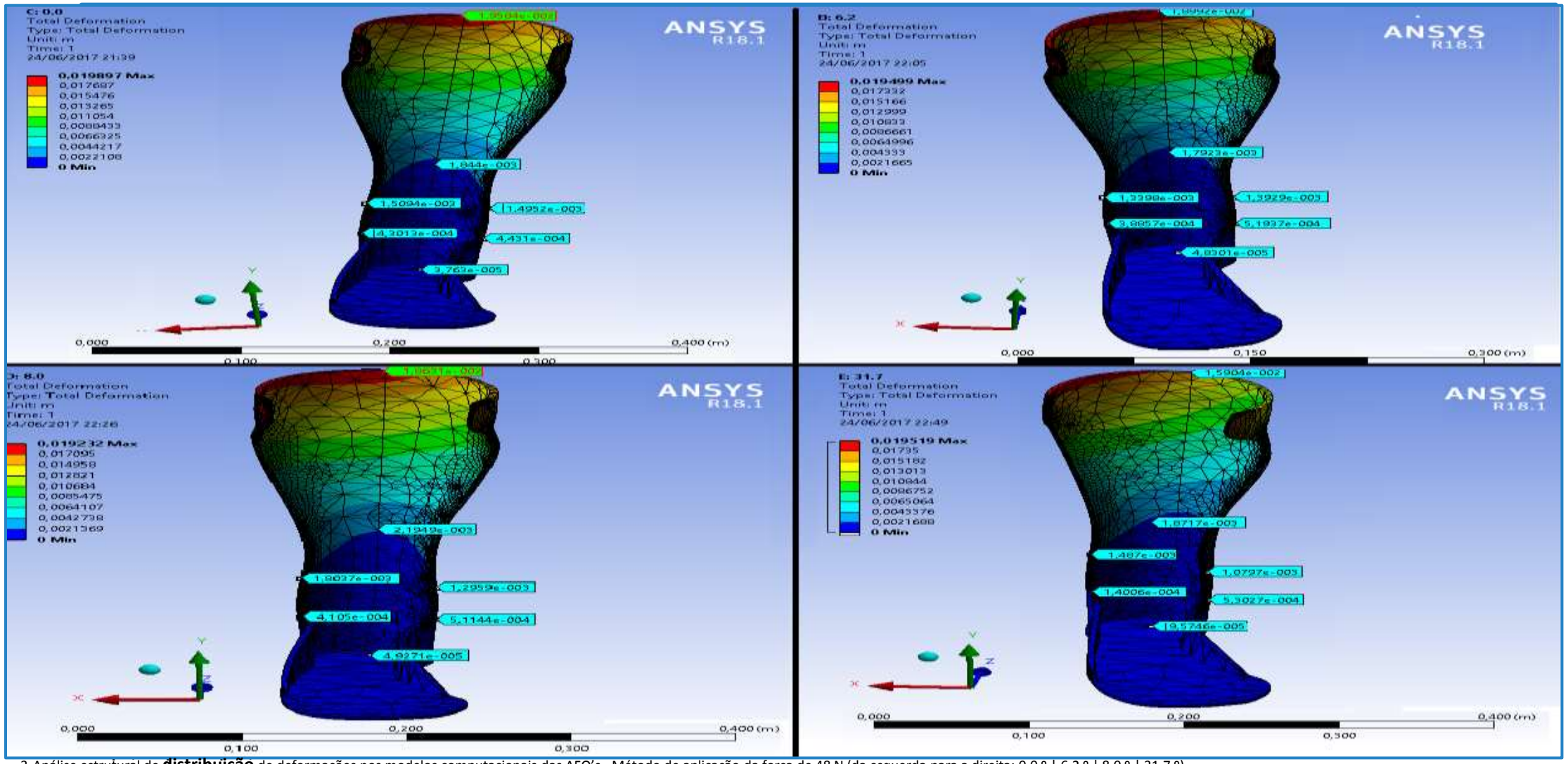
Esquema representativo das razões entre forças e distâncias



Representação final dos parâmetros introduzidos no *software Ansys Workbench 18.1*® - Modelo computacional de AFO

1 - Fonte Própria
2 – Fonte Própria (imagens extraídas do *software Ansys Workbench 18.1*®)

Análise de Elementos Finitos em *Ansys* ®



3-Análise estrutural de **distribuição** de deformações nos modelos computacionais das AFO's - Método de aplicação da força de 48 N (da esquerda para a direita: 0,0 º | 6,2 º | 8,0 º | 31,7 º)

1 - Fonte Própria (imagem extraída do *software SolidWorks* ®)
2 – Fonte Própria (imagens extraídas do *software Ansys Workbench 18.1*®)
3 – Fonte Própria (imagens extraídas do *software Ansys Workbench 18.1*®)

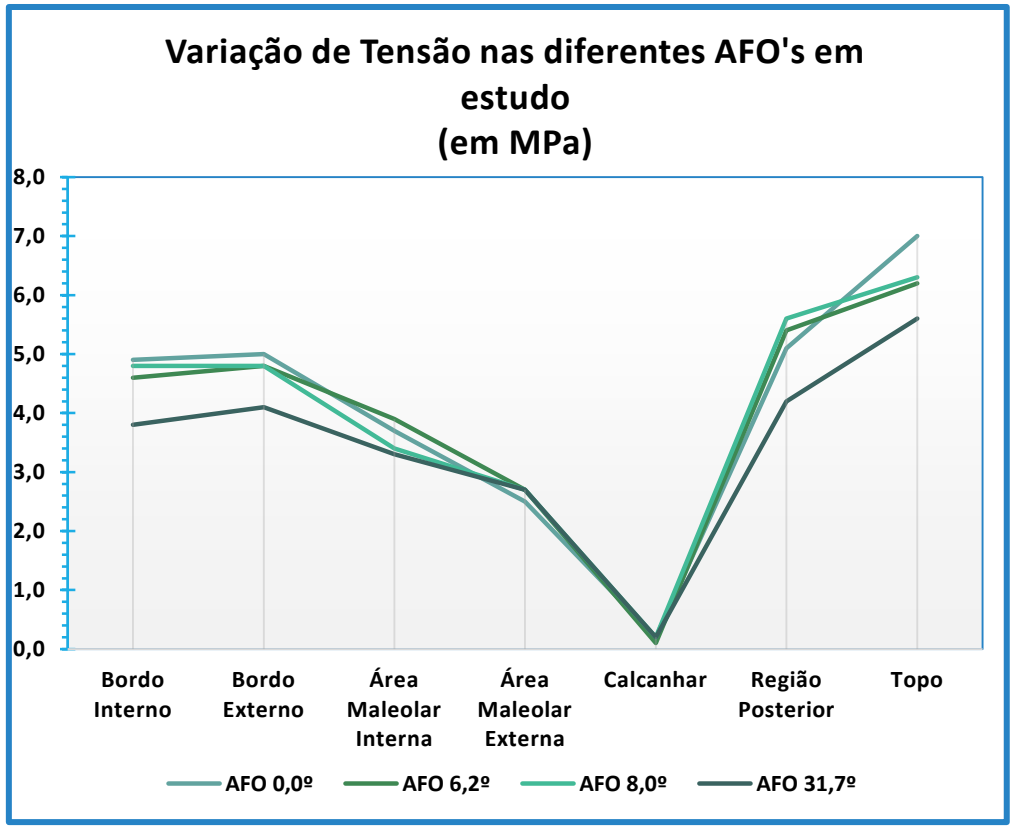
Resultados de Tensão com diferentes ângulos de Torção Tibial

Tabela 5 - Valores de Tensão (Mpa) - 48N - AFO 0,0º, 6,2º, 8,0º, 31,7º

	AFO 0,0º	AFO 6,2º	AFO 8,0º	AFO 31,7º
Bordo Interno (em MPa)	4,9	4,6	4,8	3,8
Bordo Externo (em MPa)	5,0	4,8	4,8	4,1
Área Maleolar Interna (em MPa)	3,7	3,9	3,4	3,3
Área Maleolar Externa (em MPa)	2,5	2,7	2,7	2,7
Calcanhar (em MPa)	0,2	0,1	0,2	0,3
Região Posterior (em MPa)	5,1	5,4	5,6	4,2
Topo (em MPa)	7,0	6,2	6,3	5,6

Fonte: Própria

Gráfico 1 – Distribuição de valores de Tensão (Mpa)- 48N - AFO 0,0º, 6,2º, 8,0º, 31,7º



Fonte: **Própria**

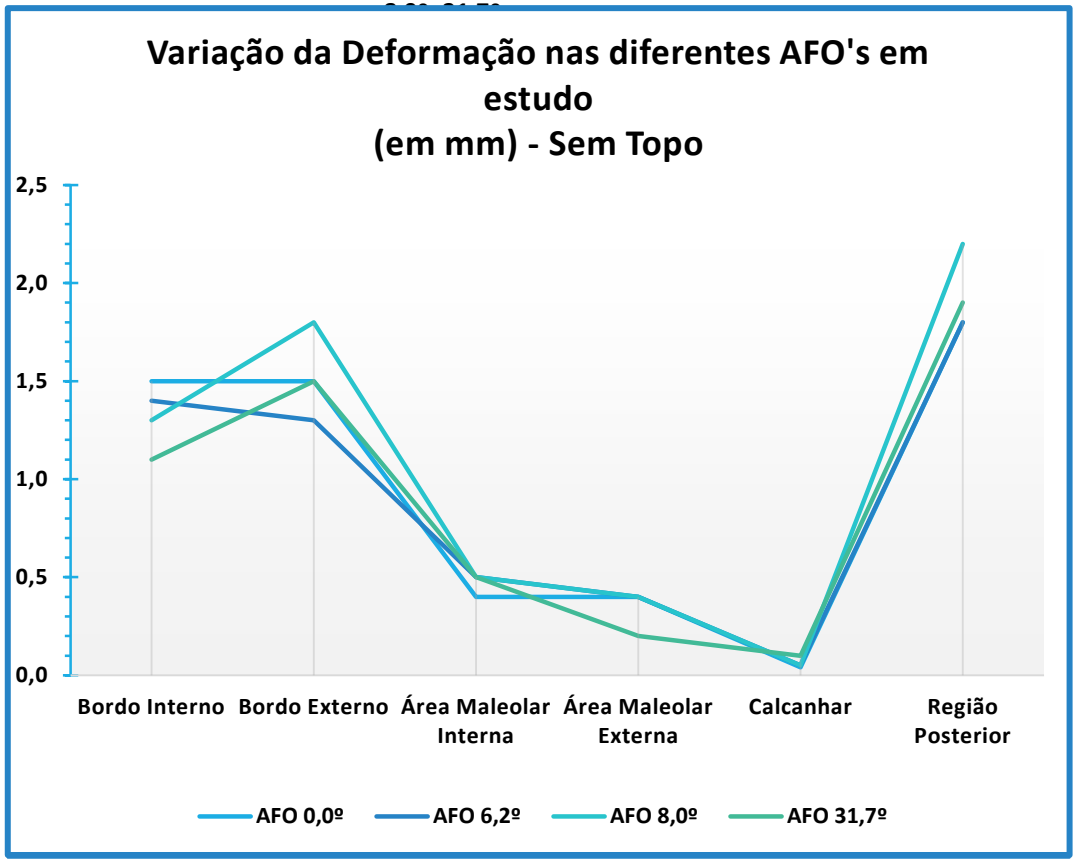
Resultados de Deformação com diferentes ângulos de Torção Tibial

Tabela 6 - Valores de Deformação (mm) - 48N - AFO 0,0º, 6,2º, 8,0º,

	AFO 0,0º	AFO 6,2º	AFO 8,0º	AFO 31,7º
Bordo Interno (em mm)	1,5	1,4	1,3	1,1
Bordo Externo (em mm)	1,5	1,3	1,8	1,5
Área Maleolar Interna (em mm)	0,4	0,5	0,5	0,5
Área Maleolar Externa (em mm)	0,4	0,4	0,4	0,2
Calcanhar (em mm)	0,04	0,05	0,05	0,1
Região Posterior (em mm)	1,8	1,8	2,2	1,9
Topo (em mm)	19,5	18,9	18,6	15,9

Fonte: Própria

Gráfico 2 – Distribuição de valores de Deformação (mm)- 48N - AFO 0,0º, 6,2º,



Fonte: Própria

Conclusão

❖ **Existe influência do valor da Torção Tibial na AFO?**

❖ Limitações

❖ **Possibilidade de estudos futuros?**

1- http://alimentodiario.net/wp-content/uploads/2018/02/1_-az0zHN-nX497ZwaPYLaHg.png
2- https://3dscanexpert.com/wp-content/uploads/sense_2_3d_scanner_review_front-1024x507.x92699.jpg
3- https://static.wixstatic.com/media/450350_a4008f6cbf2e4e7bb50cf3b4eba3efc0~mv2.png/v1/fill/w_353,h_334/450350_a4008f6cbf2e4e7bb50cf3b4eba3efc0~mv2.png
4- http://alimentodiario.net/wp-content/uploads/2018/02/1_-az0zHN-nX497ZwaPYLaHg.png
5- Fonte Própria (imagem extraída do *software SolidWorks*®)
6- http://www.estudokids.com.br/wp-content/uploads/2015/10/demografia-o-estudo-da-populacao-humana.jpg
7-https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/db/Ergospirometry_laboratory.jpg/220px-Ergospirometry_laboratory.jpg

Referências Bibliográficas

1- Lusardi MM, Nielsen CC. *Orthotics and Prosthetics in Rehabilitation*. 2ª. Elsevier Inc.; 2007.

2-Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A. Proposed definition and classification of cerebral palsy, April 2005. *Dev Med Child Neurol*. 2005;47(8). https://www.researchgate.net/profile/Bo_Jacobsson2/publication/231747224_Proposed_definition_and_classification_of_cerebral_palsy_April_2005_-_Introduction/links/02e7e52b71afe0985b000000.pdf. Accessed May 31, 2017.

3-Feigin VL, Lawes CM, Bennett D a., Barker-Collo SL, Parag V. Worldwide stroke incidence and early case fatality reported in 56 population-based studies: a systematic review. *Lancet Neurol*. 2009;8(4):355-369. doi:10.1016/S1474-4422(09)70025-0.

4-Mackay J, Mensah G, Mendis S, Greenlund K. *The Atlas of Heart Disease and Stroke*. 1 ed. (Editions M, ed.). Brighton: Geneva : World Health Organization; 2004. http://apps.who.int/iris/handle/10665/43007.

5-Vable M. *Mechanics of Materials*. 1 ed. (Oxford University Press, ed.).; 2002.

6-Lange NA, Speight JG. *Lange's Handbook of Chemistry.* McGraw-Hill; 2005. https://accessengineeringlibrary.com/browse/langes-handbook-of-chemistry-sixteenth-edition. Accessed June 5, 2017.

7-Fouilleron N, Marchetti E, Autissier G, Gougeon F. Proximal tibial derotation osteotomy for torsional tibial deformities generating patello-femoral. Orthop Traumatol Surg Res. 2010;96(7):785-792. doi:10.1016/j.otsr.2010.04.008.

8- Staheli L, Engel GM. Tibial Torsion- A Method of Assessment and a Survey of Normal Children. 1972:183-186.

9- Staheli L, Corbett M, Wyss C, King H. Lower-extremity rotational problems in children. Normal values to guide management. *J Bone Joint Surg Am*. 1985;67(1):39-47. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3968103. Accessed June 7, 2017.

10 Koenig JK, Pring ME, Dwek JR. MR evaluation of femoral neck version and tibial torsion. *Pediatr Radiol*. 2012;42(1):113-115. doi:10.1007/s00247-011-2206-0.

Referências Bibliográficas

11- Lacerda Nobre E, Jorge Z, Macedo A, Jácome Castro J DE. TENDÊNCIAS DO PESO EM PORTUGAL NO FINAL DO SÉCULO XX - Estudo de coorte de jovens do sexo masculino. *Acta Med Port*. 2004;17:205-209. https://pdfs.semanticscholar.org/4fe3/c88ef96544904d0e3edc30e2305e5092b9fb.pdf. Accessed June 22, 2017.

12- Perry J. *Análise de Marcha, Volume 1: Marcha Normal*. SLACK inc.; 2005.

13- Fuente JLM de la. *Podología General Y Biomecánica*.; 2009.

14- Ottoboni C, Fontes S V, Fukujima MM. Estudo comparativo entre a Marcha Normal e a de Pacientes Hemiparéticos por Acidente Vascular Encefálico: Aspectos Biomecânicos. *Rev Neurociências*. 2002;10(1):10-16.

15- Winter DA. *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. 4th ed.; 2009.

16- Rodacki A. Análise Dos Fatores Antropométricos em biomecânica. *Vide Sci Tech Appl*.

17- Drillis R, Contini R, Bluestein M. Body Segment Parameters; a Survey of Measurement Techniques. *Artif Limbs*. 1964;25:44-66. doi:10.1049/ecej:19890011.

18- Bell F. *PRINCIPLES OF MECHANICS & BIOMECHANICS*. Cengage Learning EMEA; 1998.

19- Neto JB. *Mecânica Newtoniana, Lgrangiana E Hamiltoniana*. Livraria da Fisica; 2004.