

ESTABILIZAÇÃO DA ARTRODESE DA ARTICULAÇÃO TARSOMETATÁRSICA: ESTUDO BIOMECÂNICO

STABILIZATION OF TARSOMETATARSAL JOINT ARTHRODESIS: A BIOMECHANICAL STUDY

TÚLIO DINIZ FERNANDES¹, ALEXANDRE LEME GODOY DOS SANTOS², MARCOS DE ANDRADE CORSATO³, MARCOS HIDEYO SAKAKI⁴,
RAFAEL TREVISAN ORTIZ³, MARCELO PIRES PRADO⁵

RESUMO

Introdução: As artrodeses tarsometatársicas são opção terapêutica efetiva no tratamento das osteoartroses sintomáticas da articulação de Lisfranc. Os métodos de estabilização disponíveis são: Fios de Kirschner, Parafusos Corticais, Placas e parafusos e Agrade. A estabilidade oferecida e a técnica cirúrgica utilizada para cada material é discutida na literatura. Objetivo: Comparar a força de compressão e a estabilidade biomecânica da fixação da articulação tarsometatársica com Parafusos Corticais e com Agrade. Casuística e Método: Selecionados 10 cadáveres frescos, do gênero masculino, idade variando de 35 a 49 anos, foram submetidas a dissecação do cúbico e do 4º metatarso bilateralmente, decortizadas as superfícies articulares e realizada fixação com parafuso cortical – Cortical Screw 3.5mm Impol, e Agrade - Uni-clip® Staple 2.0 NewDeal. Resultados: Os 20 ensaios biomecânicos foram completados. A análise estatística dos métodos agrafe vs parafuso cortical, em relação a energia acumulada até atingir o pico de força do ensaio $p = 0.047$, e a energia acumulada até o final do ensaio $p = 0.047$ apresentaram diferença significativa. Conclusão: Os picos de carga suportados pelas estabilizações com agrafe e com parafuso cortical decrescem, significativamente, com a idade. Observa-se valores de força superiores para o agrafe em ossos osteoporóticos. A energia acumulada na área de trabalho dos gráficos nos ensaios com o agrafe, mostram-se estatisticamente superiores aos valores para os Parafusos Corticais.

Descritores: Articulações do pé, Artrodese. Fixadores interno. Biomecânica.

Citação: Fernandes TD, Santos ALG, Corsato MA, Sakaki MH, Ortiz RT, Prado MP. Estabilização da artrodese da articulação tarsometatársica: estudo biomecânico. *Acta Ortop Bras.* [periódico na Internet]. 2008; 16(1):45-48. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUÇÃO:

As lesões da articulação tarsometatársica - Lisfranc - afetam 55.000 pessoas por ano nos Estados Unidos⁽¹⁾. Na avaliação radiográfica inicial, apenas 40% das lesões são diagnosticadas, devido às subluxações, reduções espontâneas e lesões ligamentares isoladas sem acometimento^(2,3).

Os princípios de tratamento são: diagnóstico precoce, redução articular anatômica e fixação óssea estável; minimizando danos adicionais aos tecidos moles e à cartilagem articular⁽⁴⁾.

São lesões complexas que apresentam elevado percentual de evolução para quadro de osteoartrose sintomática, dor e déficit funcional, o que representa importante causa de morbidade no

SUMMARY

Introduction: Tarsometatarsal arthrodeses are an effective therapeutic alternative for treating symptomatic osteoarthroses of the Lisfranc joint. Stabilization methods available include: Kirschner's wires, cortical screws, plates and screws and staples. The stability provided and the surgical technique employed with each material is discussed in literature. Purpose: To compare compression forces and biomechanical stability of tarsometatarsal joint fixation with cortical screws and staples. Case series and method: Ten fresh male cadavers with ages ranging from 35 to 49 years were selected and submitted to bilateral dissection of the cuboidal and 4th metatarsal bones, with joint surfaces decortification and fixation with cortical screw – Cortical Screw 3.5mm Impol, and Uni-clip® Staple 2.0 NewDeal. Results: All the 20 biomechanical assays were completed. The statistical analysis of the methods using staples vs. cortical screw concerning accrued energy until reaching the assay's peak force $p = 0.047$, and the accrued energy until the completion of the assay $p = 0.047$ showed a significant difference. Conclusion: Load peaks supported by staples and cortical screws are significantly reduced with age. Superior force values are found for staples in osteoporotic bones. The accrued energy on graphs' work areas in assays with staples is shown to be statistically superior to cortical screws' values.

Keywords: Foot joints, Arthrodesis, Internal fixators, Biomechanics.

Citation: Fernandes TD, Santos ALG, Corsato MA, Sakaki MH, Ortiz RT, Prado MP. Stabilization of tarsometatarsal joint arthrodesis: a biomechanical study. *Acta Ortop Bras.* [serial on the Internet]. 2008; 16(1):45-48. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

médiopé^(5,6). A manipulação terapêutica dessas complicações inclui modificação de calçado, uso de órteses e procedimentos cirúrgicos, principalmente as artrodeses tarso-metatársicas⁽⁷⁻⁹⁾.

Há vários métodos de fixação disponíveis para execução da artrodese tarso-metatársica, como os fios de Kirschner, Parafusos Corticais, Placas e parafusos e Agrade.

Os fios de Kirschner apresentam técnica de implantação fácil e pequena necessidade de manipulação de tecidos moles, porém mostram elevados índices de falha⁽¹⁰⁾.

Os Parafusos Corticais oferecem fixação estável com significativa compressão, através da articulação, mas têm técnica de implantação elaborada, que permite pequena margem de erro^(10,11).

Trabalho realizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HC/FMUSP.

Endereço para correspondências: Rua Ovidio Pires de Campos, 333 – 3º Andar - CEP 05403-010 – São Paulo – Brasil - E-mail: alexandrelemegodoy@gmail.com

1. Professor Assistente, Doutor do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP.

2. Médico Preceptor do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP.

3. Médico Assistente do Grupo de Pé e Tornozelo do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP.

4. Médico Assistente do Grupo de Pé e Tornozelo e Supervisor do Grupo de Trauma do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - FMUSP.

5. Médico Colaborador do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo - IOT/HC/FMUSP.

Trabalho recebido em 03/04/07 aprovado em 05/07/07

As Placas e parafusos dorsais são fixações estáveis e rígidas, que proporcionam compressão, necessitam de considerável manipulação de tecidos moles para sua implantação e freqüentemente requerem a retirada do material de síntese no seguimento pós-operatório⁽¹¹⁾.

O Agrafe é material de fixação estável e rígida, conferindo compressão importante. A técnica de implante requer treinamento prévio, porém com acesso cirúrgico e posicionamento, no intra-operatório, bastante reprodutíveis.

O objetivo do estudo é comparar a força de compressão e a estabilidade biomecânica de fixação da articulação tarsometatarsica com Parafusos Corticais e com Agrafe.

CASUÍSTICA E MÉTODO:

Cadáveres frescos, no Serviço de Verificação de Óbito do HC-FMUSP, do sexo masculino, com idade variando de 35 a 49 anos, sem história de lesão ou patologia prévia do pé e tornozelo. Foram submetidos à abordagem cirúrgica do médiopé, através de incisão longitudinal na face dorsal sobre o 4^o e 5^o raios. Procedido, então, inventário anatómico das condições de ligamentares e ósseas do cúboide, 4^o e 5^o metatarsianos e todo o complexo ligamentar que estabiliza esses três ossos.

Foram selecionados 10 cadáveres, nos quais dissecaram-se cirurgicamente o cúboide e o 4^o metatarso dos pés direito e esquerdo, sendo ressecadas todas as estruturas capsulares e ligamentares. Essas peças ficaram conservadas em ambiente controlado de -10°C em refrigerador - marca Continental - por 30 dias.

Técnica:

Os 10 pares de peças foram submetidos à decorticação das superfícies articulares proximal do 4^o metatarso e distal do cúboide, com auxílio de formão e martelo. Em seguida, as articulações foram reduzidas e observou-se a justaposição das superfícies remanescentes e adequada congruência das mesmas. (Figuras 1 e 2).

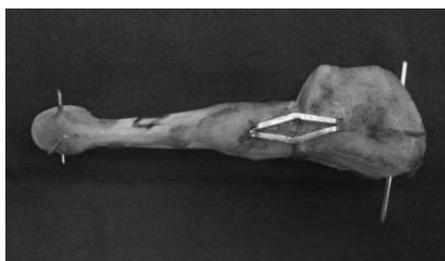


Figura 1 – Fixador com agrafe



Figura 2 – Fixação com parafuso cortical.

O material utilizado para fixação foi Parafuso Cortical – Cortical Screw 3.5mm Impol – e Agraf - Uni-clip® Staple 2.0 NewDeal.

A fixação com Agrafe foi realizada com auxílio do instrumental específico, na face dorsal da articulação.

A fixação com Parafuso Cortical foi feita com instrumental específico, através de entrada pela cortical dorsal da base do 4^o metatarsiano, e com angulação de 30° graus em sentido plantar em direção ao cúboide – semelhante ao procedimento cirúrgico clássico.

Todos os procedimentos cirúrgicos foram realizados pelo mesmo cirurgião; o inventário anatómico e a verificação da redução, justaposição das superfícies e adequada congruência das mesmas foram avaliadas por três cirurgiões distintos no ato operatório.

Após a fixação, as peças foram preparadas para o ensaio biomecânico, sendo cimentadas as extremidades proximal do cúboide e distal do 4^o metatarsiano, para acoplamento na máquina de teste. (Figura 3).

A máquina utilizada foi o aparelho universal de ensaios mecânicos Kratos® 5002 modelo dotado de célula de carga – dinamômetro – de 100Kgf (9.810N), medida em escala de 50 Kgf (4.905N), iniciando o teste com 0N e velocidade de 20mm/min, até a falha do material de síntese ou do osso, sendo medido o pico de resistência em força na unidade Newton. (Figuras 4 e 5) .



Figura 3 – Peças preparadas para teste biomecânico

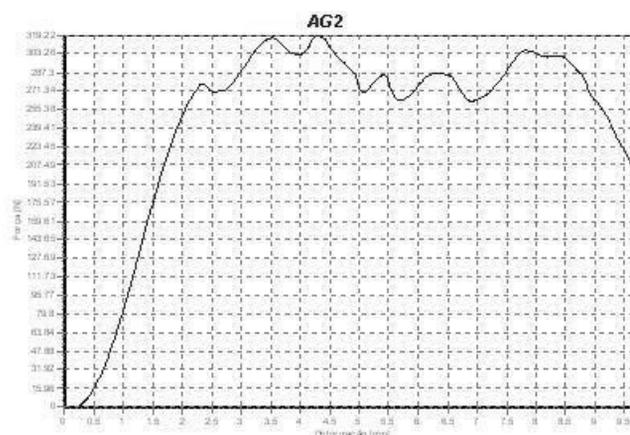


Figura 4 – Ensaio 2 agrafe

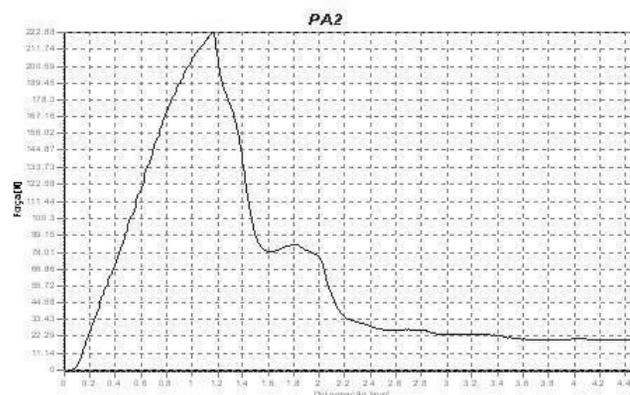


Figura 5 – Ensaio 2 parafuso cortical

Análise estatística dos resultados:

A avaliação dos resultados foi realizada através de “Prism test” e “Wilcoxon matched pairs test”, Regressão Linear e “Mann-Whitney Pareado” quanto à força de resistência biomecânica da fixação, com nível de significância $p < 0.05$.

RESULTADOS:

A média de idade dos cadáveres doadores foi de 41,1 anos, variando de 35 a 49 anos, todos do gênero masculino. Os 20 ensaios biomecânicos foram completados.

Os picos de resistência medidos em força N, para os Agrafes e para os Parafusos Corticais. (Tabela 1)

Ensaio	Agrafe	Parafuso
1	333N	323N
2	320N	223N
3	152N	311N
4	313N	342N
5	278N	253N
6	164N	169N
7	145N	168N
8	123N	116N
9	146N	21N
10	164N	22N

Tabela 1 – Distribuição do pico de resistência máxima pareada nos ensaios biomecânicos para fixação com Agrafe e Parafusos Corticais.

Observa-se que a media de força máxima atingida pelo Agrafe é maior que aquela medida para o Parafuso Cortical e a força mínima medida para o Parafuso cortical é menor que a do Agrafe. (Tabela 2)

	Agrafe	Parafuso Cortical
Média	213,8N	196,8N
Erro padrão	27,03981	37,84994
Mediana	164	196
Modo	164	#N/D
Desvio padrão	85,50737	119,692
Variância da amostra	7311,511	14326,18
Curtose	-1,96596	-1,13356
Assimetria	0,502795	-0,28155
Intervalo	210	322
Mínimo	123	21
Máximo	333	343
Soma	2138	1968
Contagem	10	10
Cvp	39,99409	60,81911

p= 0,3848

Tabela 2 – Valores estatísticos comparativos dos métodos de fixação, analisados através do Teste não paramétrico pareado Wilcoxon Unicaudal.

Os gráficos comparativos dos métodos de síntese *versus* a idade da peça mostram evidente associação da força de resistência do material de síntese com a faixa etária. Observam-se valores de força superiores para o Agrafe, em ossos osteoporóticos. (Tabelas 3 e 4).

Ensaio Agrafe	idade	Pico de carga
1	35	333
2	35	320
3	37	152
4	37	313
5	38	278
6	45	164
7	44	145
8	43	123
9	49	146
10	48	164

Média	41.1	213.8
DP	5.322	85.507
Erro padrão	1.683	27.040
Quartil 1	37	146
Mediana	40.5	164
Quartil 3	45	313
Mínimo	35	123
Máximo	49	333
Contagem	10	10

p= 0.008502 *

Tabela 3 – Distribuição do Pico de carga para fixação com Agrafe vs idade, analisados através teste de Regressão Linear.

Ensaio Parafuso Cortical	idade	Pico de carga
1	35	323
2	35	223
3	37	311
4	37	342
5	38	253
6	45	169
7	44	168
8	43	116
9	49	21
10	48	22

Média	41.1	196.8
DP	5.322	119.692
Erro padrão	1.683	37.850
Quartil 1	37	116
Mediana	40.5	196
Quartil 3	45	311
Mínimo	35	21
Máximo	49	343
Contagem	10	10

p= 0.000233 *

Tabela 4 – Distribuição do Pico de carga para fixação com P.C. vs idade, analisados através teste de Regressão Linear.

Na leitura estatística dos valores da área de trabalho dos gráficos dos ensaios (Tabela 5), nota-se superioridade para o Agrafe, em todos os parâmetros analisados, quais sejam: força máxima, deformação máxima, energia aferida até atingir o pico de força e energia total do ensaio; com diferença estatisticamente significativa nas duas últimas medidas.

DISCUSSÃO:

O método ideal para fixação das artrodeses do complexo articular de Lisfranc deve idealmente prover estabilidade, com alta capacidade de compressão e mínima agressão cirúrgica^(2,5).

A estabilização com fios de Kirshner, apesar de ser de execução mais fácil, não promove adequada compressão, e o uso de placas e parafusos tem como desvantagem a grande agressão cirúrgica e, em alguns pacientes desconforto no pós-operatório, com a indicação de remoção do material de síntese, após a consolidação do procedimento^(8,11).

Atualmente, o método de escolha da maioria dos autores recai sobre os parafusos corticais que, introduzidos percutaneamente, garantem ótima estabilidade e compressão, com agressão cirúrgica limitada. Este método, no entanto, tem como desvantagem o difícil posicionamento do parafuso, que necessita de um ângulo de entrada muito agudo, com a conseqüente possibilidade de fratura e concentração de estresse mecânico na cortical óssea, sobre a qual se apóia a cabeça do parafuso. A conseqüência desta complicação é a perda da correção, da estabilização, e a dificuldade de correção secundária⁽¹⁰⁾.

A opção do uso de agrafes de compressão também permite a compressão no foco da artrodese, ótima estabilidade e agressão cirúrgica limitada. Além disso, a introdução das hastes do agrafe, perpendicularmente ao osso, promove maior área de apoio deste comparando-se ao parafuso.

O objetivo deste estudo é comparar a estabilidade oferecida pela fixação com parafuso cortical e com os agrafes de compressão na fixação da artrodese do complexo de Lisfranc, através de ensaios mecânicos de tração.

Críticas a esse tipo de ensaio incluem a utilização de cargas não fisiológicas aplicadas à montagem e ao fato de haver a possibilidade de ocorrer deformação no agrafe, durante os testes mecânicos. Os resultados observados mostram que a resistência da montagem com o agrafe foi maior em relação à resistência da montagem com

		FMAX	DMAX	ENERGIA ATÉ FMAX	ENERGIA TOTAL
	Média	213.8	6.319	577.421	1058.853
	Desvio Padrão	85.25867	2.27696	335.92779	626.93909
	Mediana	164.35	6.205	509.45	843.765
AG	Q1	147.6	4.32	297.75	641.325
	Q3	304.075	8.275	835.9525	1307.875
	Mínimo	123.1	3.38	162.5	488.3
	Máximo	332.9	9.73	1118.5	2379.9
		FMAX	DMAX	ENERGIA ATÉ FMAX	ENERGIA TOTAL
	Média	195.81	3.656	253.598	546.432
	Desvio Padrão	121.36263	3.1539	315.79243	578.28205
	Mediana	195.85	2.29	144.75	395.01
PA	Q1	128.95	1.6275	132.125	229.325
	Q3	296.325	4.66	262.59	435.125
	Mínimo	11.9	1.16	39.1	47.4
	Máximo	343.7	11.39	1114	1723.1
	p-valor	0,721	0,074	0,047	0,047

Tabela 5 – Representação estatísticas dos gráficos Força vs Deformação com Agrafe e com Parafuso Cortical, através de análise com teste de Médias AG vs PA Mann-Whitney Pareado.

o parafuso em todos os ensaios, apesar de não constatar diferença significativa do ponto de vista estatístico.

Em dois testes, o pico de carga suportado pela montagem foi muito abaixo, comparativamente a todos os outros testes. Este fato foi interpretado como uma situação de diminuição da resistência óssea no material utilizado, provavelmente relacionado à osteoporose ou à presença de doença sistêmica.

Nessas amostras, o resultado da montagem com agrafe foi muito superior à suportada pela montagem com o parafuso cortical, indicando que, em pacientes com baixo estoque ósseo, ou osso de má qualidade, o uso do agrafe tem grande vantagem sobre a fixação com parafuso.

Resta, ainda, a necessidade de realizar estudos comparativos clínicos para a confirmação destes achados experimentais.

CONCLUSÃO:

A media dos picos de carga suportada pela fixação com Agrafe é superior à fixação com parafuso cortical, embora não tenha atingido significância estatística.

Os picos de carga suportados pelas fixações com Agrafe, com parafuso cortical, decrescem, significativamente, com a idade. Contudo, observam-se valores de forças superiores para o Agrafe em ossos osteoporóticos.

A energia acumulada até atingir a força máxima, assim como a energia total acumulada nos ensaios com o Agrafe, mostra-se estatisticamente superior aos valores para os Parafusos Corticais.

O Agrafe mostra-se eficiente, estável e tecnicamente reprodutível, como método de fixação para artrodese de Lisfranc.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Buzzard BM, Briggs PJ. Surgical Management of acute tarsometatarsal fracture dislocation in the adult. *Clin Orthop Relat Res.* 1998; (353):125-33.
- Hardcastle PH, Teschaver R, Kutscha-Lissberg E, Schoffmann W. Injuries the tarsometatarsal joint: incidence, classification, and treatment. *J Bone Joint Surg Br.* 1982; 64:349-56.
- Myerson MS. The diagnosis and treatment of injuries to the Lisfranc joint complex. *Orthop Clin North Am.* 1989; 20:655-64.
- Ruedi TP, Murphy WM. *AO principles of fracture management.* New York: Thieme Medical Publishers; 2001.
- Goosens M, De Stoop N. Lisfranc's fracture dislocation: etiology, radiology, and results treatment. *Clin Orthop Relat Res.* 1983; (176):165-72.
- Myerson MS, Fisher RT, Burgess AR, Kenzora JE. Fracture dislocations of the tarsometatarsal joint: end results correlated with pathology and treatment. *Foot Ankle.* 1986; 6:225-42.
- Kuo RS, Tejwani NC, Digiovanni CW, Holt SK, Benirschke SK, Hansen ST Jr, et al. Outcome after open reduction and internal fixation of Lisfranc joint injuries. *J Bone Joint Surg Am.* 2000; 82:1609-18.
- Myerson MS. The diagnosis and treatment of injury to the tarsometatarsal joint complex. *J Bone Joint Surg Br.* 199; 81:756-63.
- Teng, AL, Pinzur MS, Lomasney L, Mahoney L, Havey R. Functional outcome following anatomic restoration of tarsal-metatarsal fracture dislocation. *Foot Ankle Int.* 2002; 10:922-6.
- Lee CA, Birkedal JP, Dickerson EA, Vieta PA Jr, Webb LX, Teasdall RD. Stabilization of Lisfranc joint injuries: a biomechanical study. *Foot Ankle Int.* 2004; 5:365-70.
- Alberta FG, Aronow MS, Barrero M, Diaz-Doran V, Sullivan RJ, Adams DJ. Ligamentous Lisfranc joint injuries: a biomechanical comparison of dorsal plate and transarticular screw fixation. *Foot Ankle Int.* 2005; 26:462-73.