

# AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE TRÊS DIFERENTES PINOS DE SCHANZ ÀS FORÇAS DE TORÇÃO EM MONTAGENS DO FIXADOR EXTERNO MONOLATERAL

## MECHANICAL RESISTANCE EVALUATION OF THREE DIFFERENT SCHANZ SCREWS TO TORSION FORCES IN MONOLATERAL EXTERNAL FIXATION ASSEMBLIES

MARCELO MERCADANTE<sup>1</sup>, KODI KOJIMA<sup>1</sup>, RALPH CHRISTIAN<sup>1</sup>, JOSÉ OCTÁVIO HUNGRIA<sup>1</sup>, JOSÉ SOARES HUNGRIA NETO<sup>1</sup>, ALEXANDRE BRÁS DE CAMARGO<sup>2</sup>, HÉLIO M. SAMANO<sup>3</sup>, ROMULO S. F. SANTOS<sup>3</sup>, JAN VATAVUK<sup>4</sup>, ANTONIO G. DE MELLO JUNIOR<sup>5</sup>, ANDRÉA DIAS BERTOLANI<sup>6</sup>, CARLOS EDUARDO B. DE FREITAS<sup>6</sup>.

### RESUMO

**Objetivo:** O objetivo deste estudo é avaliar a resistência mecânica de três montagens de fixador externo linear utilizando pinos de 4,5 mm e de 5,5 mm com alma 3,2mm, e de 5,5 mm com alma de 4,5 mm no setor rosqueado dos pinos.

**Material e métodos:** Foram montados fixadores externos lineares em tubos de polipropileno de 500 mm, com um corte oblíquo a 45° no seu centro, com dois pinos de Schanz em cada segmento. Foram estudados 18 corpos de prova, divididos em três grupos de seis peças cada. No grupo 1 foram utilizados pinos de Schanz de 4,5 mm, no grupo 2 pinos de 5,5 mm ambos com alma de 3,2 mm e no grupo 3 pinos de 5,5 mm com alma de 4,5 mm de diâmetro. Os testes mecânicos foram realizadas em máquina de torção MT-100, e as medidas de resistência realizadas com 4,5°, 9,0°, 13,5° e 18,0° de torção.

**Resultados:** Os pinos de Schanz de 4,5 mm e alma de 3,2 mm mostraram como média de resistência para as torções de 4,5°, 9,0°, 13,5° e 18,0°, respectivamente: 12,0 N/mm, 21,0 N/mm, 33,0 N/mm e 46,0 N/mm. Os pinos de 5,5 mm com alma de 3,2 mm mostraram como resistência média: 13,2 N/mm, 25,3 N/mm, 40,0 N/mm e 51,2 N/mm, respectivamente. Os testes com os pinos de Schanz de 5,5 mm com alma de 4,5 mm mostraram resistência média de: 15,2 N/mm, 33,5 N/mm, 53,0 N/mm e 70,0 N/mm. Estudo estatístico com o teste da Análise de Variância e o teste de Bonferroni mostraram ausência de diferença estatisticamente significativa entre os grupos com pinos com diâmetro da alma da parte rosca de 3,2mm (de 4,5 mm e 5,5 mm). Houve diferença estatisticamente significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre o grupo com pinos de 5,5 mm com alma 4,5 mm e os outros dois.

**Conclusões:** 1- Não houve diferença estatisticamente significativa entre as montagens de fixador externo linear com pinos de Schanz de 4,5 mm e 5,5 mm com alma de 3,2 mm, aos esforços de torção. 2- A montagem do fixador externo linear com pinos de Schanz de 5,5 mm com alma de 4,5 mm mostrou resistência mecânica maior à torção, estatisticamente significativa, em relação aos outros dois grupos.

**Descritores:** Fixadores externos; Biomecânica; Pinos ortopédicos.

### SUMMARY

**Objective:** The objective of this study was to evaluate the mechanical force of three different assemblies of a linear external fixator using 4.5 mm and 5.5 mm Schanz screws with a 3.2 mm-diameter root, and another screw with 5.5 mm diameter with a 4.5mm root.

**Material and methods:** The linear external fixator was assembled in a 500 mm-long polypropylene tube, with a 45-degree oblique angle cut in the center of the cylinder, with two Schanz screws in each segment. Eighteen assemblies were studied, divided into three groups of six pieces each. In the group 1, 4.5mm-diameter Schanz screws were used, in the group 2, 5.5mm-diameter Schanz screws, both with 3.2mm root were used. In the group 3, 5.5mm-diameter Schanz screws with a diameter root of 4.5mm were used. The mechanical tests were performed in a MT-100 torsion machine, and the resistance measurements were performed at 4.5°, 9.0°, 13.5°, and 18° of torsion.

**Results:** The 4.5mm Schanz screws with 3.2 mm root showed an average torsion resistance at 4.5o, 9.0 o, 13.5 o and 18.0 o, respectively of: 12.0 N/mm, 21.0 N/mm, 33.0 N/mm, and 46.0 N/mm. The 5.5mm Schanz screw with 3.2 mm root, showed as average resistance: 13.2 N/mm, 25.3 N/mm, 40.0 N/mm, and 51.2 N/mm, respectively. The tests with 5.5 mm Schanz screws with 4.5 mm root showed an average resistance of: 15.2 N/mm, 33.5 N/mm, 53.0 N/mm, and 70.0 N/mm. Statistical analysis with the Variance Analysis test and the Bonferroni's test showed the absence of statistically significant differences among groups with root diameter of 3.2mm (4.5 mm and 5.5 mm). There was a statistically significant difference between the group with the 5.5mm Schanz screws with 4.5 mm root and the other two groups.

**Conclusions:** 1- There was no statistically significant difference among assemblies of linear external fixator using 4.5mm and 5.5mm Schanz screws with 3.2mm root. 2- The linear external fixator with 5.5mm Schanz screws with 4.5mm root, showed a stronger mechanical resistance to the torsion, statistically significant, regarding the other two groups.

**Keywords:** External fixators; Biomechanics; Bone nails.

Trabalho agraciado e custeado por bolsa do Programa de Apoio à Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo no ano de 2002. Realizado em colaboração pelo Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo e o Laboratório de Metrologia de Força – Engenharia Mecânica – da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie (LMF-EE-UPM).

Endereço para correspondência: Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo. - Grupo de Ortopedia e Traumatologia Pediátrica ("Pavilhão Fernandinho Simonsen") - Dr. Cesário Motta Jr. 112, CEP 01277-900 – Vila Buarque – São Paulo – SP - E-mail: mtmcsv@uol.com.br

1. Médico ortopedista do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo
2. Médico ortopedista colaborador do Grupo do Trauma, do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo
3. Médico ortopedista estagiário da pós graduação no Grupo do Trauma, do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo
4. Engenheiro de materiais, professor da Faculdade de Engenharia, da Universidade Presbiteriana Mackenzie
5. Engenheiro mecânico, professor da Faculdade de Engenharia, da Universidade Presbiteriana Mackenzie
6. Aluno da Faculdade de Engenharia, da Universidade Presbiteriana Mackenzie

Trabalho recebido em: 25/01/05 aprovado em 06/07/05

## INTRODUÇÃO

O fixador externo ideal para utilização no Setor de Emergência dos Serviços de Ortopedia e Traumatologia deve ser fácil de aplicar, barato, versátil, de aparatosidade mínima preferencialmente modular e proporcionar estabilidade suficiente entre os fragmentos fraturários, viabilizando o tratamento inicial, até a eventual conversão para osteossíntese definitiva.

Do ponto de vista da estabilidade, quando submetido às solicitações funcionais os fixadores externos lineares apresentam melhor estabilidade quanto mais separados entre si no mesmo fragmento os pinos de Schanz e a colocação de duas barras de conexão entre os pinos<sup>(1,2)</sup>. Mas, quando analisamos a resistência à torção, o ponto mais fraco são os pinos de Schanz que resistem isoladamente à essas forças, independente de estarem solidarizados por uma ou duas barras de conexão<sup>(3)</sup>.

Este estudo visa comparar a resistência mecânica de fixadores externos lineares montados com pinos de Schanz de três diâmetros: 4,5 mm e 5,5 mm com alma de 3,2 mm, modelos presentes nas caixas de implantes utilizadas na prática clínica, e os pinos de 5,5 mm com alma mais grossa, com 4,5 mm de diâmetro no segmento rosqueado.

## RESULTADOS

Os resultados dos testes de torção com as três montagens de fixador externo linear, com pinos de 4,5 mm, 5,5 mm com alma de 3,2 mm e 5,5 mm de alma de 4,5 mm, estão demonstrados na Tabela 1.

O Gráfico 1 demonstra os resultados dos testes mecânicos. A Tabela 2 demonstra o resultado da análise estatística realizada entre os grupos para avaliação da significância entre os resultados dos testes, utilizando-se o teste de Análise de Variância (ANOVA) e o teste de Bonferroni.

## DISCUSSÃO

A utilização do fixador externo com montagem linear nos pacientes vitimados por trauma, principalmente nas fraturas expostas e nos politraumatizados<sup>(4,5,6,7)</sup>, tem usualmente a função de estabilização temporária, sendo recomendada a conversão para fixação interna nas primeiras duas semanas<sup>(8)</sup>. Apesar do curto tempo de aplicação, é necessário que a montagem tenha estabilidade suficiente para permitir mobilização do paciente sem dor, não dificultando procedimentos subseqüentes por sua aparatosidade, viabilizando a reabilitação precoce e principalmente facilitando os cuidados com as partes moles na enfermaria.

As montagens lineares dos fixadores monoplares modulares são mecanicamente menos estáveis que as montagens bi- ou multiplanares<sup>(1,9)</sup>, mas seu uso continua sendo freqüente devido à

versatilidade, rapidez da instalação, baixo custo econômico, além de pequena variedade de elementos necessários no momento de sua instalação.

Vários estudos mostram que a estabilidade do fixador externo linear tem relação com o tipo de montagem realizada. A máxima estabilidade é obtida com o maior afastamento dos pinos de Schanz entre si e a colocação de duas barras conectoras<sup>(2)</sup>. Entretanto, isto é verdade quando se considera a resistência da montagem quando submetida a forças axiais.

Nas montagens com os fixadores externos disponíveis em nosso meio, quando submetidos a carga axial, também se observou o mesmo comportamento<sup>(9)</sup>, mas quando se avalia a resistência às forças de torção, não houve diferença entre a colocação de uma ou duas barras, pois o sistema falava nos pinos de Schanz que se encurvavam<sup>(3)</sup>.

Portanto, em relação a resistência às forças de torção, o elemento mais importante na estabilização é o pino de Schanz.

Nesse estudo foram utilizados pinos de Schanz disponíveis no mercado, com diâmetros de 4,5 mm e 5,5 mm, com alma de diâmetro de 3,2 mm, do sistema de fixador externo ROFA® (Impol Instrumental e Implantes Ltda). Foram confeccionados especialmente para os testes, pinos de Schanz de 5,5 mm com alma mais grossa, medindo 4,5 mm.

Observou-se nos testes de torção comportamento mecânico semelhante entre os pinos de Schanz de 4,5 mm e 5,5 mm com alma de 3,2 mm (Tabela 1, Gráfico 1 e Tabela 2), não havendo diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos.

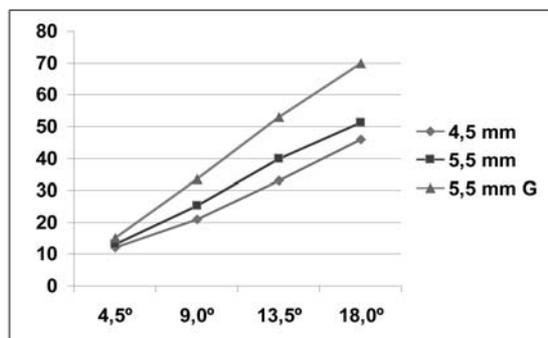
Os testes com os pinos de Schanz de 5,5 mm com alma de 4,5 mm mostraram resistência mecânica superior, estatisticamente significativa, em relação aos outros dois (Tabela 1, Gráfico 1 e Tabela 2). Com 18,0° de torção a resistência foi no mínimo 40% maior que a dos outros pinos de Schanz.

Na busca da explicação para esse resultado, foram realizadas várias medidas nos pinos de Schanz. Observou-se que todos os pinos tinham o mesmo comprimento total (240 mm) e mesmo comprimento de rosca (50 mm). A denominação do tamanho do pino, 4,5 mm ou 5,5 mm era dada de acordo com o talo liso e o diâmetro da rosca do pino, mas ambos apresentavam alma de 3,2 mm.

Como a colocação dos pinos de Schanz nos tubos de poli-propileno era feita de forma que a sua ponta não ficasse muito saliente do outro lado, como desejado na situação clínica de aplicação, os pinos não eram introduzidos até a parte lisa, permanecendo parte da rosca sem ser introduzida no corpo de prova. Este segmento, localizado entre o osso e a região mais larga do pino, demonstrou-se o ponto fraco de sistema, deformando-se ante às forças de torção. Como tanto os pinos de 4,5 mm quanto os de 5,5 mm tinham alma de 3,2 mm, explica-se seu comporta-

Torção em graus		4,5 mm	5,5 mm	5,5 mm grossa
4,5°	M	12,0	13,2	15,2
	DP	1,6	2,4	3,7
	EPM	0,7	1,0	1,5
9,0°	M	21,0	25,3	33,5
	DP	1,9	3,9	6,5
	EPM	0,8	1,6	2,6
13,5°	M	33,0	40,0	53,0
	DP	2,4	3,3	8,9
	EPM	1,1	1,4	3,6
18,0°	M	46,0	51,2	70,0
	DP	3,5	2,1	11,1
	EPM	1,5	0,9	4,5

**Tabela 1** - Resultado do torque (N/mm) medido com 4,5°, 9,0°, 13,5° e 18,0° de torção do corpo de prova, com fixador externo linear montado com pinos de Schanz com diâmetro de 4,5 mm, 5,5 mm com alma de 3,2 mm e 5,5 mm com alma de 4,5 mm.



**Gráfico 1** - Gráfico mostra média do torque (N/mm) medido com 4,5°, 9,0°, 13,5° e 18,0° de torção do corpo de prova com fixador externo linear montado com pinos de Schanz de diâmetros de 4,5 mm, 5,5 mm e 5,5 mm com alma grossa.

mento biomecânico semelhante, demonstrando não haver vantagem no emprego do pino de maior diâmetro externo acima da rosca para ganho de resistência da montagem do fixador monolateral com esses pinos.

Os pinos confeccionados para este teste com alma maior - 4,5 mm de diâmetro -, também apresentavam comprimento total de 240 mm e comprimento de rosca de 50 mm. Com a alma maior, a resistência mecânica mostrou incremento de resistência estatisticamente significativa. O emprego dos pinos mais grossos mas com o mesmo diâmetro de alma não trouxe aumento na resistência das montagens, o que somente ocorreu quando da utilização dos pinos com alma maior, não disponíveis como rotina nas caixas de implante dos fixadores modulares. Transportando-se estes resultados para a prática clínica, podemos afirmar que para aumentar a resistência mecânica à torção, de um fixador externo linear, é necessário aumentar o diâmetro da alma do pino de Schanz a ser utilizado. Outra opção seria a

	4,5 mm	5,5 mm	5,5 mm G	ANOVA	
4,5°		12,0	13,2	15,2	p = 0,153
9,0°	21,0	25,3	33,5		p = 0,000 *
	-----		-----		
	p > 0,05		p < 0,05 *		
13,5°	33,0	40,0	53,0		p = 0,000 *
	-----		-----		
	p > 0,05		p < 0,05 *		
18,0°	46,0	51,2	70,0		p = 0,000 *
	-----		-----		
	p > 0,05		p < 0,05 *		

Tabela 2 – Resultado da análise estatística com o teste ANOVA entre os três grupos e o teste de Bonferroni de um grupo com os outros (p= / 0,05).

confeção de pinos de Schanz com roscas mais curtas, de forma que permitisse na sua colocação a introdução até o talo liso, e que este ficasse dentro da cortical do osso. Essa última opção implica em dificuldades para aplicação na atividade clínica em razão das diversidades morfológicas entre os pacientes, além da necessidade do uso de brocas de diâmetro maior. Essa variação na configuração dos pinos de Schanz foge ao determinado para o presente estudo, e será motivo de trabalho no futuro.

## CONCLUSÕES

- 1- Os fixadores externos lineares montados com pinos de Schanz com diâmetro de 4,5 mm e de 5,5 mm e alma no segmento com rosca de 3,2mm não apresentam diferença na resistência à torção.
- 2- Os fixadores externos lineares montados com pinos de Schanz de 5,5 mm com alma de 4,5 mm no segmento rosqueado apresentam resistência mecânica à torção estatisticamente superior aos pinos com diâmetro de alma de 3,2 mm.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Dougherty PJ, Vickarious B, Conley E, Hickerson K. A comparison of two military temporary femoral external fixators. Clin Orthop 2003; 412:176-83.
- 2- Sladicka SJ, Duffin SR, Erpelding JM. A biomechanical strength comparison of external fixators. J Trauma 1998; 44: 965-9.
- 3- Mercadante MT, Kojima KE, Hungria JOS, Zan RA. Estudo mecânico comparativo de quatro montagens de fixador externo monolateral submetidos à força de torção. Rev Bras Ortop 2003; 38:106-16.
- 4- Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowsky MF, Schemitsch EH. Treatment of the open fractures of the shaft of the tibia. J Bone Joint Surg Br 2000; 82:62-8.
- 5- Court-Brown CM, Wheelwright EF, Christie J, McQueen MM. External fixation for type III open tibial fractures. J Bone Joint Surg Br 1990; 72:801-4.
- 6- Reynolds MA, Richardson JD, Spain DA et al. Is timing of fracture fixation important for the patient with multiple trauma? Ann Surg 1995; 222:470-81.
- 7- Hungria-Neto JS, Mercadante MT, Teixeira AA, Fregoneze M, Abagge M, Costa K. Uso do fixador externo modular AO simplificado no atendimento de emergência dos politraumatizados. Rev Bras Ortop 1996; 31:559-63.
- 8- Nowortarski PJ, Turen CH, Brumback RJ, Scarboro JM. Conversion of external fixation to intramedullary nailing for fractures of the shaft of the femur in multiply injured patients. J Bone Joint Surg Am 2000; 82:781-8.
- 9- Ramos M, Rotbando I, Shehata I. Estudo do comportamento mecânico de sistemas de fixação externa. Rev Bras Ortop 1999; 34:469-74.