

## Estabilidade das Fraturas do Estiloide do Rádio Distal utilizando Fios De Kirschner versus Parafuso Cortical com Arruela – Estudo Biomecânico

*Stability of Distal Radius Styloid Fractures using Kirschner Wires versus Cortical Screw – Biomechanical Study*

*Estabilidad de las Fracturas de Estiloides del Radio Distal Utilizando Agujas de Kirschner versus Tornillo de Cortical con Arandela: Estudio Biomecánico*

Filipe Borges Teixeira **CARDOSO**

*Cirurgião de Mão pelo Serviço de Cirurgia da Mão do Hospital Lifecenter, 30110-921 Belo Horizonte - MG, Brasil*

Luis Guilherme Rosifini Alves **REZENDE**

*Médico Assistente, Departamento de Ortopedia e Anestesiologia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto,*

*Universidade de São Paulo (FMRP-USP), 14049-900 Ribeirão Preto, SP, Brasil*

<https://orcid.org/0000-0002-2037-0135>

Filipe Jun **SHIMAOKA**

*Médico Assistente, Departamento de Ortopedia e Anestesiologia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto,*

*Universidade de São Paulo (FMRP-USP), 14049-900 Ribeirão Preto, SP, Brasil*

<https://orcid.org/0000-0002-1475-1396>

Antonio Carlos **SHIMANO**

*Professor Associado, Departamento de Ortopedia e Anestesiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo*

*(FMRP-USP), 14049-900 Ribeirão Preto - SP, Brasil*

<https://orcid.org/0000-0002-3119-2362>

Antônio Tufi **NEDER FILHO**

*Departamento de Ortopedia e Anestesiologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FMRP-USP), 14049-*

*900 Ribeirão Preto - SP, Brasil*

<https://orcid.org/0000-0002-3680-2705>

### Resumo

Introdução: As fraturas do estiloide radial desviadas podem ser manejadas cirurgicamente por diversas técnicas de osteossíntese já descritas. O objetivo deste estudo biomecânico foi comparar duas técnicas de fixação utilizadas no tratamento das fraturas do estiloide radial, uma delas com dois fios de Kirschner convergentes, a outra com parafuso cortical e arruela. Métodos: foram criados 10 modelos de extremidade distal do rádio reproduzindo a fratura do estiloide radial, tipo AO/OTA 2R3 B1.1, por meio de impressora 3D e dimensões idênticas às do modelo Sawbones® 3047 utilizado em ensaios biomecânicos prévios. Os modelos foram divididos em 2 grupos contendo de 5 unidades cada. Um dos grupos foi fixado com 2 fios de Kirschner 1,5 mm convergentes, o outro grupo com um parafuso cortical 3,5 mm e arruela. As variáveis comparadas foram força máxima, deflexão e rigidez durante os ensaios mecânicos de compressão axial. Resultados: observou-se que força máxima, deflexão e energia são, em média, maiores nos corpos de prova fixados com fio de Kirschner do que nos corpos de prova com um parafuso e arruela (Teste t de Student,  $p < 0,05$ ). Por sua vez, a rigidez foi maior na avaliação dos corpos de prova fixados com um parafuso e arruela do que com fio de Kirschner (Teste t de Student,  $p < 0,05$ ). Conclusão: ambas as técnicas permitem a mobilização precoce, com rigidez adicional com o uso de parafuso compressivo.

**Descritores:** Fenômenos Biomecânicos; Traumatismos do Punho; Equipamentos Ortopédicos; Próteses e Implantes.

### Abstract

Introduction: Displaced radial styloid fractures can be surgically managed using several osteosynthesis techniques. This biomechanical study compared two fixation techniques used in radial styloid fracture management, one with two converging Kirschner wires and the other with a cortical screw and washer. Methods: 10 models of the distal end of the radius were created, reproducing the fracture of the radial styloid, type AO/OTA 2R3 B1.1, using a 3D printer and dimensions identical to those of the Sawbones® 3047 model used in the previous biomechanical tests. The models were divided into two groups containing five units each. One of the groups was fixed with 2 converging 1.5 mm Kirschner wires and the other with a 3.5 mm cortical screw and washer. The variables compared were maximum force, deflection, and stiffness during mechanical axial compression tests. Results: It was observed that maximum force, deflection, and energy are, on average, greater in specimens fixed with Kirschner wire than in specimens with a screw and washer (Student's t-test,  $p < 0.05$ ). In turn, stiffness was higher in evaluating specimens fixed with a screw and washer than with Kirschner wire (Student's t-test,  $p < 0.05$ ). Conclusion: both techniques can allow early mobilization, with additional rigidity of the compressive screw.

**Descriptors:** Biomechanical Phenomena; Wrist Injuries; Orthopedic Equipment; Prostheses and Implants.

### Resumen

Introducción: Las fracturas de estiloides radial desplazadas pueden ser manejadas quirúrgicamente mediante diversas técnicas de osteosíntesis. Este estudio biomecánico comparó dos técnicas de fijación utilizadas en el tratamiento de fracturas de estiloides radial, una con dos agujas de Kirschner convergentes y la otra con un tornillo de cortical y una arandela. Métodos: se crearon 10 modelos del extremo distal del radio, reproduciendo la fractura de la estiloides radial, tipo AO/OTA 2R3 B1.1, utilizando una impresora 3D y dimensiones idénticas a las del modelo Sawbones® 3047 utilizado en el anterior pruebas biomecánicas. Los modelos se dividieron en dos grupos que contenían cinco unidades cada uno. Uno de los grupos se fijó con 2 agujas de Kirschner convergentes de 1,5 mm y el otro con tornillo de cortical y arandela de 3,5 mm. Las variables comparadas fueron la fuerza máxima, la deflexión y la rigidez durante los ensayos mecánicos de compresión axial. Resultados: se observó que la fuerza máxima, la deflexión y la energía son, en promedio, mayores en las probetas fijadas con alambre de Kirschner que en las probetas con tornillo y arandela (t de Student,  $p < 0,05$ ). A su vez, la rigidez fue mayor al evaluar especímenes fijados con tornillo y arandela que con alambre de Kirschner (prueba t de Student,  $p < 0.05$ ). Conclusión: ambas técnicas pueden permitir una movilización temprana, con rigidez adicional del tornillo compresivo.

**Descriptores:** Fenómenos Biomecánicos; Traumatismos de la Muñeca; Equipo Ortopédico; Prótesis e Implantes.

### INTRODUÇÃO

Fraturas da extremidade distal do rádio estão entre as mais comuns nos atendimentos de traumatologia, com uma taxa estimada de 190-200 casos por 100.000 indivíduos-ano,

correspondendo até a 14% de todas as fraturas<sup>1</sup>. Algumas séries relatam uma predominância de até 44% de todas as fraturas nos serviços de urgência<sup>2</sup>. Em relação à sua frequência, é observada uma distribuição

bimodal, com picos entre adolescentes do sexo masculino decorrente de traumas de alta energia e em idosos com associação a osteoporose e traumas de baixa energia<sup>3</sup>. A descrição da fratura do estiloide radial, chamada variante de *Chauffeur*, ou simplesmente fratura do Chofer, é atribuída ao ortopedista francês Just-Marie-Marcellin Lucas-Championnière no início do século 20, seu traço de fratura se da superfície articular até a metáfise, resultando em um fragmento triangular que inclui o estiloide radial<sup>4</sup>. A invenção do automóvel com um mecanismo de partida com manivela no início do século XX fazia com que houvesse um trauma em hiperextensão do punho se o motor disparasse repentinamente em sentido anti-horário. Por esse motivo, a fratura do estiloide radial ficou, à época, conhecida como uma lesão tipicamente ocupacional, mecanismo hoje considerado raro, envolvendo também o trauma repetitivo em atletas<sup>5,6</sup>.

Biomecanicamente, a fratura de *Chauffeur* decorre de uma força de compressão ou cisalhamento do escafoide sobre sua fossa no rádio; ou ao mecanismo de avulsão causado por desvio ulnar e supinação abruptos que gera tensão sobre o ligamento radio-escafo-capitato, que pode originar o traço de fratura em sua origem no estiloide do rádio<sup>2</sup>. Melone, incluiu o estiloide radial como um fragmento decorrente de força de compressão em sua classificação.<sup>7</sup> Outros sistemas de classificação de fraturas também o descrevem, como a Classificação AO/OTA, codificada como 2R3 B1.1<sup>8</sup>.

O tratamento das fraturas de rádio distal abrange técnicas não cirúrgicas, abertas e percutâneas de fixação. O tratamento não cirúrgico com tutor externo está reservado para fraturas estáveis, não desviadas ou minimamente desviadas. Fraturas desviadas, instáveis são tratadas cirurgicamente para reestabelecer alinhamento, função e prevenir artrose precoce<sup>2</sup>. Em relação às fraturas do estiloide radial, os métodos percutâneo e minimamente aberto são preconizados para fraturas desviadas, ou seja, aquelas com desvio articular ou degrau maior que 2 mm. Neste caso, frequentemente é possível fixar as fraturas com parafusos através de um pequeno acesso, a depender do tamanho do fragmento<sup>9</sup>. A fixação percutânea com fios de Kirschner é criticada por não permitir a mobilização precoce, risco de migração dos implantes e desvio rotacional das fraturas (fazendo-se necessária imobilização complementar) e pela dificuldade de posicionamento dos fios de Kirschner, já que

estudos em cadáveres frescos demonstraram risco de lesão neurológica e tendínea<sup>10,11</sup>. O melhor entendimento das fraturas da extremidade distal rádio, devido principalmente à teoria colunar de Kikli e Regazzoni, tem mudado o tratamento das mesmas, havendo hoje uma preferência às técnicas de redução aberta e fixação interna<sup>12</sup>.

Neste estudo, desenvolvemos um ensaio mecânico para estudar e comparar as propriedades mecânicas de dois modelos de fixação de fraturas rádio distal fabricados em impressoras 3D, um modelo fixado com fios de Kirschner e outro modelo com parafuso cortical e arruela. Os ensaios clínicos e estudos experimentais estão associados ao elevado consumo de tempo, custo, variabilidade dos espécimes e questões éticas<sup>13</sup>. Foram criados dois grupos de rádios distais artificiais com fratura do estiloide radial, com traço de fratura simples articular sagital, envolvendo a fossa do escafoide, fabricados de forma padronizada e anatômica em impressora 3D e submetidos a cargas fisiológicas, simulando aquelas a que se submete o punho durante as primeiras semanas pós-operatórias até a consolidação inicial, quando se busca a mobilização precoce.

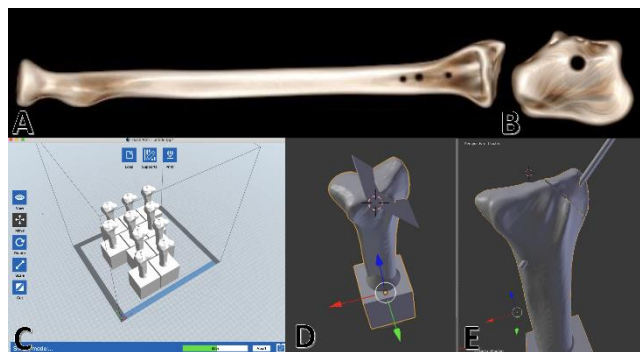
O objetivo deste estudo foi comparar as propriedades mecânicas dos modelos fixados com dois fios der Kirschner convergentes versus um parafuso com arruela para fraturas do estiloide radial, do tipo AO/OTA 2R3 B1.1.

#### **MATERIAL E MÉTODO**

O modelo utilizado neste estudo tem um fragmento do estiloide radial criado nas mesmas dimensões em impressora 3D *FlashForge Guider II S®* (Zhejiang Flashforge 3D Technology Co., Ltd., Zhejiang, China), caracterizando uma fratura do estiloide radial, simples, instável, anatomicamente reduzida, como pressupõe seu adequado tratamento<sup>14</sup>.

Foram utilizadas medidas iguais às da extremidade distal do rádio, modelo 3407 (Sawbones™, Pacific Laboratories Inc., Vashon, WA; model #3407). Esse modelo já havia sido utilizado em outros ensaios mecânicos de fraturas da extremidade distal do rádio, e foram utilizadas as medidas de reconstrução tridimensional do tomógrafo Emotion (16 canais, Siemens™) no laboratório Hermes Pardini, em Belo Horizonte, com resolução de (512 x 512) e distância entre cortes de 1 mm, no qual foram gerados arquivos *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM)<sup>15,16</sup>. A partir dos arquivos DICOM realizamos a reconstrução das imagens no software

InVesalius™ e obtivemos as reconstruções das superfícies em formato *Stereolithography* (STL), conforme Figura 1A-B. As medidas dos modelos dos corpos de prova foram: a) comprimento total com base 131 mm, b) base 30 mm x 30 mm x 30 mm, corte plano impresso a 10 mm da extremidade distal em 45° com o plano sagital (Figura 1C-E).



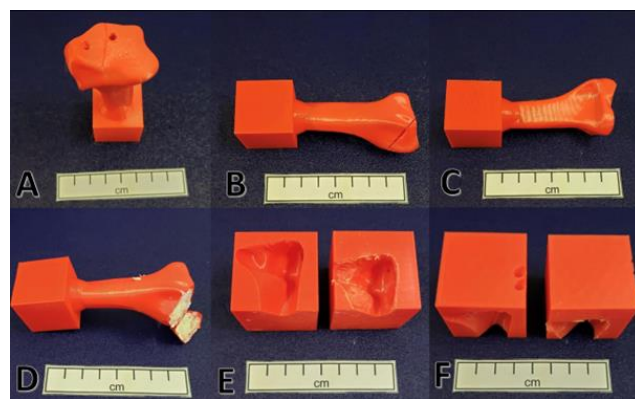
**Figura 1.** A-B: Reconstrução das superfícies articulares em formato *Stereolithography* (STL). A: vista anterior. B: axial de tomografia. C-E: Planejamento dos modelos. C: Impressão dos ossos. D. Guia de corte. E. Guia de Perfuração. Fonte: acervo dos autores.

Na impressão, incluímos um orifício em todos os fragmentos para manter o vetor de deformação fixo durante todo o ensaio (Figura 2A-C). A impressora foi utilizada para produção dos modelos em PLA filamentar (ácido polilático filamentar, lote 028687, 3D Prime Soluções em Impressão 3D e Comércio Eireli, São Paulo, SP, Brasil), a uma velocidade de 80mm/s, a uma espessura de 0,30 mm por camada, com densidade de preenchimento de 10% e padrão hexagonal, com resolução rápida. A plataforma permaneceu a 30°C e o extrusor do polímero a 220°C. Os corpos de prova prontos, com uma base do mesmo material, foram preenchidos em 35% do volume com espuma expansiva Quartzolit® (mistura de polióis, isocinatos e gás propelente) a uma temperatura de 22°C, e foram aguardados 40 minutos para o corte o excesso, com espátula de precisão, conforme indicado pelo fabricante (distribuído por Saint-Gobain do Brasil produtos industriais e para construção LTDA, Jandira, São Paulo, Brasil. Fabricado na Eslovênia). A espuma simulou o osso esponjoso (Figura 2D).

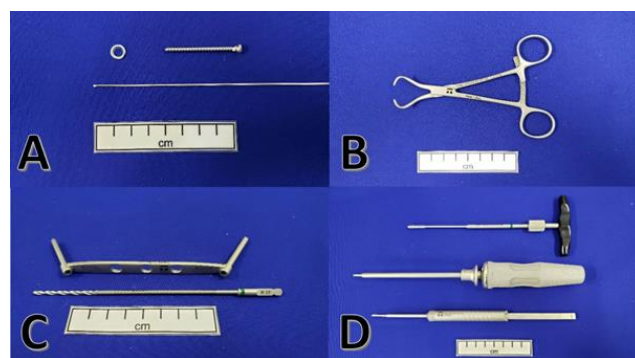
Para garantir a fixação idêntica em cada corpo de prova, também foram desenvolvidos guias para fios de Kirschner de espessura 1,5 mm e broca dos parafusos corticais 3,50 mm. A direção dos guias dos implantes escolhida era distal-proximal e volar-dorsal, conforme a recomendação clássica.<sup>9</sup> Os guias também foram feitos para os parafusos corticais, e foi escolhido o uso de somente um parafuso por

causa do tamanho limitado do fragmento. Os guias foram impressos em PLA, a uma velocidade de 60 mm/s, com uma espessura de 0,18 mm por camada, com densidade de preenchimento de 15 % e padrão hexagonal, com resolução padrão. A plataforma permaneceu a 30° C e o extrusor do polímero a 220° C (Figura 2E-F). Após o preparo dos corpos de prova, foi destacado o fragmento de cada u

m deles antes da fixação com auxílio dos guias. A fixação dos fragmentos foi realizada com auxílio dos instrumentais da caixa de pequenos fragmentos (Tóride Ind. – Mogi Mirim, São Paulo). Foram utilizados 2 fios metálicos lisos de 1,5 mm (código 32015E), em direção convergente para cada corpo de prova do grupo 1 e 1 parafuso cortical 3,5 mm x 40 mm (código 10440) e uma arruela circular (código 132135) para cada corpo de prova no grupo 2 (Hexagon Ind. E Com. Implantes Ortop. LTDA, Itapira, São Paulo, Brasil), conforme Figura 3.



**Figura 2.** Modelo impresso com orifício. A: vista antero-superior. B: vista póstero-lateral. C: vista antero-medial. D: modelo preenchido com espuma. E-F: guias impressos. E: vista anterior. F: vista superior. Fonte: acervo dos autores.



**Figura 3.** Material de síntese e instrumental. A: Fio guia, parafuso e arruela. B: Backaus de redução. C: Broca e guia de broca. D: Medidor de parafuso, macho de parafuso e chave do parafuso. Fonte: acervo dos autores.

Os ensaios mecânicos de compressão axial foram realizados na máquina universal de ensaio EMIC® modelo DL 10000 – São José dos Pinhais – Paraná – Brasil do laboratório de

bioengenharia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (FMRP/USP). A célula de carga utilizada foi de 200kgf (Figura 4).



Figura 4. Ensaio Biomecânico. A: máquina de ensaio biomecânico. B: ensaio biomecânico com parafuso. C: ensaio biomecânico com fios de Kirschner. Fonte: acervo dos autores.

**RESULTADOS**

O banco de dados foi confeccionado em Excel, com os resultados obtidos na máquina universal de ensaios EMIC®, modelo DL10000, no Software TESC®. Foram avaliados os resultados dos 10 modelos, sendo que, para o ensaio, cinco modelos de ensaio receberam dois fios de Kirschner convergentes e cinco um parafuso cortical com arruela apropriada (Figuras 5 e 6). As variáveis quantitativas avaliadas foram Força Máxima, Deflexão, Rigidez e Energia. As análises foram realizadas nos programas R versão 3.3.2 e MINITAB. Foi utilizado nível de significância de 5%. Os resultados foram obtidos por meio de medidas de tendência central (média e mediana) e medidas de dispersão (desvio-padrão) e apresentados em histogramas e gráficos *box-plot*. Neste tipo de gráfico, os asteriscos indicam observações consideradas como valores extremos, ou seja, muito diferentes dos valores apresentados pelas outras observações, expressos em quartis. As comparações entre as montagens e as características na forma quantitativa foram analisadas pelos testes t de Student, Shapiro-Wilk e Levene. As diferenças entre as montagens foram ilustradas por gráficos tipo *interval-plot*, apresentadas como médias (indicadas pelos círculos) e os intervalos de confiança de 95% (IC<sub>95%</sub>).

As descrições da força máxima, deflexão, rigidez e energia contendo as variáveis estudadas dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela são apresentadas nas Tabela 1 e 2, respectivamente. Os histogramas e os gráficos *box-plots* das variáveis quantitativas analisadas estão expressos nas Figuras 7 a 14, respectivamente.

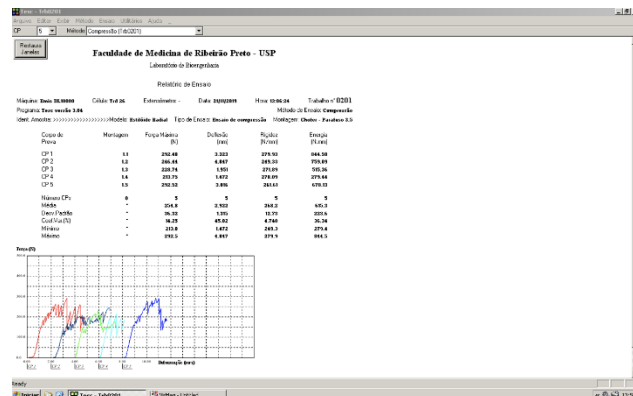


Figura 5: Gráfico obtido no software: parafuso (Fonte: acervo dos autores).

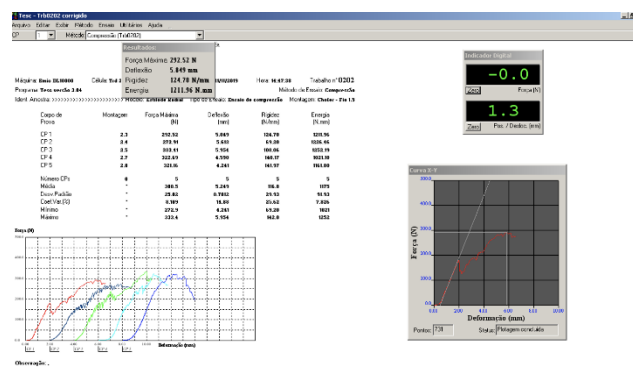


Figura 6: Gráfico obtido no software: fio de kirschner (Fonte: acervo dos autores).

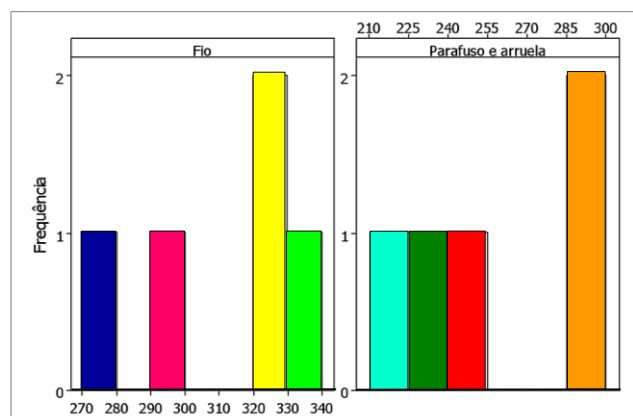


Figura 7. Histograma da força máxima (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.

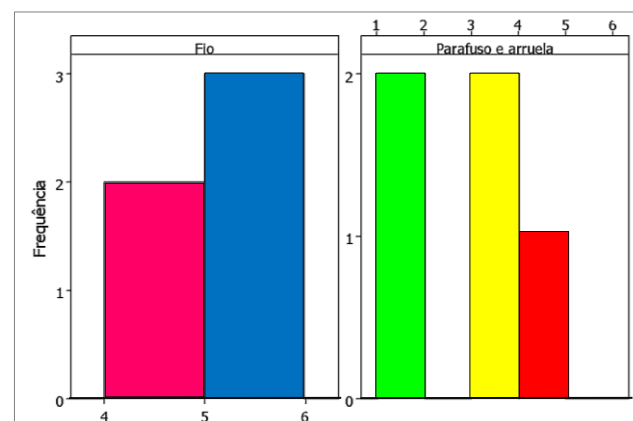
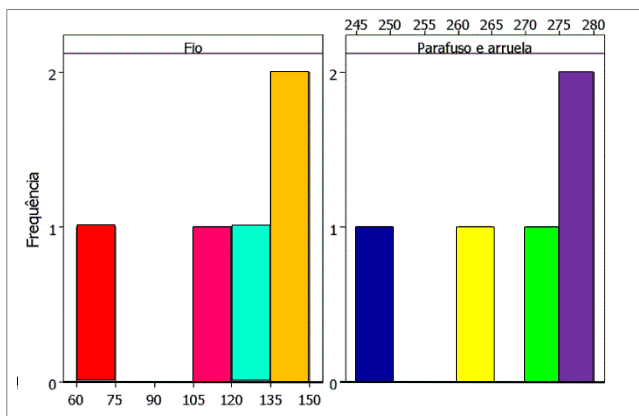
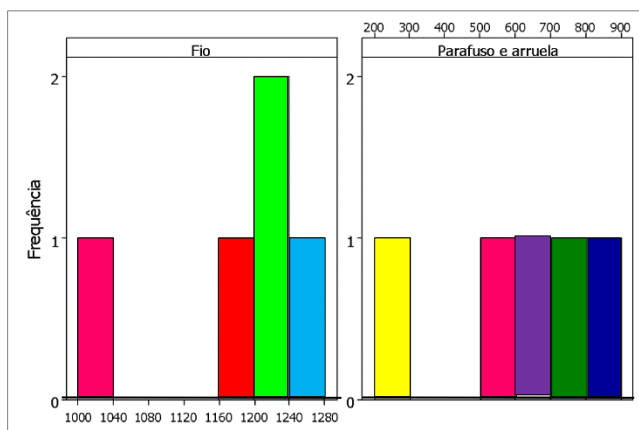


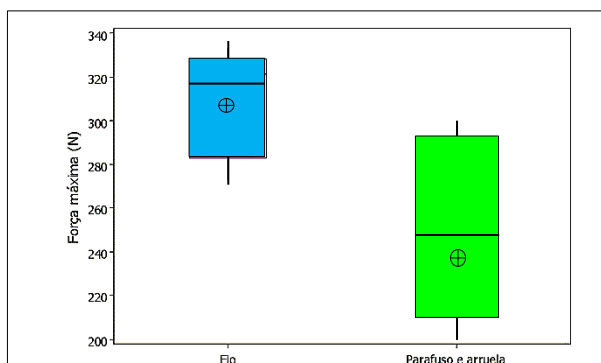
Figura 8. Histograma de deflexão (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.



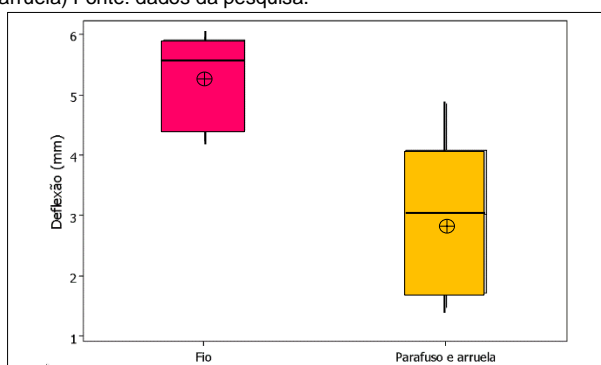
**Figura 9.** Histograma de rigidez (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.



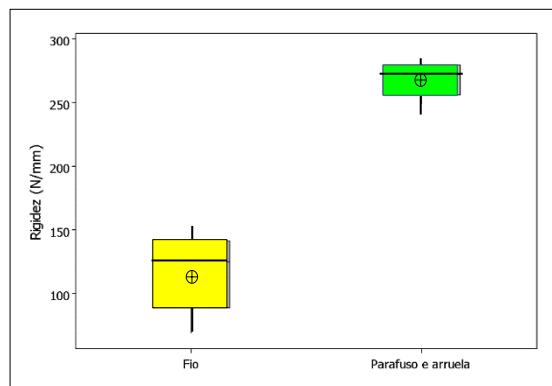
**Figura 10.** Histograma de energia (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.



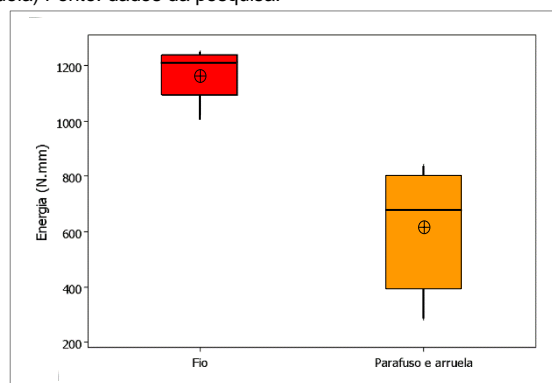
**Figura 11.** Box-plots da força máxima (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.



**Figura 12.** Box-plots da deflexão (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.



**Figura 13.** Box-plots da rigidez (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.



**Figura 14.** Box-plots da energia (variável quantitativa dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela) Fonte: dados da pesquisa.

**Tabela 1.** Descrição da força máxima, deflexão, rigidez e energia dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner

Fios de Kirschner	Média	DP	CV	MIN	1ºQ	MN	3ºQ	MAX
Força máxima (N)	308,50	25,00	8,11	272,90	282,70	321,20	328,10	333,40
Deflexão (mm)	5,249	0,78	14,880	4,241	4,416	5,613	5,902	5,954
Rigidez (N/mm)	116,80	29,90	25,62	69,20	88,60	124,70	141,10	142,00
Energia (N·mm)	1174,70	91,90	7,83	1021,20	1091,50	1212,00	1239,30	1252,20

Legenda: DP: Desvio-padrão; CV: Coeficiente de variação MIN: Mínimo; 1ºQ: 1º Quartil; MN: Mediana; 3ºQ: 3º Quartil; MAX: Máximo (Fonte: Dados da pesquisa).

**Tabela 2.** Descrição da força máxima, deflexão, rigidez e energia dos corpos de prova fixados com parafuso cortical e uma arruela

Parafuso e Arruela	Média	DP	CV	MIN	1ºQ	MN	3ºQ	MAX
Força máxima (N)	254,80	36,30	14,26	213,80	221,20	246,40	292,50	292,50
Deflexão (mm)	2,922	1,32	45,020	1,472	1,712	3,016	4,085	4,847
Rigidez (N/mm)	268,17	12,73	4,75	249,33	255,47	271,89	279,01	279,93
Energia (N·mm)	615,00	224,00	36,34	279,00	397,00	678,00	802,00	845,00

Legenda: DP: Desvio-padrão; CV: Coeficiente de variação MIN: Mínimo; 1ºQ: 1º Quartil; MN: Mediana; 3ºQ: 3º Quartil; MAX: Máximo (Fonte: Dados da pesquisa).

As comparações dos resultados dos ensaios da força máxima, deflexão, rigidez e energia dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela estão disponíveis na Tabela 3.

**Tabela 3.** Comparações dos resultados dos ensaios da força máxima, deflexão, rigidez e energia dos corpos de prova fixados com fio de Kirschner e com parafuso cortical e uma arruela.

Ensaio	Fio de Kirschner			Parafuso e arruela			Valor-p <sup>1</sup>
	Média	DP	MN	Média	DP	MN	
Força máxima (N)	308,50	25,00	321,20	254,80	36,30	246,40	0,026
Deflexão (mm)	5,249	0,78	5,613	2,922	1,32	3,016	0,009
Rigidez (N/mm)	116,80	29,90	124,70	268,17	12,73	271,89	<0,001
Energia (N·mm)	1174,70	91,90	1212,00	615,00	224,00	678,00	0,001

Legenda: DP: Desvio-padrão; MN: Mediana (Fonte: Dados da pesquisa).

Observa-se significância estatística em todas as comparações (valor-p ≤ 0,05). Os

corpos de prova fixados com fio de Kirschner apresentaram força máxima, em média, 53,75 N maior (IC<sub>95%</sub>: 8,27 a 99,24), deflexão, em média, 2,378 mm maior (IC<sub>95%</sub>: 0,750 a 3,905) e, em média, energia 559,41 N·mm maior (IC<sub>95%</sub>: 310,11 a 808,72) que com parafuso e arruela; já os corpos de prova fixados com parafuso cortical e arruela apresentaram, em média, rigidez 151,35 N/mm maior (IC: 117,80 a 184,90) que os fixados com fio de Kirschner. Estes resultados encontram-se disponíveis nas Figuras 15 a 18.

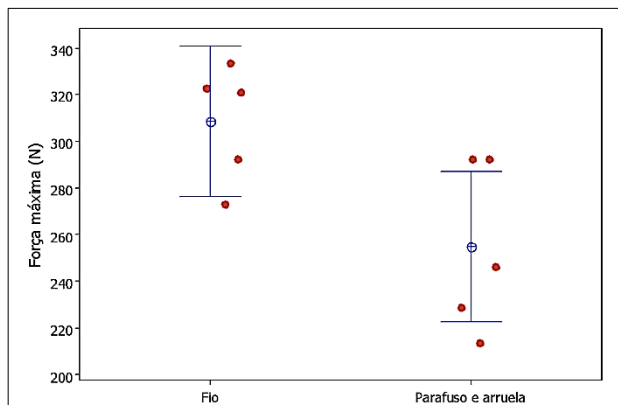


Figura 15. Resultados da análise comparativa para força máxima expressos em Interval-plot por montagem (Fonte: dados da pesquisa).

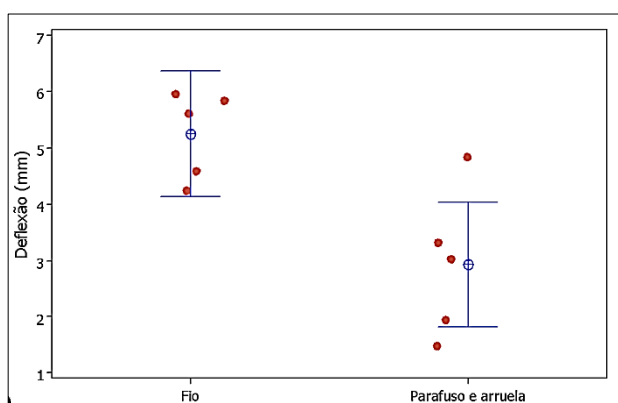


Figura 16. Resultados da análise comparativa para deflexão expressos em Interval-plot por montagem (Fonte: dados da pesquisa).

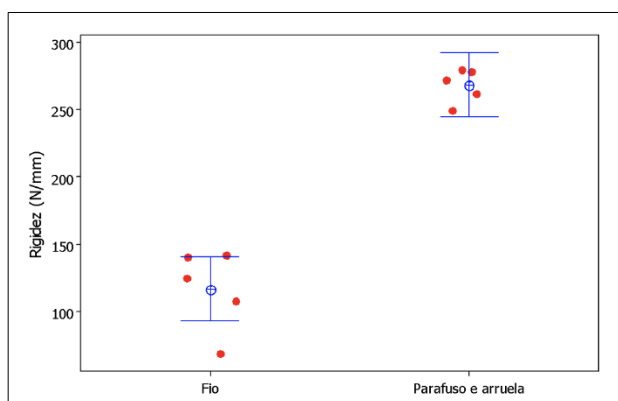


Figura 17. Resultados da análise comparativa para rigidez expressos em Interval-plot por montagem (Fonte: dados da pesquisa).

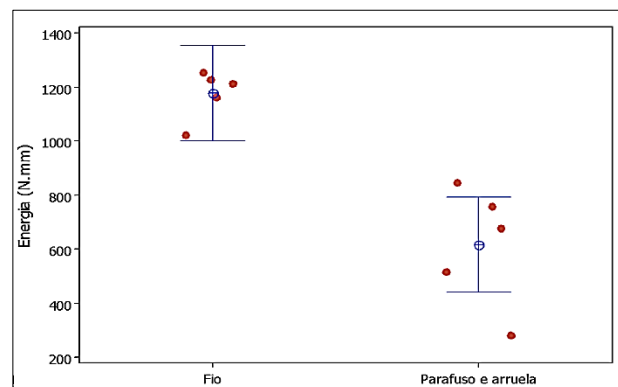


Figura 18. Resultados da análise comparativa para energia expressos em Interval-plot por montagem (Fonte: dados da pesquisa).

## DISCUSSÃO

Enquanto a fixação das fraturas da extremidade distal do rádio tem sido discutida por muitos autores, o presente estudo é o primeiro a investigar, pelo conhecimento dos autores, a fixação da fratura do estiloide radial usando um modelo de fratura.<sup>17,18</sup>

Em alguns casos de fraturas simples do estiloide radial, resultados satisfatórios são atingidos com manipulação fechada e imobilização gessada.<sup>4</sup> A principal indicação de tratamento cirúrgico é o desvio ou degrau articular radio-carpal.<sup>19</sup> As funções da articulação do punho dependem da integridade do eixo do rádio, enquanto o estiloide radial desempenha inegável papel na estabilidade do carpo.<sup>20</sup> Assim, a reconstrução da superfície articular com fixação rígida dos fragmentos principais é a chave para reduzir o risco de artrose pós traumática e atingir retorno às atividades.<sup>21</sup> Em outras palavras, obter e manter a redução anatômica da fratura até a consolidação óssea é o desfecho desejado.<sup>22</sup>

A fixação rígida da fratura com técnica de compressão mobilização precoce, reduzindo a rigidez articular e fraqueza decorrentes do desuso prolongado do membro acometido, o que pode ser considerado particularmente importante nos portadores de fraturas bilaterais. A fixação técnica percutânea traz alguns inconvenientes como os danos aos tendões e aos nervos no bordo radial.<sup>23,24</sup>

A associação com lesões ligamentares do carpo e fraturas do escafoide sugere que as fraturas menos complexas do estiloide radial correspondam a estágios menos graves de instabilidade perilunar. Portanto, a possibilidade de lesão do carpo deve ser considerada na escolha do tratamento.<sup>25</sup>

Assim como outros estudos biomecânicos, este estudo apresentou limitações. No estudo, não foram abordados todos os padrões das fraturas do estiloide radial

nem todos os implantes já descritos na literatura. Também não foram realizados ensaios de com movimentos de rotação e translação que também atuam no punho, conforme já demonstrado, apenas de compressão.<sup>26</sup> Tais movimentos são evitados na reabilitação precoce, até a consolidação da fratura.<sup>27</sup> O desequilíbrio das forças pode ser causado pela ausência de músculos antagonistas e não pôde ser considerado. O uso de fios de Kirschner com maior diâmetro poderia aumentar a rigidez do sistema de fixação para esse padrão de fratura. A direção dos fios de Kirschner escolhida pode não ser necessariamente aplicável a qualquer angulação de traço de fratura ou tamanho do fragmento, o que poderia alterar os resultados. Ainda não são considerados a fatores individuais para consolidação, como o tabagismo, que podem levar ao risco de pseudartrose.

Estudos prévios demonstraram que forças compressivas com leve movimentos do punho e movimentos dos dígitos variam de 90 a 150 N.<sup>28</sup> Os ensaios envolveram essa força de compressão nos testes para tentar reproduzir o padrão de cargas fisiológicas nas primeiras 6 semanas de reabilitação.<sup>29</sup>

Os resultados apresentados demonstram que ambas as técnicas permitem a mobilização precoce, com rigidez adicional com o uso de parafuso compressivo. Contudo, este estudo não foi capaz de esgotar o tema neste assunto, bem como transpor os valores estudados para outras montagens ou parafusos canulados convencionais ou sem cabeça, bem como placas bloqueadas ou fragmento-específicos.

#### CONCLUSÃO

Concluiu-se que a força máxima, deflexão e energia são, em média, maiores nos corpos de prova fixados com fio de Kirschner do que nos corpos de prova com um parafuso e arruela. Por sua vez, a rigidez foi maior na avaliação dos corpos de prova fixados com um parafuso e arruela do que com fio de Kirschner.

#### REFERÊNCIAS

1. Stanbury SJ, Salo A, Elfar JC. Biomechanical analysis of a volar variable-angle locking plate: the effect of capturing a distal radial styloid fragment. *J Hand Surg Am.* 2012;37(12):2488-94.
2. Hozack BA, Tosti RJ. Fragment-Specific Fixation in Distal Radius Fractures. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2019;12(2):190-97.
3. Wæver D, Madsen ML, Rölfing JHD, Borris LC, Henriksen M, Nagel LL, et al. Distal radius fractures are difficult to classify. *Injury.* 2018;49 Suppl 1:S29-S32.
4. Andreotti M, Tonon F, Caruso G, Massari L, Riva MA. The "Chauffeur Fracture": Historical Origins of an Often-Forgotten Eponym. *Hand (N Y).* 2020;15(2):252-54.
5. Lund FB. Fracture of the radius in starting automobiles. *Boston Med Surg J.* 1904;18:481-83
6. Fujioka H, Tsunemi K, Tanaka J. Bilateral stress fractures of the radial styloid processes in a gymnast. *J Hand Surg Eur Vol.* 2010;35(3):243-44.
7. Melone CP Jr. Articular fractures of the distal radius. *Orthop Clin North Am.* 1984;15(2): 217-36.
8. Fricker R, Jupiter J E Kastelec M. Distal forearm Partial articular, sagittal simple radial fracture, involving scaphoid fossa. *AO Surgery Reference,* 2019.
9. Ring D, Jupiter JB. Percutaneous and limited open fixation of fractures of the distal radius. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;(375):105-15.
10. Habernek H, Weinstabl R, Fialka C, Schmid L. Unstable distal radius fractures treated by modified Kirschner wire pinning: anatomic considerations, technique, and results. *J Trauma.* 1994;36(1):83-8.
11. Chen Y, Zheng X, Wang J, Zhu Y, Zhan C. Reliable techniques to avoid damaging the superficial radial nerve due to percutaneous Kirschner wire fixation of the distal radius fracture through the radial styloid process. *Surg Radiol Anat.* 2010;32(8):711-17.
12. Jakob M, Rikli DA, Regazzoni P. Fractures of the distal radius treated by internal fixation and early function. A prospective study of 73 consecutive patients. *J Bone Joint Surg Br.* 2000;82(3):340-44.
13. Appel LJ. A primer on the design, conduct, and interpretation of clinical trials. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2006;1(6):1360-67.
14. Freeland AE, Geissler WB. The arthroscopic management of intra-articular distal radius fractures. *Hand Surg.* 2000;5(2):93-102.
15. Drobetz H, Weninger P, Grant C, Heal C, Muller R, Schuetz M, et al. More is not necessarily better. A biomechanical study on distal screw numbers in volar locking distal radius plates. *Injury.* 2013;44(4):535-39.
16. Neder Filho AT. Estabilidade de fraturas intra-articulares da extremidade distal do rádio utilizando placas volares bloqueadas com parafusos unicorticais e bicorticais [tese]. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (USP); 2017.
17. Rausch S, Klos K, Stephan H, Hoffmeier K, Gras F, Windolf M, et al. Evaluation of a polyaxial angle-stable volar plate in a distal radius C-fracture model--a biomechanical study. *Injury.* 2011;42(11):1248-52.

18. Reichel LM, Bell BR, Michnick SM, Reitman CA. Radial styloid fractures. *J Hand Surg Am.* 2012;37(8):1726-41
19. Helm RH, Tonkin MA. The chauffeur's fracture: simple or complex? *J Hand Surg Br.* 1992;17(2):156-59.
20. Nakamura T, Cooney WP 3rd, Lui WH, Haugstvedt JR, Zhao KD, Berglund L, et al. Radial styloidectomy: a biomechanical study on stability of the wrist joint. *J Hand Surg Am.* 2001;26(1):85-93.
21. Zhang X, Zhang Y, Fan J, Yuan F, Tang Q, Xian CJ. Analyses of fracture line distribution in intra-articular distal radius fractures. *Radiol Med.* 2019;124(7):613-19.
22. Liu X, Wu WD, Fang YF, Zhang MC, Huang WH. Biomechanical comparison of osteoporotic distal radius fractures fixed by distal locking screws with different length. *PLoS One.* 2014; 9(7):e103371.
23. Yammine K, Rafi SM, Furhad S. Tendon and neurovascular injuries of the distal radius after pinning with Kirschner wires: A meta-analysis of cadaveric studies. *Clin Anat.* 2015;28(4):545-50.
24. Albeny TAP, Vaz BAS, Rezende LGRA, Shimaoka FJ, Cagnolati AF, Irusta AC et al. Correlação clínico-radiográfica Das Fraturas Articulares Completas do rádio Distal Tratadas Cirurgicamente. *Arch Health Invest.* 2020;9(3): 211-15.
25. Takase K, Morohashi A. A case of acute dorsal radiocarpal dislocation with radial styloid fracture. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2013;23 Suppl 2:S197-201.
26. Putnam MD, Meyer NJ, Nelson EW, Gesensway D, Lewis JL. Distal radial metaphyseal forces in an extrinsic grip model: implications for postfracture rehabilitation. *J Hand Surg Am.* 2000;25(3):469-75.
27. Willis AA, Kutsumi K, Zobitz ME, Cooney WP 3rd. Internal fixation of dorsally displaced fractures of the distal part of the radius. A biomechanical analysis of volar plate fracture stability. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(11):2411-17.
28. An KN, Chao EY, Cooney WP, Linscheid RL. Forces in the normal and abnormal hand. *J Orthop Res.* 1985;3(2):202-11.
29. Liporace FA, Gupta S, Jeong GK, Stracher M, Kummer F, Egol KA, Koval KJ. A biomechanical comparison of a dorsal 3.5-mm T-plate and a volar fixed-angle plate in a model of dorsally unstable distal radius fractures. *J Orthop Trauma.* 2005;19(3):187-91.

## CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflitos de interesse

## AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

**Luis Guilherme Rosifini Alves Rezende**

Av. Bandeirantes, 3900 - Vila Monte Alegre, Ribeirão Preto, SP, Brasil. CEP: 14049-900.

E-mail: lgrarezende@hcrp.usp.br

Submetido em 04/03/2023

Aceito em 30/04/2023