

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO  
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor

**HENRIQUE DE BARROS PINTO NETTO**

**Propriedades mecânicas de dois sistemas de osteossíntese empregando placa volar de  
rádio distal**

Ribeirão Preto

2017

HENRIQUE DE BARROS PINTO NETTO

**Propriedades mecânicas de dois sistemas de osteossíntese empregando placa volar de  
rádio distal**

**Versão corrigida**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Nilton Mazzer

Ribeirão Preto

2017

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

### FICHA CATALOGRÁFICA

Netto, Henrique de Barros Pinto

Propriedades mecânicas de dois sistemas de osteossíntese empregando placa volar de rádio distal.

Ribeirão Preto, 2017.

81f.: Il. ; 30 cm

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

Orientador: Mazzer, N.

1. Fratura. 2. Osteoporose. 3. Sawbone. 4. Placa de Rádio. 5. Biomecânica

Versão corrigida. A versão original encontra-se disponível tanto na Biblioteca da Unidade que aloja o programa, quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD)

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Henrique de Barros Pinto Netto. **Propriedades mecânicas de dois sistemas de osteossíntese empregando placa volar de rádio distal.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em:

### Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

*Dedicatória*

A *Deus*, por ter me encaminhado nas escolhas corretas, e pela força concedida para trilhar o meu caminho e chegar onde estou.

Aos meus Pais *Alda Siva de Barros* e *José de Barros Pinto*, por sempre terem me encorajado nas escolhas e por me criarem e me ensinarem a ser o que sou.

A minha família, por estar sempre ao meu lado para me apoiar nas minhas decisões e a amizade acima de tudo.

Dedico este trabalho

# *Agradecimientos*

## AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Nilton Mazzer**, meu orientador, por todo apoio durante o processo de preparação da dissertação, por todos os ensinamentos e aprendizado ao longo da pesquisa e pela paciência em todo o período de pós-graduação.

Ao **Prof. Dr. Antonio Carlos Shimano**, meu coorientador, pela contribuição ao meu crescimento profissional, acadêmico e científico. Agradeço pela paciência, disponibilidade de coorientação, correções e pela convivência. Obrigado!

Aos funcionários do Laboratório de Bioengenharia pela contribuição no período da pós-graduação.

A secretária do Programa de Pós-graduação, **Rita de Cássia Stela Cossalter** pela paciência e pela ajuda com toda a burocracia para as etapas de conclusão do mestrado.

A empresa Johnsons, pelo fornecimento de placas utilizadas no desenvolvimento do projeto.

E, a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do projeto.



*Resumo*

## RESUMO

NETTO, H. B. P. Propriedades mecânicas de dois sistemas de osteossíntese empregando placa volar de rádio distal. 2017. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2017.

Avaliar as propriedades mecânicas em dois sistemas de osteossíntese com o emprego de placa volar de rádio distal, alterando-se o tipo de parafuso utilizado quais sejam: bloqueados ou corticais, na fileira distal da placa bem como a colocação ou não de enxerto ósseo em modelos ósseos Sawbone™.

Trata-se de um estudo experimental de fraturas do rádio distal extra articular, consideradas instáveis, com dois fragmentos e com uma cunha dorsal de 11 mm (classificação AO 23 A3) e também com modelo de osteotomia de cunha aberta, frequentemente empregado por cirurgiões ortopédicos, na prática clínica.

Foram usados 10 (dez) ossos rádios Sawbone™ esquerdos (Código: 3407), validados para estudo biomecânico, os quais foram divididos em dois grupos de cinco ossos cada. Os grupos foram submetidos a dois sistemas de osteossíntese: sistema de fixação 1, placa volar de ângulo variável esquerda VA-LCP, dupla coluna, seis/três furos, com quatro parafusos bloqueados distais, dois parafusos bloqueados proximais e mais um parafuso cortical proximal e o sistema de fixação 2, utilizou a mesma placa volar de rádio, porém apenas trocou na fileira distal os quatro parafusos corticais.

Os modelos foram submetidos a testes mecânicos de flexão dorsal de 30 N e compressão axial de 250 N para avaliar a deflexão e a rigidez dos sistemas, alternando a colocação do enxerto ósseo. A seguir, houve o ensaio de carregamento cíclico de compressão de 250 N por 1000 HZ, simulando-se um pós-operatório de 6 semanas. Na segunda parte do estudo, foram realizados os mesmos testes de compressão axial e flexão dorsal, usando as mesmas forças de carregamento empregadas na primeira fase dos ensaios mecânicos, para avaliar as possíveis alterações na deflexão e rigidez.

Para se comparar as medidas aferidas entre os testes de flexão dorsal e compressão axial antes e depois do carregamento cíclico foi empregado o teste de *U* de *Mann-Whitney*, considerando-se um nível de significância de 5%.

Ao analisar os resultados obtidos, o sistema de fixação com parafuso cortical com enxerto (CC) se mostrou mais rígido, tanto na deflexão quanto na compressão ao ser comparado com os demais sistemas de fixação, principalmente com o bloqueado sem enxerto (BS).

Quanto a relevância clínica do estudo placas volar de rádio distal são comumente usadas nos tratamentos das fraturas do rádio distal, porém a configuração ideal dos parafusos distais não foi determinada. O sistema de fixação com quatro parafusos corticais com enxerto ósseo do ponto de vista biomecânico *in vitro*, os resultados se mostraram bastante confiáveis como uma proposta de tratamento.

**Palavras-chave:** fratura, osteoporose, Sawbone, placa de radio, biomecânica.

*Abstract*

## ABSTRACT

NETTO, H. B. P. The biomechanical properties in two osteosynthesis systems using volar distal radius plate. 2017. Thesis (Master Degree) – Faculty of Medicine of Ribeirão Preto, University of São Paulo. volar distal radius plate

Evaluating the biomechanical properties in two osteosynthesis systems using a volar distal radius plate by changing the type of screw used, whether locked or cortical, in the distal row of the plate, with or without bone grafting in Sawbone™ models.

This is an experimental study of fractures of the extra articular distal radius, considered to be unstable, with two fragments and a dorsal wedge of 11 mm (AO 23 A3 classification), as well as the open-wedge osteotomy model frequently used by Orthopedic surgeons, in clinical practice.

Ten left-hand radius bones, Sawbone™ (Code: 3407), validated for biomechanical studies were used. These were then divided into two groups of 5 bones each. The groups were submitted to two osteosynthesis systems: fixation system 1, VA-LCP left variable-angle volar plate, double-column, 6/3 holes, with four distal locked screws, two proximal locked screws and one proximal cortical screw. The fixation system 2 used the same volar plate, but only the four cortical screws were changed in the distal row.

The models were submitted to mechanical tests of dorsal flexion of 30 N and axial compression of 250 N to evaluate the deflection and stiffness of the systems, changing the placement of the bone graft. Next, there was the cyclic loading test of 250 N per 1000 HZ, simulating a 6-week post-op. In the second part of the study, the same tests of axial compression and dorsal flexion were performed, using the same loading forces used in the first phase of the mechanical tests to evaluate the possible changes in deflection and stiffness.

In order to compare the results between the dorsal flexion tests and axial compression before and after the cyclic loading, the *Mann-Whitney U* test was used, considering a level of significance of 5%.

When analyzing the results obtained, the cortical screw fixation system with graft was shown to be more rigid, both in deflection and in compression when compared to the other fixation systems, especially with the locked system without graft.

Regarding the clinical relevance of the study, the volar distal radius plate is commonly used in the treatments of distal radius fractures, however the ideal configuration of the distal screws has not yet been determined. The results of the fixation system with four cortical screws with bone graft, from a biomechanical point of view *in vitro*, proved to be a reliable form of treatment.

**Key-words:** fracture, osteoporosis, volar locking plate, Sawbone, biomechanics.

# *Lista de Figuras*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Modelo ósseo sawbone simulando uma fratura do radio distal instavel, com dois fragmentos e com cunha dorsal de 11mm (classificação AO 23 A3).....	<b>37</b>
<b>Figura 2.</b>	Apresenta o osso sawbone™ apoiado no gabarito de corte com 45 graus de inclinação sendo cortado a cunha dorsal a 20 mm e a 31 mm da superfície articular dorsal e distal do rádio, com uma serra circular de 0,5 mm adaptado a um torno mecânico.....	<b>38</b>
<b>Figura 3.</b>	Osso sawbone rádio esquerdo.....	<b>39</b>
<b>Figura 4</b>	Placa volar de rádio esquerda de angulo variavel VA-LCP, dupla coluna, seis/três furos, 2,4mm, Synthes™.....	<b>39</b>
<b>Figura 5.</b>	Parafuso bloqueadores 2,4mm.....	<b>40</b>
<b>Figura 6.</b>	Parafuso bloqueador com detalhe da cabeça com rosca cônica para bloquear no buraco da placa e recesso tipo star drive.....	<b>40</b>
<b>Figura 7.</b>	Parafuso cortical 2,4mm.....	<b>40</b>
<b>Figura 8.</b>	Parafuso cortical com detalhe da cabeça com baixo perfil para fixar no buraco da placa redondo ou combinado e recesso tipo <i>star drive</i> .....	<b>41</b>
<b>Figura 9.</b>	Apresenta a vista frontal do aparelho.....	<b>41</b>
<b>Figura 10.</b>	Apresenta a vista lateral do aparelho.....	<b>42</b>
<b>Figura 11.</b>	Sistema de fixação 1, placa volar de radio distal 2.4 mm esquerda, dupla coluna, com angulo variavel, VA-LCP, seis/três furos, com quatro parafusos bloqueadores distal, dois parafusos bloqueadores proximal e mais um parafuso cortical proximal.....	<b>43</b>
<b>Figura 12.</b>	Sistema de fixação dois, placa volar de rádio esquerda, VA-LCP, dupla coluna de angulo variavel, 6/3 furos, com quatro parafusos corticais distais, dois parafusos bloqueadores proximais e mais um parafuso cortical.....	<b>44</b>
<b>Figura 13.</b>	Máquina EMIC DL 10000 para ensaio mecânico para avaliar a resistência dos sistemas de fixação nos corpos de prova.....	<b>45</b>
<b>Figura 14.</b>	Apresenta um modelo preparado para realizar o carregamento cíclico de compressão na Máquina Universal de Ensaio Instron™ 8872.....	<b>46</b>

<b>Figura 15.</b>	Dispositivo de transmissão de força em flexão dorsal apoiado na crista distal volar do rádio.....	<b>47</b>
<b>Figura 16.</b>	Registro de um ensaio de compressão com um corpo de prova usando quatro parafusos bloqueados sem enxerto.....	<b>48</b>
<b>Figura 17.</b>	Média e desvio padrão da deflexão (em mm) segundo o tipo de ensaio de flexão, realizado com força de 30 Newtons.....	<b>54</b>
<b>Figura 18.</b>	Média e desvio padrão da rigidez (em N/mm) segundo o tipo de ensaio de flexão, realizado com força de 30 Newtons.....	<b>54</b>
<b>Figura 19.</b>	Média e desvio padrão da deflexão (mm) segundo o tipo de ensaio de compressão, realizado com força de até 250 Newtons.....	<b>55</b>
<b>Figura 20.</b>	Média e desvio padrão da rigidez (N/mm) segundo o tipo de ensaio de compressão, realizado com força de 250 Newtons.....	<b>55</b>
<b>Figura 21.</b>	Média e desvio padrão da deflexão (em mm) segundo o tipo de ensaio de flexão realizado com força de 30N, antes e depois do ensaio de carregamento cíclico.....	<b>58</b>
<b>Figura 22.</b>	Média e desvio padrão da rigidez (em N/mm) segundo o tipo de ensaio de flexão realizado com força de 30N, antes e depois do ensaio de carregamento cíclico.....	<b>59</b>
<b>Figura 23.</b>	Média e desvio padrão da deflexão (mm) segundo o tipo de ensaio de compressão com força de 250 N, antes e depois do ensaio de carregamento cíclico.....	<b>59</b>
<b>Figura 24.</b>	Média e desvio padrão da rigidez (N/mm) segundo o tipo de ensaio de compressão com força de 250N, antes e depois do ensaio de carregamento cíclico.....	<b>60</b>

# *Lista de Tabelas*



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Média e desvio padrão das medidas de deflexão (mm) e rigidez (N/mm) aferidas nos ensaios de flexão e compressão antes do ensaio do carregamento cíclico.....	<b>53</b>
<b>Tabela 2.</b>	Resultados dos testes de hipóteses das comparações entre os ensaios.....	<b>56</b>
<b>Tabela 3.</b>	Média e desvio padrão das medidas de deflexão (mm) e rigidez (N/mm) aferidas nos ensaios de flexão e compressão depois do ensaio do carregamento cíclico.....	<b>58</b>
<b>Tabela 4.</b>	Resultados dos testes de hipótese das comparações entre ensaios antes e depois do ensaio de carregamento cíclico dos sistemas de fixação.....	<b>62</b>

*Lista de Abreviaturas,  
Siglas, Símbolos e  
Unidades*

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

FMRP/USP	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo
AO 23 A3	Classificação AO – extremidade distal do rádio – fratura instável cominuta metafisária
VA-LCP	Variable angle – locking compression plate
mm	Milímetro
N	Newton
N/mm	Newton dividido por milímetro
N.mm	Newton vezes milímetro
Kgf	Kilograma força
Dp	Desvio padrão
Bs	Bloqueado sem enxerto
Bc	Bloqueado com enxerto
Cs	Cortical sem enxerto
Cc	Cortical com enxerto

# *Sumário*

## SUMÁRIO<sup>1</sup>

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>2. HIPÓTESE.....</b>	<b>27</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>31</b>
<b>4. MATERIAL MÉTODOS.....</b>	<b>35</b>
4.1 <i>Material.....</i>	38
4.2 <i>Métodos.....</i>	41
4.2.2 <i>Descrição dos Grupos e Sistema de fixação.....</i>	43
4.2.2.2 <i>Sistemas de fixação 2.....</i>	44
4.2.3 <i>Ensaio Mecânicos.....</i>	45
4.2.4 <i>Obtenção dos dados.....</i>	48
4.2.5 <i>Análise estatística.....</i>	49
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>67</b>
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>78</b>

---

<sup>1</sup>Normas de acordo com as diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP: documento eletrônico impresso São Paulo, 2009.