

BERNARDO VAZ PERES ALVES

**CONSOLIDAÇÃO VICIOSA DA FRATURA DO
RÁDIO DISTAL: OSTEOTOMIA CORRETIVA POR
MEIO DE PLANEJAMENTO COM
PROTOTIPAGEM EM IMPRESSÃO 3D.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Ciências.

SÃO PAULO

2022

BERNARDO VAZ PERES ALVES

**CONSOLIDAÇÃO VICIOSA DA FRATURA DO
RÁDIO DISTAL: OSTEOTOMIA CORRETIVA POR
MEIO DE PLANEJAMENTO COM
PROTOTIPAGEM EM IMPRESSÃO 3D.**

Orientador: Prof. Dr. JOÃO CARLOS BELLOTI

Coorientador: Prof. Dr. MARCEL JUN SUGAWARA TAMAOKI

SÃO PAULO

2022



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIRURGIA TRANSACIONAL



Coordenação: Prof. Dr. Alfredo Gragnani Filho

Orientador: Prof. Dr. JOÃO CARLOS BELLOTI

Coorientador: Prof. Dr. MARCEL JUN SUGAWARA TAMAOKI

2022

Alves, Bernardo Vaz Peres

Consolidação viciosa da fratura do rádio distal: Osteotomia corretiva por meio de planejamento com prototipagem em impressão 3D. / Bernardo Vaz Peres Alves -- São Paulo, 2022

Quantidade de páginas de pré-texto: 18, quantidade total de páginas: 87.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de São Paulo, Programa de Pós- Graduação em Cirurgia Translacional.

Título em inglês: The malunion of distal radius fracture: Corrective osteotomy through planning with prototyping in 3D printing.

Palavras-chave de acordo com o DeCs.

1. Fraturas do Rádio. 2. Fraturas Mal-Unidas. 3. Impressão Tridimensional.

DEDICATÓRIA

Aos *meus pais*, Clarice e George que me proporcionaram todo substrato para me tornar o profissional de hoje, e em particular à minha mãe pelo incentivo e exemplo na vida acadêmica.

À minha *noiva* Anna, que esteve ao meu lado sempre, e soube compreender meus momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. JOÃO CARLOS BELLOTI**, Professor Livre Docente Adjunto na Disciplina de Cirurgia de Mão e Membro Superior do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM – Unifesp) e Professor Orientador do Programa de Pós-Graduação em Cirurgia Translacional da Unifesp, pela oportunidade do aprendizado, da experiência não só como pesquisador, mas também como profissional. Por sua sabedoria e pela serenidade em momentos adversos ao longo desta caminhada.

Ao meu coorientador, **Prof. Dr. MARCEL JUN SUGAWARA TAMAOKI**, Professor Livre Docente do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Escola Paulista de Medicina da Universidade Federal de São Paulo (EPM – Unifesp) e Chefe do Grupo de Cirurgia de Ombro e Cotovelo da EPM-Unifesp, pela orientação e oportunidade.

Aos meus colegas, pacientes que forneceram seus dados para que a realização desta pesquisa fosse possível.

“O conhecimento tem um começo, mas não tem fim”.

Geeta Iyengar

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA.....	IV
AGRADECIMENTOS.....	V
SUMÁRIO.....	VII
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, ACRÔNIMOS E SÍMBOLOS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE TABELAS.....	XIV
RESUMO.....	XV
<i>ABSTRACT</i>	XVII
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.OBJETIVO.....	5
3.LITERATURA.....	7
4.MÉTODO.....	14
5.RESULTADOS.....	33
6.DISSCUSSÃO.....	47
7.CONCLUSÃO.....	55
8.REFERÊNCIAS.....	57
NORMAS ADOTADAS.....	66
APÊNDICE.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, ACRÔNIMOS E SÍMBOLOS

Prof.	Professor
Profa.	Professora
Dr.	Doutor
Dra.	Doutora
DOT	Departamento de Ortopedia e Traumatologia
EPM	Escola Paulista De Medicina
Unifesp	Universidade Federal De São Paulo
IC 95%	Intervalo De Confiança De 95%
<i>et al.</i>	<i>Et Alii</i> (Latim), Em Português: E Outros
cm	Centímetro
EUA	Estados Unidos da América
mm	Milímetro
n	Número amostral
p	Probabilidade de significância
FRD	Fratura do radio distal
DASH	<i>Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score</i>
EVA	Escala visual analógica
PA	Posteroanterior
3D	Tridimensional
PLA	Ácido polilático
FK	Fio de Kirschner
TC	Tomografia computadorizada

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Por meio dos cortes axial, coronal e sagital da tomografia computadorizada, foi possível no software Invesalius, selecionar qual porção óssea desejada para formar a imagem em reconstrução 3D.....17
- Figura 2.** Modelo prototipado impresso em ácido polilático do lado com consolidação viciosa do rádio distal (A) e do lado contralateral (B).....18
- Figura 3.** Planejamento pré-operatório em modelo PLA: posicionamento dos fios de Kirschner guias da osteotomia na vista lateral (A) e na frente (B).....19
- Figura 4.** Controle do posicionamento dos fios guia com radioscopia, que devem estar em paralelo com a superfície articular, na vista lateral (A) e na frente (B).....19
- Figura 5.** Realizada osteotomia no modelo em PLA um centímetro e meio proximal à articulação, com serra pneumática oscilatória, paralela ao fio de Kirschner referência da articulação radiocarpal e na angulação planejada para a restauração do alinhamento normal do rádio.....20
- Figura 6.** Fixação da osteotomia corretiva com placa dorsal de baixo perfil, controle com radioscopia (A) e vista lateral (B) e frente (C) no modelo prototipado.....20
- Figura 7.** Planejamento em modelo de consolidação viciosa intra-articular volar. Radioscopia posteroanterior (A), posicionamento dos fios guia da osteotomia no modelo em PLA (B), radioscopia de perfil com FK com entrada na cortical volar e saída no local do degrau articular radiocarpal (C)21

Figura 8. Controle com radioscopia após osteotomia volar e fixação com placa volar bloqueada no rádio distal e correção do degrau articular (A e B).....	21
Figura 9. Prototipagem após osteotomia corretiva com fixação de placa volar bloqueada de rádio distal - visão volar (A) e visão articular (B).....	22
Figura 10. Classificação da consolidação viciosa do rádio distal e recomendação de tratamento.....	23
Figura 11. Colocação de fios-guia para osteotomia conforme planejamento pré-operatório (A), controle fluoroscópico do local da osteotomia (B), osteotomia corretiva e fixação de placa volar (C).....	25
Figura 12. Inclinação radial – ângulo formado pela linha B e linha C. Linha A = linha mediodiafisária, linha B = perpendicular à linha A na borda mais ulnar e distal do rádio, linha C = conectando pontos mais distais radial e ulnar do rádio.....	28
Figura 13. Altura radial – distância em milímetros entre a linha B e linha C. Linha A = linha mediodiafisária, linha B = perpendicular à linha A na porção mais distal da cabeça da ulna, linha C = perpendicular à linha A na porção mais radial da superfície articular do rádio.....	29
Figura 14. Variância ulnar – distância em milímetros entre a linha B e linha C. Linha A = linha mediodiafisária, linha B = perpendicular à linha A na porção mais distal da cabeça da ulna, linha C = perpendicular à linha A na porção mais ulnar da superfície articular do rádio.....	30
Figura 15. Inclinação palmar – ângulo formado pela linha E e linha F. Linha D = linha mediodiafisária, linha E perpendicular à linha D na borda	

volar do rádio, linha F = conectando pontos mais distais volar e dorsal do rádio.....	31
Figura 16. Imagem corte sagital de tomografia computadorizada do punho revelando um fragmento articular deprimido centralmente. Degrau articular é medido como a distância entre os pontos A e B.....	31
Figura 17. Gráficos com comparação pré e pós-operatórios. Intervalo de confiança de 95% para a média.....	38
Figura 18. Radiografia posteroanterior (A) e perfil (B) – consolidação viciosa do rádio distal intraarticular.....	39
Figura 19. Cortes sagitais da tomografia computadorizada, evidenciando o de grau articular da superfície radiocarpal, alargamento articular e translação volar do carpo	40
Figura 20. Imagem clínica – flexão passiva de 84 graus à direita e 16 graus à esquerda (A), extensão passiva de 82 graus à direita e 52 graus à esquerda.....	40
Figura 21. Modelo pós planejamento da osteotomia corretiva articular (A e B) e manipulação do modelo pelo cirurgião. Controle radioscópico (C e D).....	41
Figura 22. Controle no modelo impresso em 3D, da restauração do alargamento articular (A) e comparação com modelo impresso do rádio distal contralateral não afetado (B).....	41
Figura 23. Vista articular do modelo impresso em 3D com consolidação viciosa e comparação com lado não afetado (A) e comparação após osteotomia corretiva (B).....	42

Figura 24. Imagem clínica - extensão ativa de 72 graus e flexão ativa de 54 graus.....	42
Figura 25. Radiografia pós-operatória PA (A) e perfil (B).....	43
Figura 26. Corte sagital pré-operatório da tomografia computadorizada (A) e corte sagital da TC pós-operatória com redução do degrau articular, correção da translocação volar do carpo e alargamento da articulação radiocarpal (B).....	43
Figura 27. Radiografia posteroanterior (A) e perfil (B), evidenciando consolidação viciosa do rádio distal intra-articular com 4 meses de evolução.....	44
Figura 28. Osteotomia e fixação dorsal no modelo impresso em 3D (A e B) e controle radioscópico (C e D).....	44
Figura 29. Controle radioscópico frente (A) e perfil (B) da correção no pós-operatório imediato.....	45
Figura 30. Radiografia posteroanterior (A) e perfil (B) do punho esquerdo demonstrando consolidação viciosa com desvio dorsal, encurtamento do rádio e seqüela com deformidade da cabeça da ulna, associado a instabilidade cárpica adaptativa	45
Figura 31. Planejamento e cirurgia com prototipagem em modelo (PLA): colocação dos fios guia para osteotomia no modelo (A e B) e controle por radioscopia da osteotomia (C e D), prototipagem pós osteotomia corretiva e fixação com placa dorsal (E e F). Imagens de controle radiográfico pós-operatório (G e H).....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados demográficos da casuística.....	34
Tabela 2. Dados radiográficos pré e pós-operatórios.....	35
Tabela 3. Valores pré e pós-operatórios avaliados pelo DASH e EVA.....	36
Tabela 4. Comparação pré e pós-operatória dos dados clínicos.....	36
Tabela 5. Comparação pré e pós-operatória dos dados radiográficos.....	37
Tabela 6. Comparação pré e pós-operatória do degrau articular.....	37

RESUMO

Introdução: As fraturas do rádio distal (FRD) estão entre as mais frequentes do corpo. Cerca de um terço dessas fraturas podem resultar em consolidação viciosa com restrição de movimentos e dor no punho, o tratamento nesses casos consiste na osteotomia corretiva da deformidade. Devido à sua complexidade tridimensional (3D), o planejamento pré-operatório cuidadoso é uma etapa fundamental na correção. A prototipagem a partir da reconstrução 3D da tomografia computadorizada (TC) do punho afetado, permite o real entendimento da deformidade.

Método: Pacientes com consolidação viciosa do rádio distal com indicação de tratamento cirúrgico, a partir de dezembro de 2019, foram incluídos no grupo de osteotomias corretivas por meio de planejamento com prototipagem em impressão 3D. O resultado funcional pós-operatório foi avaliado pelo *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score* (DASH) e a dor pela escala visual analógica (EVA). Os dados radiográficos, incluindo inclinação radial, altura radial, inclinação volar, variância ulnar foram registrados nas incidências radiográficas posteroanterior e lateral. Nos casos com acometimento intra-articular, o degrau articular foi avaliado por TC pós-operatória.

Resultados: Foram incluídos 9 pacientes. A média de idade foi de 47,5 anos. O valor médio do DASH pós-operatório dos pacientes foi 24,9 uma redução média de 36,75 ($p=0,009$). A dor, avaliada pela EVA, teve uma redução de 4,2 ($p=0,008$) comparando o pré e pós-operatório. Na avaliação radiográfica, a inclinação palmar teve uma correção média de $25,22^\circ$ ($p=0,011$), a inclinação radial teve uma melhora média de 2° ($p=0,034$), altura radial teve melhora média de 1,86mm ($p=0,007$) e a variância ulnar teve correção média de 1,90mm ($p=0,012$). O

degrau articular teve restauração em 2,92 mm ($p=0,066$). **Conclusão:** O estudo evidenciou melhora funcional aferida pelo questionário DASH, da dor pela EVA e dos parâmetros radiográficos comparando o pré e pós-operatório das osteotomias corretivas do radio distal, submetidas ao planejamento com prototipagem em 3D.

ABSTRACT

Introduction: Distal radius fractures (DRF) are among the most frequent in the body. About a third of these fractures can result in malunion with restriction of movement and wrist pain, the treatment in these cases consists of corrective osteotomy of the deformity. Due to its three-dimensional (3D) complexity, careful preoperative planning is a critical step in correction. Prototyping from 3D computed tomography (CT) reconstruction of the affected wrist allows a real understanding of the deformity. **Methods:** Patients with malunion of the distal radius with indication for surgical treatment, as of December 2019, were included in the corrective osteotomies group through planning with 3D printing prototyping. Postoperative functional outcome was assessed using the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score (DASH) and Visual Analog Scale (VAS). Radiographic data including radial tilt, radial length, volar tilt and ulnar variance were recorded on posteroanterior and lateral radiographic views. In cases with intra-articular involvement, the joint step was evaluated by postoperative CT. **Results:** Nine patients were included. The mean age was 47.5 years. The patients' mean postoperative DASH value was 24.9, a mean reduction of 36.75 (p=0.009). Pain, evaluated by VAS, had a reduction of 4.2 (p=0.008) comparing the pre and postoperative period. In the radiographic evaluation, the palmar inclination had an average correction of 25.22° (p=0.011), and the radial inclination had an average improvement of 2° (p=0.034), radial length had a mean improvement of 1.86mm (p=0.007) and ulnar variance had a mean

correction of 1.90 mm ($p=0.012$). The articular step was restored at 2.92 mm ($p=0,066$). **Conclusion:** The study showed improvement in DASH and VAS and radiographic parameters comparing the pre and postoperative of corrective osteotomies of the distal radius malunion, submitted to planning with 3D prototyping.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

As fraturas do rádio distal (FRD) estão entre as mais comuns do corpo, atingindo até 75% das fraturas do antebraço (JUPITER et al., 1991; CHUNG & SPILSON, 2001). Apresentam uma distribuição bimodal com proporção entre os gêneros de 3 mulheres para cada homem (JERRHAG et al., 2017). As duas principais categorias de tratamento são a redução fechada da fratura com imobilização do antebraço do paciente e a redução cirúrgica com fixação interna dos fragmentos ósseos (CAITI et al., 2020), seja por síntese percutânea ou placa e parafusos. Outra opção cirúrgica, é a estabilização da fratura com fixador externo. Ainda não há um consenso sobre a melhor forma de tratar a FRD (BELLOTI et al., 2007; OKAMURA et al., 2018) e embora as técnicas cirúrgicas e os implantes tenham uma evolução constante, as complicações dessa fratura persistem.

Consolidação viciosa ocorre quando uma fratura consolida com alinhamento impróprio, comprimento incorreto, incongruência articular ou um somatório desses fatores. No caso do rádio distal, é uma complicação frequente, ocorrendo em até 33% dos casos (COLE & OBLETZ., 1966; GASPAR et al., 2017), sendo mais comum nos casos tratados de forma não cirúrgica (COLE & OBLETZ, 1966; MULDER et al., 2017). As consolidações viciosas do rádio distal podem ser intra-articulares ou extra-articulares, assintomáticas ou sintomáticas.

A consolidação viciosa do rádio distal pode causar limitações funcionais em variados graus, dependendo do tipo de deformidade. A

perda da inclinação radial do rádio distal (valor normal de 22 graus) (HAASE & CHUNG, 2012) leva a deformidade cosmética do punho, além de uma correlação direta com a perda da força de preensão (JENKINS & MINTOWT-CZYZ, 1988). A diminuição da inclinação palmar (valor normal de 11 graus) (HAASE & CHUNG, 2012) está associada à diminuição do arco de flexo-extensão do punho, além de instabilidade radiocarpal ou mediocarpal e incongruência da articulação radioulnar distal (DELCLAUX et al., 2016).

Tanto a diminuição do comprimento radial quanto o aumento da variância ulnar são medidas relacionadas ao encurtamento do rádio distal, o que leva ao impacto ulnocarpal e à incongruência da articulação radioulnar distal, com conseqüente limitação de rotação do antebraço, e dor na borda ulnar do punho (ADAMS, 1993). Nos casos em que há incongruência articular radiocarpal, há tendência para o desenvolvimento degenerativo precoce (KNIRK & JUPITER, 1986).

Estudos mostram que a consolidação viciosa do rádio distal resulta em diminuição da força de preensão, diminuição do arco de movimento, dor, dificuldades com atividades da vida diária e piora da aparência cosmética (MCQUEEN & CASPERS, 1988; PROMMERSBERGER et al., 2012), porém como em outras condições que acometem a mão e o punho, o grau de alteração radiográfica, pode não se correlacionar com a severidade dos sintomas do paciente, principalmente na população idosa (SYNN et al. 2009).

Pacientes que apresentam evidências radiográficas de consolidação viciosa do rádio distal, combinada com os sintomas já citados, tem indicação para correção cirúrgica da deformidade. As

osteotomias corretivas para a consolidação viciosa do rádio distal visam a restauração da superfície articular, da inclinação radial, do comprimento radial e da inclinação palmar com o objetivo de melhora funcional e alívio da dor, além de prevenir a progressão de alterações degenerativas na articulação do punho (MULDERS et al., 2017).

A avaliação pré-operatória do paciente, clínica e radiológica, é fundamental para o bom resultado da correção dessas deformidades complexas. Além das radiografias com incidências posteroanterior (PA) e perfil do punho, o uso da tomografia computadorizada (TC) auxilia, principalmente os casos com envolvimento articular (DELCLAUX et al., 2016).

A reconstrução tridimensional (3D) a partir da TC e a prototipagem em modelo tridimensional impresso utilizando ácido polilático (PLA), é uma tecnologia em ascensão. A manipulação do modelo impresso permite ao cirurgião um melhor entendimento da deformidade. Possibilita também o planejamento preciso da correção, escolha e posicionamento dos implantes, vantagem essa, mais evidente nos casos com degrau articular (STOCKMANS et al., 2013; ELTORAI et al., 2015). O planejamento pré-operatório, torna a correção mais segura, previsível e ágil (WALENKAMP et al., 2015).

Pela elevada prevalência e alta morbidade associada, essa patologia demonstra grande importância para estudos que promovam tratamento dessa condição clínica.

OBJETIVO

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo foi avaliar os resultados funcionais e radiográficos de osteotomias corretivas para consolidações viciosas do rádio distal sintomáticas, por meio de planejamento pré-operatório com prototipagem em impressão 3D.

LITERATURA

3. LITERATURA

ALBERTONI et al., (2002) descreveram que as fraturas da extremidade distal do rádio são as mais comuns do membro superior. Inúmeras técnicas diferentes foram descritas para o seu tratamento, porém sem evidência científica que demonstre superioridade de um método sobre o outro. A consolidação viciosa pode acometer até 70% dos casos, sobretudo quando avaliado as fraturas com critérios de instabilidade.

RING et al., (2002) compararam o uso de enxerto estrutural corticoesponjoso e não estrutural esponjoso, nas osteotomias corretivas do rádio distal. Duas coortes de 10 pacientes foram comparadas retrospectivamente. As indicações para a osteotomia, técnicas cirúrgicas e reabilitação pós-operatória foram consistentes e todos os procedimentos cirúrgicos foram realizados pelo mesmo cirurgião. Todas as osteotomias cicatrizaram sem perda da correção cirúrgica. Os resultados radiográficos e funcionais de acompanhamento foram comparáveis entre os grupos. O uso de um enxerto ósseo não estrutural e esponjoso foi seguro e eficaz.

RING et al., (2005) descreveram o tratamento de consolidação viciosa do rádio distal intra-articular. Série de casos com 23 pacientes, com redução da incongruência articular média de 4 para 0,4 mm. Seus resultados mostram que este procedimento de osteotomia articular, é

seguro e eficaz, levando a uma melhor função do punho, e que os resultados se assemelham às osteotomias extra-articulares.

VON CAMPE et al., (2006) avaliaram 15 pacientes com consolidação viciosa do rádio distal sintomática, tratados com osteotomia corretiva, enxerto corticoesponjoso e fixação com placa. Os autores investigaram a capacidade do planejamento pré-operatório preciso, com radiografias, do tamanho e forma do enxerto ósseo corticoesponjoso para correção do alinhamento do rádio. Apenas seis dos 15 pacientes (40%) preencheram os critérios de restauração do alinhamento comparado ao lado contralateral no pós-operatório. Os autores concluíram que uma osteotomia do rádio distal usando um enxerto corticoesponjoso interposicional precisamente planejado e medido pelas radiografias não restaura o alinhamento do rádio distal na maioria dos pacientes, e que a falha em restaurar o comprimento está associada à dor e rigidez contínuas.

DE OLIVEIRA et al., (2012) avaliaram retrospectivamente 20 pacientes submetidos à osteotomia do rádio distal e fixação com placa volar bloqueada de ângulo fixo. Os autores concluíram que a técnica permite uma correção satisfatória das deformidades, com melhora clínica, além de diminuir a necessidade de remoção do material de síntese por complicações aos tendões extensores.

PERUGIA et al., (2014) avaliaram retrospectivamente 51 pacientes com fraturas instáveis do rádio distal, tratados com placa volar bloqueada. Os autores concluíram que a correção dos parâmetros radiográficos das fraturas do rádio distal, que apresentam correlação com a clínica são a inclinação palmar e a variância ulnar. Pacientes que

não tiveram correção da inclinação palmar e variância ulnar tiveram menor arco de movimento comparado ao lado contralateral. Encurtamento radial, inclinação radial mesmo que não corrigidos, não tiveram piora clínica dentro de 3 anos do acompanhamento pós-operatório.

HONIGMANN et al., (2016) descreveram um caso de planejamento de osteotomia do rádio distal para tratamento de consolidação viciosa com auxílio de reconstrução 3D da tomografia. Através da reconstrução 3D foi gerado um guia em acrílico para posicionamento dos fios de Kirschner, e um modelo do enxerto estrutural, que orientaram a osteotomia *in vivo*. Além da acurácia da correção, uma vantagem citada pelos autores é o menor tempo cirúrgico.

DEL PIÑAL & CLUNE (2017) descreveram uma técnica de osteotomia corretiva do rádio distal com auxílio da artroscopia de punho, nos casos em que há envolvimento da articulação radiocarpal. Na técnica é realizada a osteotomia “de dentro para fora”, sob visualização e controle direto artroscópico. O tratamento artroscópico da consolidação viciosa intra-articular, foi desenvolvido como o intuito de diminuir a agressão aos tecidos circundantes e obter melhor visualização do local da osteotomia.

SHINTANI et al., (2018) descreveram dezenove pacientes que foram submetidos à osteotomia corretiva do rádio distal assistida por computador, e utilizado substituto de enxerto ósseo pré-fabricado, correspondente ao defeito ósseo do paciente. Os autores obtiveram restauração dos parâmetros radiográficos e melhora da avaliação

funcional pelo *Mayo Wrist Score*. O modelo de enxerto ósseo pré-fabricado funciona como guia preciso para o preenchimento do foco da osteotomia, tornando o procedimento mais rápido e acurado.

CAITI et al., (2020) descreveram que a consolidação viciosa é uma complicação comum após a fratura do rádio distal, e o tratamento cirúrgico dessa deformidade é dada pela osteotomia. Os autores relatam que as técnicas tradicionais de imagem bidimensional no manejo da consolidação viciosa demonstram limitação nas imagens pré, intra e pós-operatórias e com o advento das técnicas de imagem tridimensional, surgiram inovações no campo do planejamento pré-operatório, navegação e impressão 3D. Os estudos coletados demonstram a eficácia da tomografia computadorizada no planejamento virtual 3D e implantes impressos específicos do paciente são a tecnologia mais promissora para transferir o plano pré-operatório para o paciente.

HASSAN et al., (2019) descreveram uma série de casos com 20 pacientes com consolidação viciosa do rádio distal e impacto ulnocarpal associado, sem instabilidade adaptativa do carpo, tratados isoladamente com osteotomia de encurtamento da ulna. Os pacientes apresentaram melhora significativa da dor e da função avaliada pelos escores *QuickDASH* e *Patient-Rated Wrist Evaluation*, comparando o pré e pós-operatório. A osteotomia de encurtamento ulnar é um procedimento relativamente simples, e em comparação com a osteotomia corretiva do rádio, apresenta menor número de complicações.

HAGHVERDIAN et al., (2019) avaliaram em uma coorte retrospectiva, 60 pacientes submetidos à osteotomia corretiva extra-

articular do rádio distal. 24 pacientes tiveram complicações decorrentes do procedimento. A complicação mais prevalente foi a pseudoartrose do foco de osteotomia, seguida do atraso de consolidação e ruptura do extensor longo do polegar. A hipótese levantada pelos autores, para o elevado índice de complicações, é a dificuldade de execução e o baixo volume de procedimentos.

ATHLANI et al., (2020) compararam a precisão da avaliação da deformidade da consolidação viciosa do rádio distal usando medidas radiográficas simples, com um método envolvendo modelos ósseos tridimensionais computadorizados. Treze pacientes com consolidação viciosa extra-articular do rádio foram incluídos. Apesar de pequenas diferenças, a mensuração da inclinação palmar, inclinação radial e variância ulnar, em ambos os métodos foram adequadas.

COGNET & MARES (2021) descreveram a consolidação viciosa do rádio distal, como uma evolução não anatômica da fratura. A alteração resultante da anatomia radial articular ou extra-articular prejudica a função do punho em maior ou menor grau. A instabilidade adaptativa do carpo e o impacto ulnocarpal também podem estar presentes. A restauração dos parâmetros normais do rádio requer osteotomia, de acordo com o tipo de deformidade, mas em pacientes com baixa demanda funcional as artrodeses parciais paliativas são uma possibilidade, principalmente nos casos com acometimento articular.

STIRLING et al., (2022) avaliaram retrospectivamente 40 pacientes tratados com encurtamento isolado diafisário da ulna. Os autores descrevem que, em pacientes com consolidação viciosa do rádio distal sintomática, em que a deformidade predominante é o

aumento da variância ulnar, a osteotomia de encurtamento da ulna isolada tem elevada satisfação dos pacientes.

SATRIA et al., (2022) descreveram uma série de casos de três pacientes com consolidação viciosa intra-articular do rádio distal. Os autores realizaram a prototipagem em 3D da deformidade para o planejamento. A osteotomia articular foi assistida por artroscopia. Os autores relatam que a artroscopia permite a identificação do local exato para a osteotomia e correção do degrau articular, e no estudo todos os pacientes tiveram correção dos parâmetros radiográficos e melhora da avaliação funcional.

MÉTODO

4. MÉTODO

4.1 Desenho da Pesquisa

Trata-se de uma série de casos, prospectivo, de pacientes com consolidação viciosa do rádio distal sintomática com indicação de tratamento cirúrgico, a partir de dezembro de 2019, em que as osteotomias corretivas foram realizadas por meio de planejamento com prototipagem em impressão 3D. Estudo conduzido após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP) com aprovação CAAE número 9253251119.

4.2 Casuística

Candidatos ao procedimento cirúrgico foram os pacientes maiores de 18 anos, provenientes do ambulatório de especialidades da UNIFESP com consolidação viciosa do rádio distal sintomática.

4.2.1 Critérios de inclusão

Pacientes com dor avaliados pela escala visual analógica (EVA) maior que 4 ou limitação funcional do punho pelo *Disabilities of the*

Arm, Shoulder and Hand Score (DASH) maior que 40 e quando um dos seguintes parâmetros radiológicos estava presente: (1) inclinação radial menor que 10 graus, (2) inclinação dorsal maior que 20 graus, (3) altura radial menor que 10 milímetros, (4) variância ulnar maior que 2 milímetros ou (5) degrau articular radiocarpal maior que 2 mm.

4.2.2 Critérios de não-inclusão

Pacientes com artrose radiocarpal moderada a severa, avaliados pela classificação de KNIRK & JUPITER (1986). A artrose leve é definida por pequena diminuição do espaço articular, a artrose moderada, por evidente diminuição do espaço articular e presença de osteófitos; e a severa, por perda completa do espaço articular e presença de osteófitos e cistos subcondrais.

4.2.3 Critérios de exclusão

Pacientes que não desejaram o tratamento cirúrgico de osteotomia corretiva do rádio distal ou não assinaram o termo de consentimento pré-operatório.

4.3 Planejamento pré-operatório com prototipagem em impressão 3D

Os pacientes que contemplaram os critérios, tiveram tomografia computadorizada (TC) bilateral dos punhos realizada, e posteriormente foram submetidos ao planejamento pré-operatório da osteotomia corretiva do rádio distal, por meio do planejamento em impressão 3D.

4.3.1 Desenvolvimento do protótipo em 3D

A partir da TC bilateral de alta resolução dos punhos, realizada em espessura de corte de 1mm, o arquivo gerado no formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) foi importado no software de processamento de imagens médicas (InVesalius versão 3.1.1, Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas, São Paulo, Brasil) e criado um modelo tridimensional (3D) de ambos os rádios distais (Figura 1).

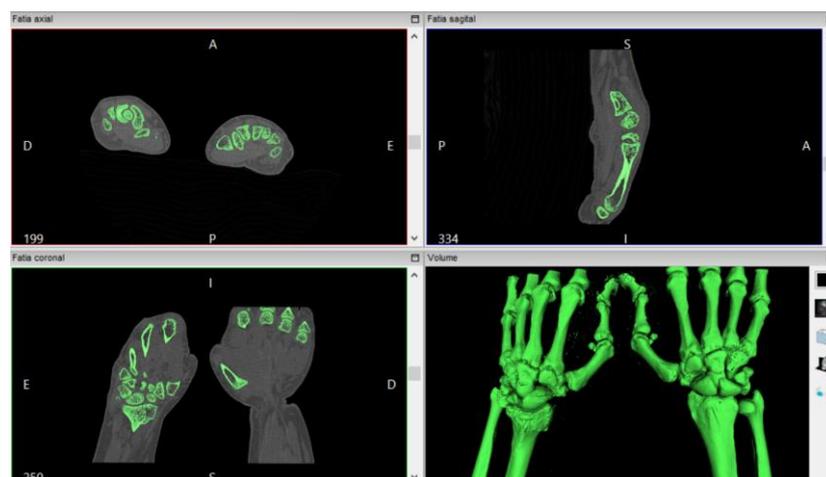


Figura 1: Por meio dos cortes axial, coronal e sagital da tomografia computadorizada, foi possível no software Invesalius,

selecionar qual porção óssea desejada para formar a imagem em reconstrução 3D.

Este modelo 3D exportado como arquivo .stl (*stereolithography*) foi traduzido pelo software Simplify3D® (Cincinnati, Ohio, EUA) em instruções para a impressora 3D (Makerbot, São Paulo, Brasil). A prototipagem dos punhos foi desenvolvida em ácido polilático (PLA) (Figura 2). Cada modelo consumiu cerca de 200 gramas de ácido polilático.



Figura 2: Modelo prototipado impresso em PLA do lado com consolidação viciosa do rádio distal (A) e do lado contralateral (B).

4.3.2 Planejamento da osteotomia no protótipo 3D

Posteriormente à impressão do protótipo 3D, é realizado o posicionamento dos fios de Kirschner (FK) que serão os guias do corte da osteotomia. Nos casos de envolvimento extra-articular um FK é

posicionado paralelo à superfície distal do rádio, enquanto outro é posicionado um centímetro e meio desta, na angulação necessária para correção do parâmetro desejado (Figura 3 e 4).

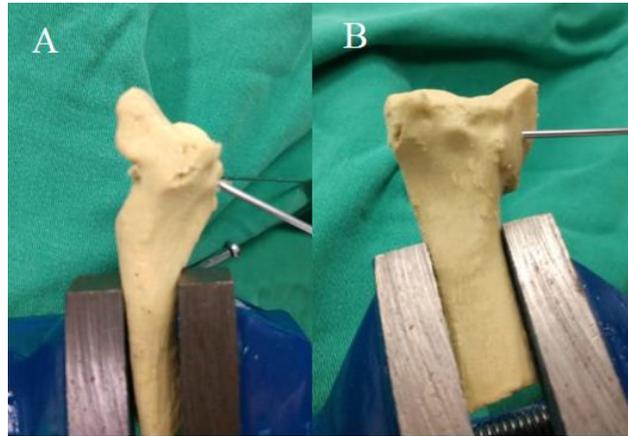


Figura 3: Planejamento pré-operatório em modelo PLA: posicionamento dos fios de Kirschner guias da osteotomia na vista lateral (A) e na frente (B).

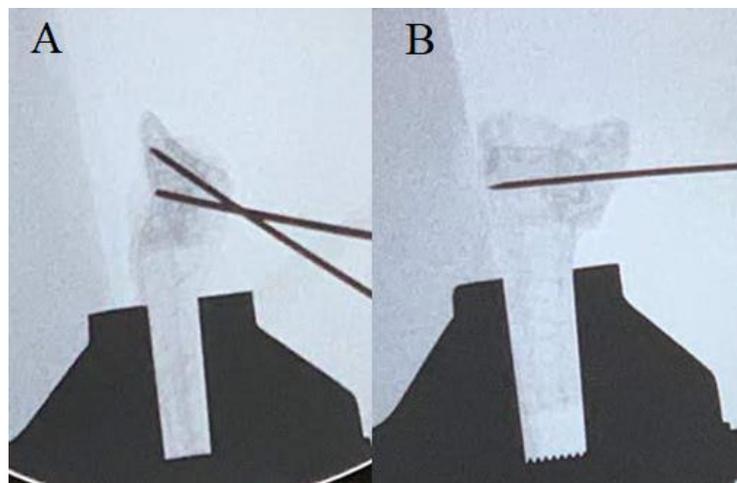


Figura 4: Controle do posicionamento dos fios guia com radioscopia, que devem estar em paralelo com a superfície articular, na vista lateral (A) e na frente (B).

Uma serra oscilatória pneumática foi usada para o corte da osteotomia (Figura 5). O posicionamento da placa, o comprimento dos

parafusos e o local e direção do corte da osteotomia foram avaliados no modelo da consolidação viciosa, com auxílio de braço em “C” de fluoroscopia (Figura 6). Os mesmos modelos de implantes usados para o planejamento estavam disponíveis no campo cirúrgico.

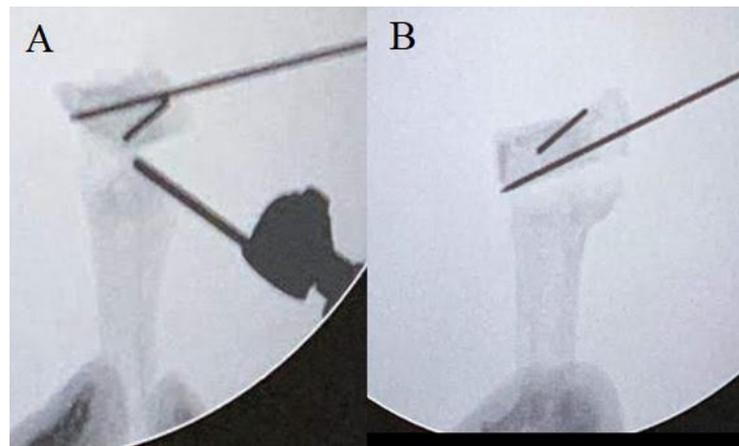


Figura 5: Realizada osteotomia no modelo em PLA um centímetro e meio proximal à articulação, com serra pneumática oscilatória, paralela ao fio de Kirschner referência da articulação radiocarpal e na angulação planejada para a restauração do alinhamento normal do rádio.

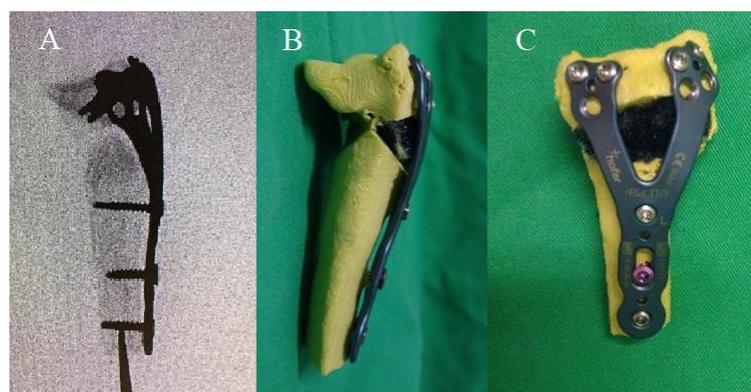


Figura 6: Fixação da osteotomia corretiva com placa dorsal bloqueada de baixo perfil, controle com radioscopia (A) e vista lateral (B) e frente (C) no modelo prototipado.

Nos casos com envolvimento articular, em que há necessidade de correção do degrau da articulação, o posicionamento do FK é realizado por dorsal quando há incongruência articular dorsal (fratura de Barton dorsal ou *die punch*), ou por volar nos casos de consolidação viciosa decorrente das fraturas de Barton (Figuras 7, 8 e 9).

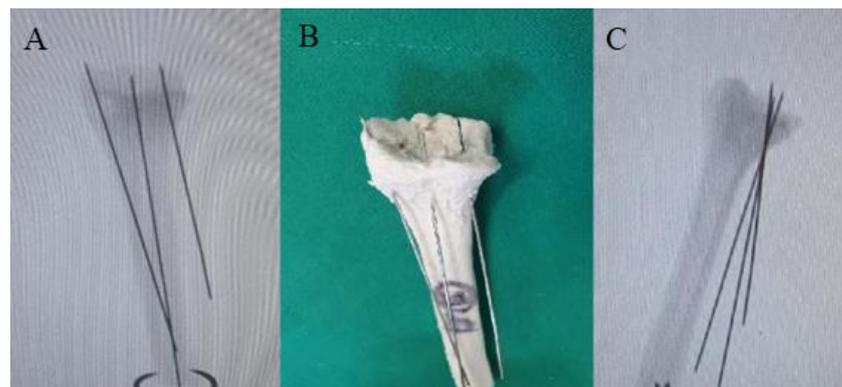


Figura 7: Planejamento em modelo de consolidação viciosa intra-articular volar. Radioscopia posteroanterior (A), posicionamento dos fios guia da osteotomia no modelo em PLA (B), radioscopia de perfil com FK com entrada na cortical volar e saída no local do degrau articular radiocarpal (C).

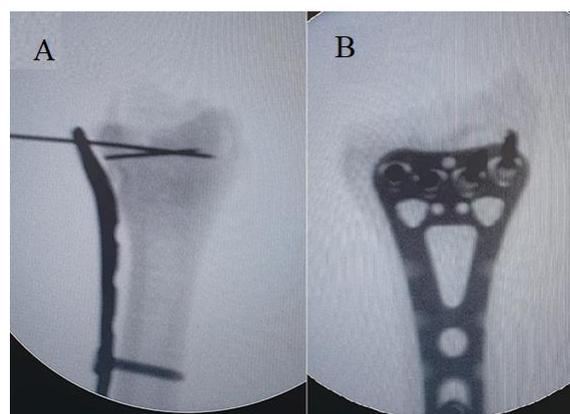


Figura 8: Controle com radioscopia do planejamento no modelo em PLA, após osteotomia volar e fixação com placa volar bloqueada no rádio distal e correção do degrau articular (A e B).

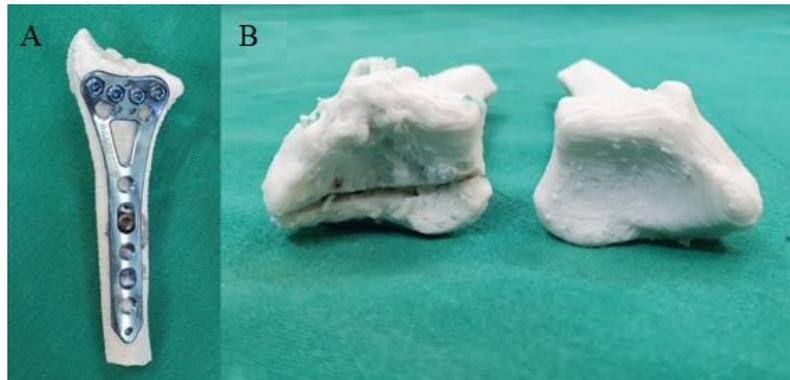


Figura 9: Prototipagem após osteotomia corretiva com fixação de placa volar bloqueada de rádio distal - visão volar (A) e visão articular (B).

4.4 Técnica cirúrgica

A via de acesso da osteotomia corretiva, dorsal ou volar, foi definida conforme o planejamento pré-operatório e a classificação de consolidação viciosa do rádio distal desenvolvida por BELLOTI et al., (2021) (Figura 10).

Classificação	Descrição	Recomendação tratamento
TIPO 1	Consolidação viciosa sem artrose radiocarpal	Osteotomias para correção das deformidades.
1 A	Deformidade angular	Osteotomias com abordagem volar (PVB) ou dorsal.
1 B	Deformidade angular com encurtamento do rádio	Osteotomias com abordagem volar (PVB) ou dorsal, associada a enxerto ósseo e ou encurtamento da ulna,
1 C	Incongruência articular	Osteotomias articulares com abordagem dorsal ou volar.
TIPO 2	Consolidação Viciosa com artrose radiocarpal	- Artrodese radiocarpal (pacientes jovens / alta demanda) - Artroplastia total do punho (pacientes idosos / baixa demanda)
Tipo 3	Consolidação viciosa com artrose da ARUD* (Com dor e ou bloqueio de pronosupinação)	- Salvé- kapandji (pacientes jovens / alta demanda), ou - Darrach / bowers (pacientes idosos / baixa demanda), ou - Artroplastia parcial ou total da cabeça da ulna (indicadas principalmente para falhas dos tratamentos anteriores)

*ARUD – articulação radioulnar distal

Figura 10: Classificação da consolidação viciosa do rádio distal e recomendação de tratamento.

Paciente deitado em decúbito dorsal em mesa cirúrgica, sob anestesia regional do plexo braquial e garrote pneumático em região proximal do braço ipsilateral. Membro superior a ser operado em abdução de 90° repousado em mesa auxiliar lateral.

Abordagem volar utilizada é a via de Henry modificada (ILYAS, 2011). Incisão longitudinal volar da pele de 5 a 7 centímetros de comprimento, no terço distal do antebraço, na topografia entre o tendão flexor radial do carpo e a artéria radial, com cuidado para não cruzar a prega de flexão do punho. Dissecção do tecido subcutâneo e identificação do tendão do flexor radial do carpo, abertura do assoalho deste tendão para acesso ao compartimento profundo do antebraço. Afastamento do nervo mediano, tendão flexor longo do polegar, tendões flexores superficiais e profundos dos dedos para ulnar que permite a identificação do músculo pronador quadrado. Pronador quadrado liberado na borda radial do rádio e distalmente em “L” – com cuidado para não violar a *watershed line*, e retração do mesmo para medial. Local da osteotomia do rádio distal, identificado com auxílio de radioscopia, conforme planejado no modelo prototipado. Após a fixação dos fios de Kirschner 1.5mm, guias da osteotomia, é realizado o controle radioscópico e comparado ao planejado no modelo impresso em 3D para confirmação. A cortical volar do rádio é osteotomizada com serra circular pneumática, e a cortical dorsal com auxílio de osteotómos, para diminuir risco de lesão aos tendões extensores. Após correção da deformidade, o local de osteotomia é fixado com placa volar de ângulo fixo (PVRD 2,7mm, Medimed®, Brasil) (Figura 11).

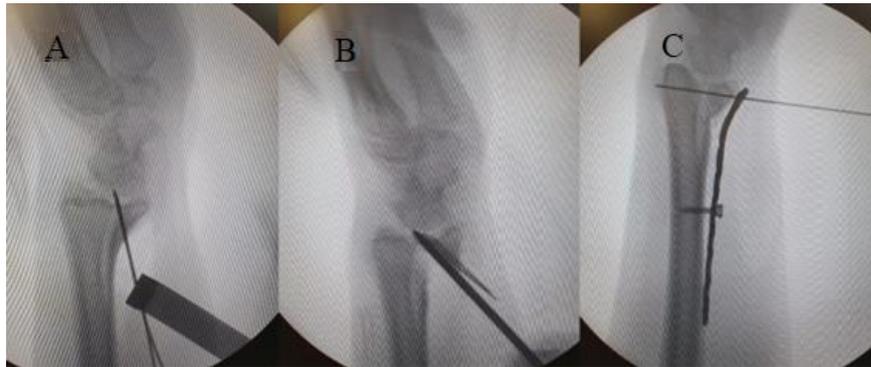


Figura 11: Colocação de fios-guia para osteotomia conforme planejamento pré-operatório (A), controle fluoroscópico do local da osteotomia (B), osteotomia corretiva e fixação de placa volar (C).

Nos casos optados pela via dorsal, é realizado incisão de pele longitudinal entre 5 a 7 centímetros, em linha com o tubérculo de Lister. Realizado dissecação de subcutâneo e identificado o retináculo extensor. O terceiro compartimento extensor (extensor longo do polegar) é incisado e o tendão do extensor longo do polegar mobilizado para uma posição subcutânea. O quarto (extensor dos dedos e do indicador) e o segundo (extensor radial curto e longo do carpo) compartimentos extensores são elevados através de incisão subperiosteal. A elevação apropriada do segundo e quarto compartimentos dorsais devem resultar em uma visão da cápsula dorsal do punho. Nos casos com degrau articular, e com necessidade de visualização da superfície condral da fossa do escafoide ou da fossa do semilunar do radio, é realizado abertura da capsula dorsal em “U” com base distal, permitindo então adequada avaliação da superfície articular radiocarpal. Como na via volar, após posicionamento dos fios de Kirschner guias da osteotomia, é realizado controle radioscópico e a cortical dorsal do rádio é osteotomizada com serra circular pneumática.

A cortical volar é osteotomizada com auxílio de osteotómos, para diminuir risco de lesão aos tendões flexores e nervo mediano. A osteotomia é fixada com placa dorsal bloqueada de baixo perfil (RSS 2,7 mm, Astrolabe®, Portugal)(HRSd 2,5mm, Hofer®, Áustria). Para diminuir o atrito aos tendões extensores, a placa é coberta com um retalho do retináculo extensor (DEVAUX et al., 2018). O foco das osteotomias, tanto as dorsais quanto as volares, não foram preenchidas com enxerto ósseo (MUGNAI et al., 2016).

Os pacientes tiveram alta hospitalar no mesmo dia do procedimento. O acompanhamento ambulatorial foi realizado semanalmente no ambulatório de especialidades da UNIFESP com radiografias de controle por um mês e após consultas mensais. Pacientes pós-operatório de osteotomias intra-articulares, realizaram tomografia computadorizada, entre 3 e 4 semanas para avaliação da superfície articular. A imobilização gessada abaixo do cotovelo foi mantida até a retirada dos pontos de sutura com 2 semanas de pós-operatório e, em seguida, iniciado protocolo de ganho de arco de movimento com supervisão de fisioterapeuta.

4.5 Desfechos

4.5.1 Desfecho primário

O desfecho primário considerado foi: resultado funcional, avaliado através do *Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand Score* (DASH) adaptado para o português (ORFALE et al. 2005), um

questionário com 30 perguntas projetado para avaliar a função e os sintomas dos membros superiores.

4.5.2 Desfecho secundário

Foram considerados desfechos secundários: a dor pós-operatória avaliada através da escala visual analógica (EVA) (REVILL et al., 1976), uma escala composta por uma linha horizontal de 10 cm na qual o paciente é orientado a colocar uma linha vertical no ponto que representa a sua dor.

Também foram avaliados os parâmetros radiográficos: inclinação e altura radial, variância ulnar e inclinação palmar, mensurados conforme descrito por KREDER et al. em 1996. O degrau articular foi avaliado nos casos de osteotomia intra-articular, por tomografia computadorizada pós-operatória, conforme COLE et al. (1997).

4.6 Extração dos dados

Os dados demográficos dos pacientes do estudo foram coletados em prontuário médico, incluindo idade do paciente no procedimento cirúrgico, sexo e lateralidade. No acompanhamento ambulatorial, entre 6 e 9 meses após a cirurgia os pacientes foram avaliados quanto à dor pela EVA (0 = sem dor, 10 = dor mais forte imaginável) (REVILL et al., 1976) e função através do DASH (ORFALE et al., 2005).

As medidas radiográficas foram realizadas conforme referência estabelecida (KREDER et al. 1996). Na radiografia posteroanterior do punho, o centro da diáfise radial é determinado a 3 centímetros e 5 centímetros abaixo da região proximal da fossa articular do semilunar do rádio, a linha conectando os dois pontos representa a linha mediodiafisária do rádio. Uma linha perpendicular à linha mediodiafisária é realizada na margem ulnar da superfície articular do rádio. Outra linha é feita conectando a margem mais distal radial e ulnar do rádio. A inclinação radial é medida baseada na angulação formada por essas duas últimas linhas (Figura 12), com valor normal de 22 graus (HAASE & CHUNG, 2012).

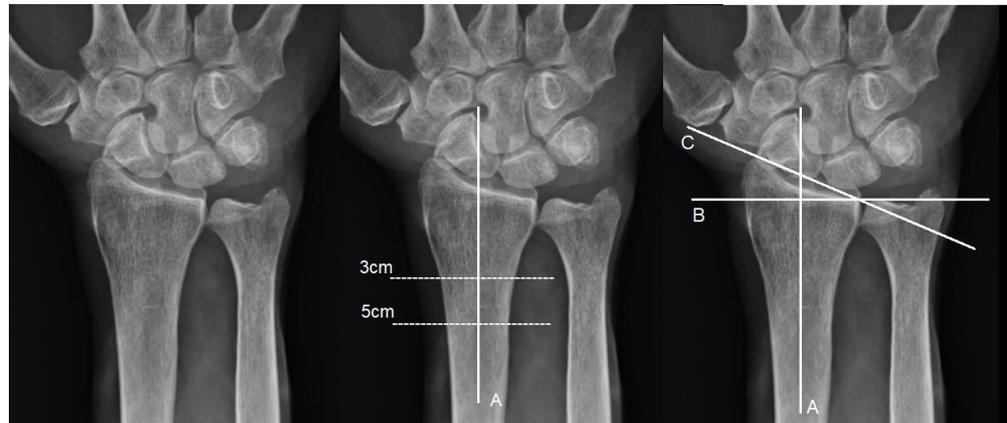


Figura 12: Inclinação radial – ângulo formado pela linha B e linha C. *Linha A = linha mediodiafisária, linha B = perpendicular à linha A na borda mais ulnar e distal do rádio, linha C = conectando pontos mais distais radial e ulnar do rádio.*

A medida da altura radial tem como ponto de referência a porção mais radial da superfície articular do rádio, uma linha é traçada nesse ponto perpendicular ao eixo longo do rádio, e outra na superfície mais distal da cabeça da ulna (Figura 13), valor normal de 12,3mm (HAASE & CHUNG, 2012).

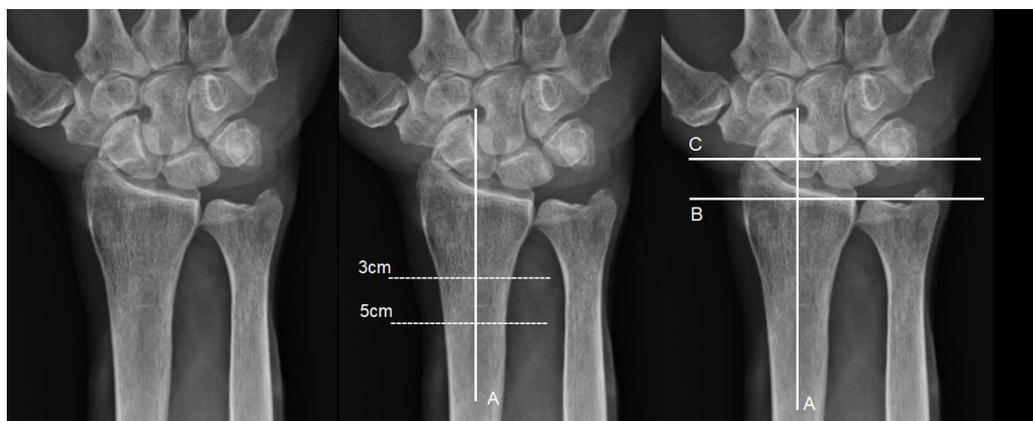


Figura 13: Altura radial – distância em milímetros entre a linha B e linha C. *Linha A = linha mediodiafisária, linha B = perpendicular à linha A na porção mais distal da cabeça da ulna, linha C = perpendicular à linha A na porção mais radial da superfície articular do rádio.*

A variância ulnar é medida em milímetros da distância de uma linha com referência na porção mais distal da ulna, e outra da porção mais ulnar do rádio (Figura 14).

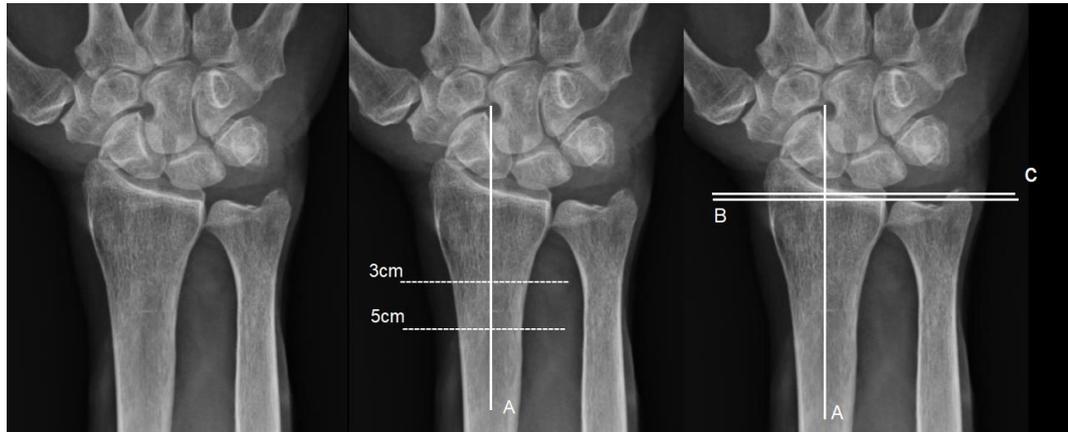


Figura 14: Variância ulnar – distância em milímetros entre a linha B e linha C. *Linha A = linha mediodiafisária, linha B = perpendicular à linha A na porção mais distal da cabeça da ulna, linha C = perpendicular à linha A na porção mais ulnar da superfície articular do rádio.*

Na incidência em perfil, como na posteroanterior, o centro da diáfise radial é determinado a 3 centímetros e 5 centímetros abaixo da região proximal da fossa articular do semilunar. A margem dorsal e volar da superfície articular distal do rádio são conectadas por uma linha. A inclinação palmar é mensurada baseado na angulação formado por essa linha e uma perpendicular à linha mediodiafisária (Figura 15), valor normal de 11 graus (HAASE & CHUNG, 2012).



Figura 15: Inclinação palmar – ângulo formado pela linha E e linha F. *Linha D = linha médiadiafisária, linha E perpendicular à linha D na borda volar do rádio, linha F = conectando pontos mais distais volar e dorsal do rádio.*

O degrau articular foi medido baseado na tomografia computadorizada, pela técnica do anel (COLE et al., 1997) no software Synapse Mobility (Figura 16).

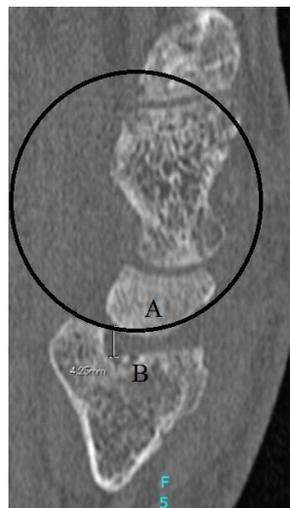


Figura 16: Imagem corte sagital de tomografia computadorizada do punho revelando um fragmento articular deprimido centralmente. Degrau articular é medido como a distância entre os pontos A e B.

4.7 Análise Estatística

Para estatística descritiva, os dados categóricos foram resumidos pela frequência de ocorrência absoluta. Os dados contínuos foram descritos pelos valores de média e seu respectivo desvio padrão, além do intervalo de confiança de 95%.

Os resultados analisados, pelo software SPSS, foram exportados para uma planilha de Excel® para edição final dos resultados.

Para realizar a comparação pré e pós-operatória do DASH, EVA, altura radial, variância ulnar, inclinação radial e palmar utilizamos o teste não paramétrico de Wilcoxon. Foi considerado o nível de significância de 5% ($p < 0,05$) para análise de associação entre os fatores.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1 Casuística

No período entre dezembro de 2019 e novembro de 2020, foram realizados em nossa instituição 9 cirurgias de osteotomia corretiva com planejamento de prototipagem 3D do rádio distal (Tabela 1), 5 pacientes submetidos de osteotomia extra-articular e 4 pacientes a osteotomia intra-articular (Tabela 1, 2 e 3).

Tabela 1 - Dados demográficos da casuística.

Paciente	Idade (anos)	Sexo	Lado dominante	Classificação*	Osteotomia
1	41	Masculino	Sim	1A	Dorsal Extra-articular
2	64	Feminino	Não	1C	Dorsal Intra-articular
3	65	Feminino	Não	1A	Dorsal Extra-articular
4	48	Masculino	Sim	1C	Dorsal Intra-articular
5	29	Masculino	Não	1C	Volar Intra-articular
6	47	Feminino	Não	1A	Dorsal Extra-articular
7	54	Masculino	Não	1B	Dorsal Extra-articular
8	18	Masculino	Sim	1B	Volar Extra-articular
9	62	Feminino	Não	1C	Dorsal Intra-articular

* Classificação das consolidações viciosas do rádio distal desenvolvida por BELLOTI et al. (2021).

Tabela 2 – Dados radiográficos pré e pós-operatórios.

Paciente	Inclinação Palmar Pré*	Inclinação Palmar Pós	Inclinação Radial Pré	Inclinação Radial Pós	Altura Radial Pré	Altura Radial Pós	Variância Ulnar Pré†	Variância Ulnar Pós†	Degrau Articular†	Degrau Articular†
1	-25°	11°	19°	20°	6,82	7,96	5,10	3,92	-	-
2	0°	8°	2°	4°	4,21	5,03	1,67	1,50	3,10	0,52
3	-25°	6°	11°	14°	5,49	6,43	2,39	0,80	-	-
4	-7°	9°	19°	22°	11,87	12,00	-1,00	-1,00	4,28	1,20
5	12°	10°	20°	20°	7,69	11,82	3,00	1,10	3,20	0
6	-42°	8°	16°	16°	0,00	2,40	7,40	3,04	-	-
7	-26°	11°	21°	20°	2,00	2,20	8,60	6,61	-	-
8	-30°	13°	9°	17°	-2,00	1,00	7,10	3,20	-	-
9	0°	8°	2°	4°	4,00	8,00	2,00	0,00	4,00	1,20

* Inclinação dorsal pré-operatória representada por valor negativo.

† Medida em milímetros.

Tempo médio de seguimento foi de 14 meses com um intervalo de 12 a 18 meses. A média de idade dos pacientes no momento da cirurgia foi de 47,5 anos (18 - 65 anos). Nenhum paciente foi submetido a encurtamento de ulna concomitante.

Tabela 3 – Valores pré e pós-operatórios avaliados pelo DASH e EVA.

Paciente	DASH* Pré	DASH* Pós	EVA† Pré	EVA† Pós
1	64,3	26,8	7,7	5
2	77,5	67,2	8,4	4,2
3	38,3	7,4	6,9	2,6
4	78	24	7,8	4,4
5	68	36	8	2,4
6	94	10,5	8,4	4,4
7	25,8	10,2	7,8	3
8	78	24	7,2	4
9	31	18	8,9	3,2

* DASH - *disabilities of the arm, shoulder and hand score*

† EVA – escala visual analógica

O valor médio do DASH pré-operatório dos pacientes foi de 61,65 e no pós-operatório o valor foi de 24,9, uma redução de 36,75 (p-valor = 0,009). A EVA média passou de 7,9 no pré-operatório para 3,6 uma redução de 4,3 pontos (p=0,008) (Tabela 4)

Tabela 4 – Comparação pré e pós-operatória dos dados clínicos.

		Média	Mediana	Desvio Padrão	N	IC	P-valor
EVA	Pré	7,90	7,80	0,62	9	0,40	0,008
	Pós	3,69	4,00	0,91	9	0,60	
DASH	Pré	61,66	68,00	24,11	9	15,75	0,009
	Pós	24,90	24,00	18,35	9	11,99	

As radiografias laterais pós-operatórias tiveram uma melhora média da inclinação palmar em 25,22° (p=0,011). Nas incidências em PA a inclinação radial teve uma melhora média de 2° (p=0,034), a altura radial teve melhora média de 1,86 mm (p=0,007) e a variância ulnar correção de 1,90 mm (p=0,012) (Tabela 5).

Tabela 5 – Comparação pré e pós-operatória dos dados radiográficos.

		Média	Mediana	Desvio Padrão	N	IC	P-valor
Altura Radial	Pré	4,45	4,21	4,18	9	2,73	0,007
	Pós	6,32	6,43	4,04	9	2,64	
Variância Ulnar	Pré	4,03	3,00	3,19	9	2,09	0,012
	Pós	2,13	1,50	2,31	9	1,51	
Inclinação Palmar	Pré	-15,89	-25,00	17,72	9	11,57	0,011
	Pós	9,33	9,00	2,12	9	1,39	
Inclinação Radial	Pré	13,22	16,00	7,55	9	4,93	0,034
	Pós	15,22	17,00	6,82	9	4,45	

Quatro pacientes foram submetidos à osteotomia corretiva intra-articular, com correção do degrau articular médio de 2,92 mm (p=0,066) (Tabela 6)(Figura 17).

Tabela 6 – Comparação pré e pós-operatória do degrau articular.

		Média	Mediana	Desvio Padrão	N	IC	P-valor
Degrau Articular	Pré	3,60	3,60	0,59	4	0,58	0,066
	Pós	0,68	0,75	0,54	4	0,53	

Durante o período de seguimento, houve apenas uma complicação, de atrito dos tendões extensores com material de síntese (paciente 1), tratado com a retirada da placa dorsal. Todos os pacientes tiveram consolidação radiográfica do foco de osteotomia.

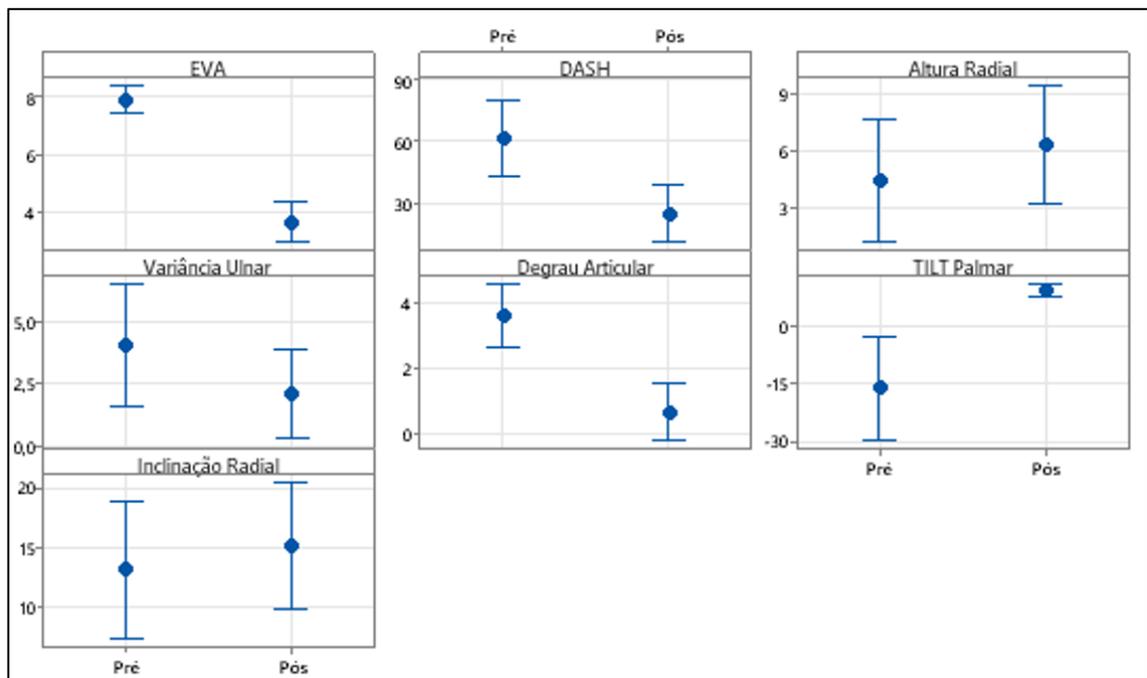


Figura 17: Gráficos com comparação pré e pós-operatórios. Intervalo de confiança de 95% para a média.

5.2 Casos clínicos

Paciente número 5 do estudo. Masculino, 29 anos. Fratura de rádio distal esquerdo tratada de forma não-cirúrgica, evolui com

consolidação viciosa sintomática intra-articular (Figura 18 e 19) - dor e limitação de flexo-extensão do punho (Figura 20). Submetido a planejamento de osteotomia corretiva com prototipagem em impressão 3D (Figuras 21, 22 e 23). Seguimento pós-operatório da osteotomia corretiva intra-articular por via volar, com melhora do arco de movimento (Figura 24); bem como da restauração da anatomia articular (Figuras 25 e 26). Paciente teve redução do DASH pré-operatório de 68 para 36 no pós-operatório, e melhora da dor avaliada pela EVA de 8 para 2,4.



Figura 18: Radiografia posteroanterior (A) e perfil (B) – consolidação viciosa do rádio distal intraarticular.

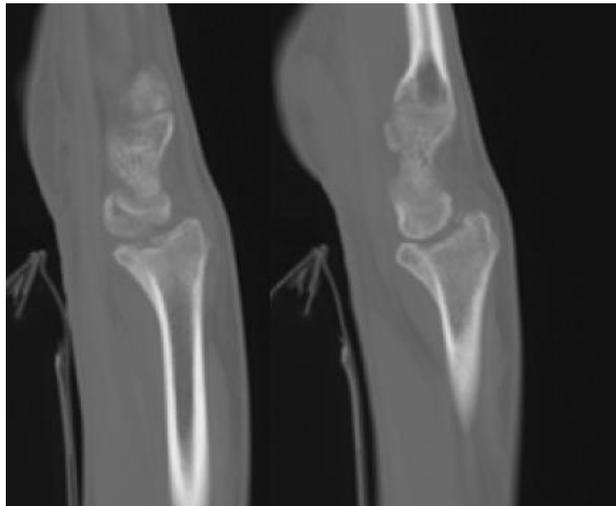


Figura 19: Cortes sagitais da tomografia computadorizada, evidenciando o degrau articular da superfície radiocarpal, alargamento articular e translação volar do carpo.

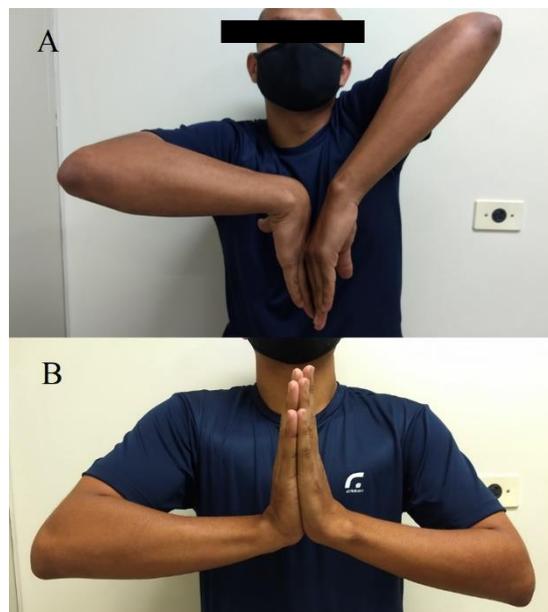


Figura 20: Imagem clínica – flexão passiva de 84 graus à direita e 16 graus à esquerda (A), extensão passiva de 82 graus à direita e 52 graus à esquerda.

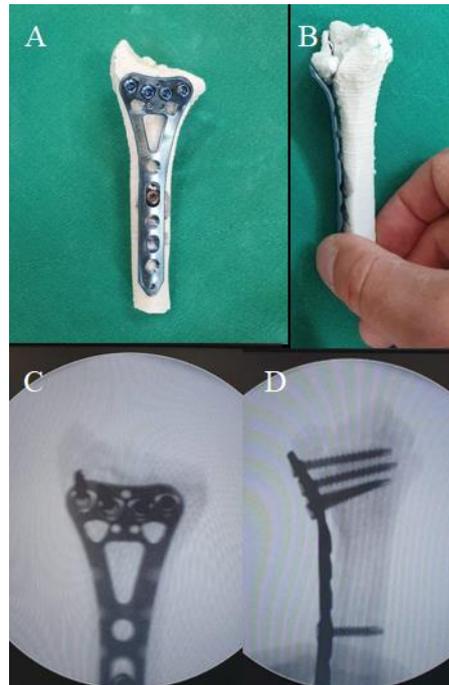


Figura 21: Modelo pós planejamento da osteotomia corretiva articular (A e B) e manipulação do modelo pelo cirurgião. Controle radioscópico (C e D).

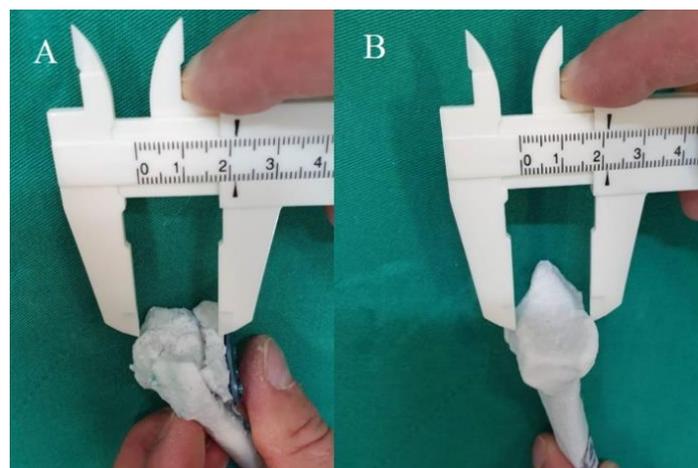


Figura 22: Controle no modelo impresso em 3D, da restauração do alargamento articular (A) e comparação com modelo impresso do rádio distal contralateral não afetado (B).

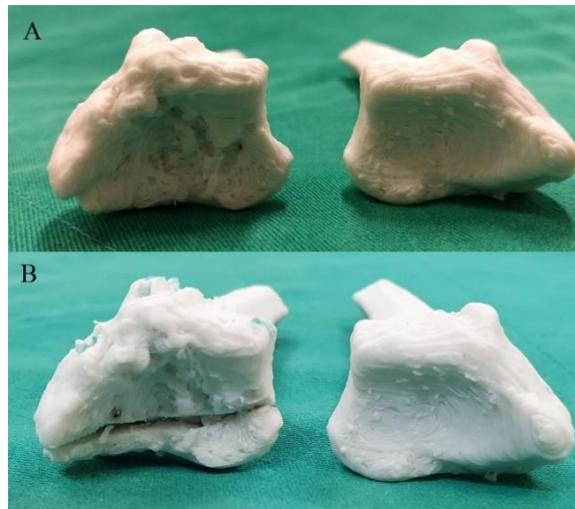


Figura 23: Vista articular do modelo impresso em 3D com consolidação viciosa e comparação com lado não afetado (A) e comparação após osteotomia corretiva (B).

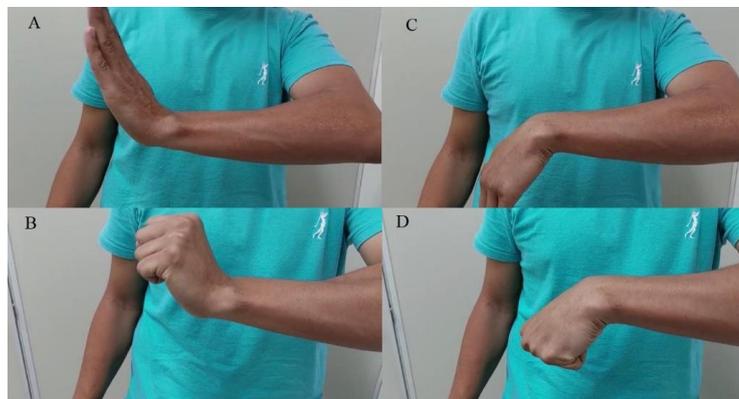


Figura 24: Imagem clínica - extensão ativa de 72 graus e flexão ativa de 54 graus.

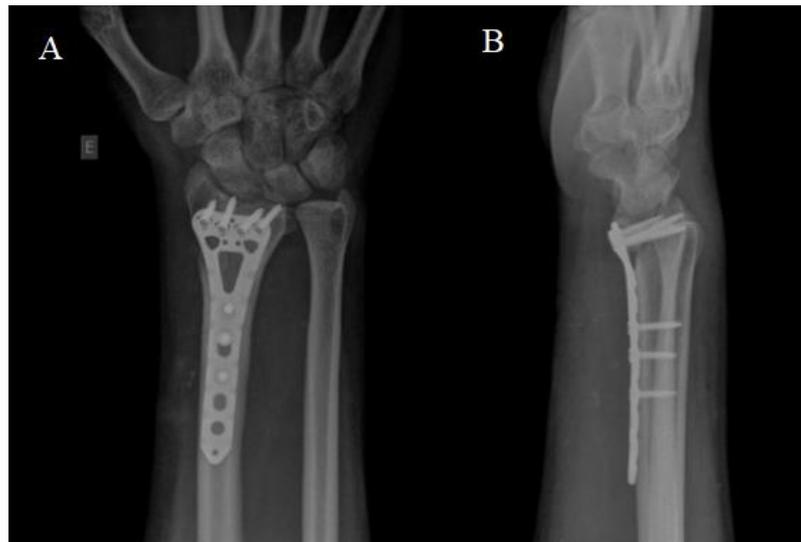


Figura 25: Radiografia pós-operatória PA (A) e perfil (B).



Figura 26: Corte sagital pré-operatório da tomografia computadorizada (A) e corte sagital da TC pós-operatória com correção do degrau articular, correção da translocação volar do carpo e alargamento da articulação radiocarpal (B).

Paciente número 4. Masculino, 48 anos. Consolidação viciosa do rádio distal com degrau articular (Figura 27). Submetido à

planejamento pré-operatório em prototipagem em impressão 3D (Figura 28) e à osteotomia corretiva intra-articular por via dorsal (Figura 29). DASH anterior à cirurgia de 78 e pós de 24, diminuição da EVA de 7,8 para 4,4.

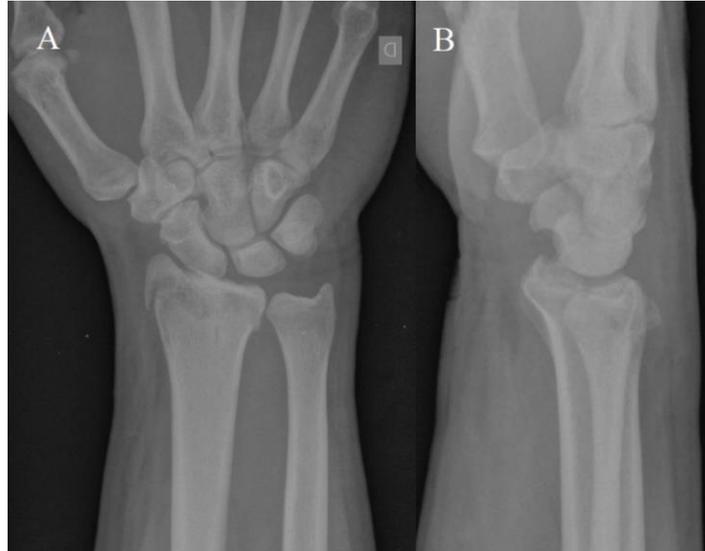


Figura 27: Radiografia posteroanterior (A) e perfil (B), evidenciando consolidação viciosa do rádio distal intra-articular com 4 meses de evolução.

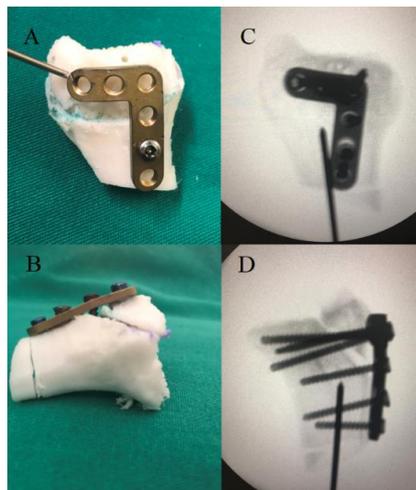


Figura 28: Osteotomia e fixação dorsal no modelo impresso em 3D (A e B) e controle radioscópico (C e D).

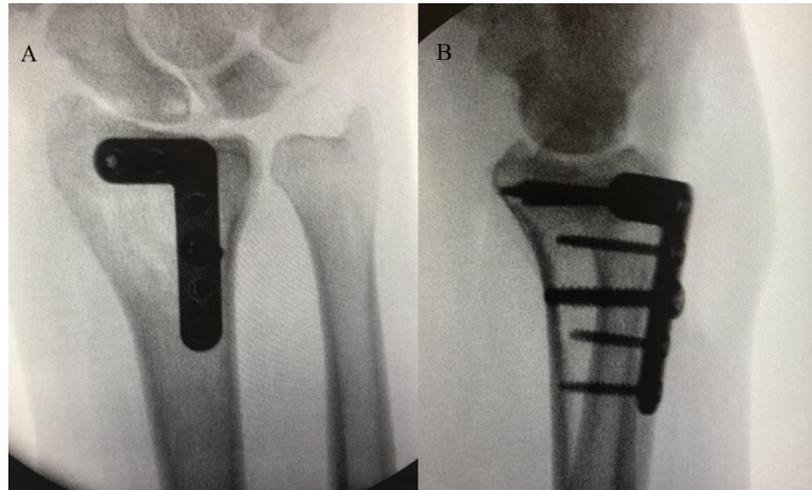


Figura 29: Controle radioscópico frente (A) e perfil (B) da correção no pós-operatório imediato.

Paciente número 6. Feminina, 46 anos. Consolidação viciosa do rádio distal esquerdo extra-articular com 4 anos de evolução (Figura 30). Planejamento com prototipagem em 3D, osteotomia corretiva e fixação com placa dorsal (Figura 31).



Figura 30: Radiografia posteroanterior (A) e perfil (B) do punho esquerdo demonstrando consolidação viciosa com desvio dorsal,

encurtamento do rádio e seqüela com deformidade da cabeça da ulna, associado a instabilidade cárpica adaptativa.

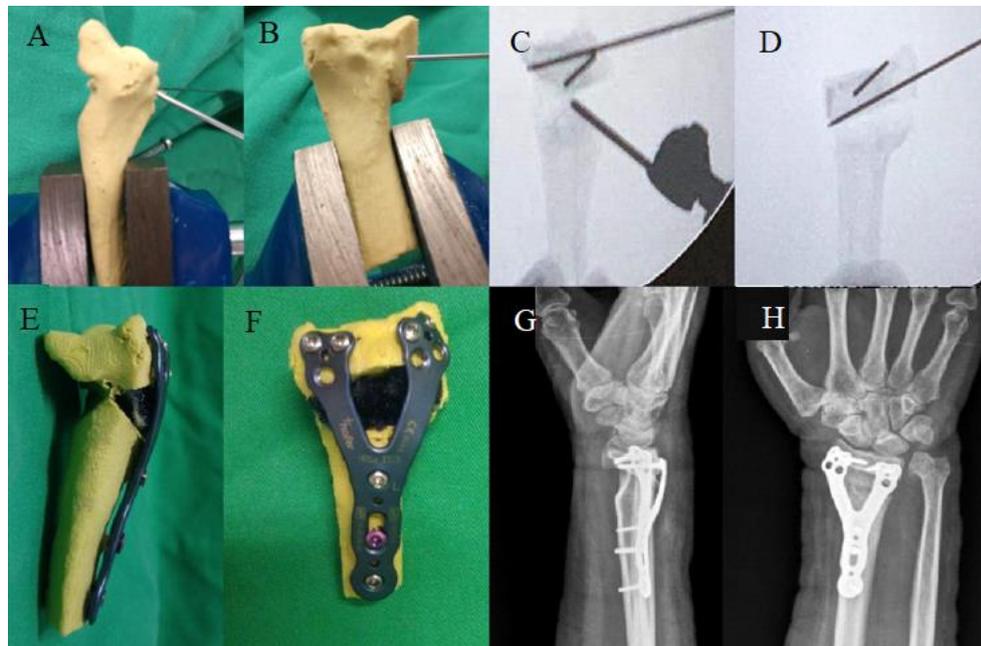


Figura 31: Planejamento e cirurgia com prototipagem em modelo (PLA): colocação dos fios guia para osteotomia no modelo (A e B) e controle por radioscopia da osteotomia (C e D), prototipagem pós osteotomia corretiva e fixação com placa dorsal (E e F). Imagens de controle radiográfico pós-operatório (G e H).

DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

A consolidação viciosa do rádio distal é uma complicação comum após o tratamento de fraturas instáveis do rádio, sobretudo nos casos tratados de forma não cirúrgica. A definição dessa deformidade ainda não é clara, mas a mais citada é: 1) Inclinação radial menor de 10 graus; 2) Inclinação volar maior de 20 graus ou dorsal maior de 20 graus; 3) Altura radial maior de 10mm; 4) Variância ulnar maior de 2mm; 5) Degrau articular maior de 2 mm (HAASE & CHUNG, 2012).

Consolidação viciosa do rádio distal com perda da inclinação palmar pode levar à incongruência da articulação radioulnar distal (MULDERS et al., 2017; SCHEER et al., 2009) e contratura da membrana interóssea, resultando em perda de rotação do antebraço (KIHARA et al., 1996). Além disso pode levar a dois tipos de instabilidade cárpica (KATT et al., 2020). Em um deles, há subluxação radiocarpal dorsal, com manutenção do alinhamento mediocarpal; e em outro há instabilidade adaptativa mediocarpal em DISI (*dorsal intercalated segment instability*). Este último costuma ser mais sintomático (BUSHNELL & BYNUM, 2007). Outro sintoma associado ao aumento da inclinação dorsal, é a diminuição do arco de movimento, principalmente de flexão e de supinação (HIRAHARA et al., 2003).

Inclinação radial diminuída pode resultar em uma mudança de direção no vetor de ação dos tendões flexores o que pode causar

diminuição da força de preensão (EVANS & JUPITER, 2019). O encurtamento radial está associado a uma transferência de força da articulação radiocarpal para a ulnocarpal. Encurtamento de 2,5mm do rádio pode resultar em um aumento de força de 42% na articulação ulnocarpal (PALMER & WERNER, 1984). O aumento da variância ulnar está associado a dor por impacto ulnocarpal e a instabilidade da articulação radioulnar distal (DELCLAUX et al., 2016; SCHER et al., 2009).

Deformidades com degrau articular há uma grande probabilidade de evolução com alterações degenerativas do punho (KNIRK & JUPITER, 1986). KNIRK & JÚPITER (1986) avaliaram o resultado funcional após o tratamento do rádio distal em adultos jovens, e a congruência articular foi o fator crítico para um bom resultado funcional. Nos casos em que foi observado degrau articular, artrose pós-traumática ocorreu em 91%.

Muitas técnicas de osteotomia corretiva são descritas, devido à grande variabilidade na apresentação da consolidação viciosa, mas o ponto comum para sua indicação é a presença de dor e limitação funcional do paciente somada à ausência de artrose avançada na articulação radiocarpal, o que permite um benefício clínico significativo com correção cirúrgica (GASPAR et al., 2017; MULDER et al., 2017).

O planejamento pré-operatório desempenha um papel importante, porque a correção deve ser feita com a maior precisão possível para minimizar as complicações associadas à consolidação viciosa. O planejamento pré-operatório tradicional é

realizado de forma bidimensional, em que consiste no desenho dos planos de correção nas radiografias pré-operatórias impressas do paciente. Entretanto, nas deformidades rotacionais e nas incongruências articulares, é difícil a avaliação real da deformidade por dois planos, com as radiografias. Nesses casos o planejamento tridimensional a partir das tomografias computadorizadas, seja ele virtual ou em modelo impresso, é o mais indicado (KATT et al., 2020).

Na década de 1980, HULL (1986) desenvolveu e conceituou a impressão 3D, que permitia a criação de objetos a partir da deposição de materiais camada por camada (HULL 1986; GROSS et al., 2014). Desde então, avanços foram feitos na impressão 3D, resultando em modelos de melhor resolução, produção mais rápida com menor custo e possibilitando uma maior variedade de materiais para impressão (LI et al., 2017).

O planejamento cirúrgico com reconstrução 3D e modelo prototipado em PLA permite ao cirurgião entender melhor a consolidação viciosa tridimensionalmente, com perspectiva real do local da osteotomia e determinar o melhor tipo e especificações de implantes a serem utilizados no procedimento cirúrgico. Dessa forma, antecipa e otimiza as etapas da operação, o que torna a correção da deformidade mais segura e previsível (CAITI et al., 2020; WALENKAMP et al., 2015; ELTORAI et al., 2015).

Nosso estudo mostrou melhora no DASH e EVA pós-operatório, bem como nos parâmetros radiográficos. O DASH médio pré-operatório foi de 61,65 e o pós-operatório foi de 24,9;

uma redução de 36,75 ($p=0,009$). O valor da diferença clinicamente mínima importante (DCMI) assumido no DASH de 10,83 pontos (FRANCHIGNONI et al., 2014), demonstra que nossos pacientes obtiveram uma melhora funcional clínica quando avaliados pelo DASH, uma vez que a redução média no questionário, comparando pré e pós-operatório, foi de 36,75.

Em 2018, CIBULA et al. (2018) avaliaram os resultados funcionais e radiológicos em 22 pacientes após osteotomia corretiva sem planejamento tridimensional. Nesta série de casos, o DASH médio diminuiu de 35 antes, para 14 após a osteotomia. O valor final do DASH pós-operatório neste trabalho foi menor quando comparado ao nosso resultado, 14 versus 24,9 respectivamente, porém ao analisar a redução do valor do pré para o pós-operatório, em nossa casuística houve uma redução de 36,75, enquanto em CIBULA et al. (2018) a redução foi de 21 pontos.

A EVA média, no nosso estudo, passou de 7,9 no pré-operatório para 3,6 uma redução de 4,3 ($p=0,008$). A DCMI estabelecida para o EVA varia entre 1,6 e 1,9 (RANDALL et al. 2022). O valor de benefício clínico substancial do EVA é de 2,2 a 2,6 (RANDALL et al. 2022); logo nossos pacientes tiveram percepção clínica da diminuição de dor, avaliada pela escala visual analógica.

A inclinação palmar melhorou em média 25,22 graus de correção, enquanto a inclinação radial teve aumento de 2 graus. ANDREASSON et al. (2020) revisaram retrospectivamente 37

osteotomias corretivas de consolidação viciosa do rádio distal com planejamento bidimensional (2D) tradicional e houve melhora da inclinação volar e altura radial, porém nenhuma diferença significativa foi encontrada na inclinação radial. Esses resultados foram semelhantes ao que encontramos, em que a osteotomia apresenta maior correção da inclinação palmar quando comparada à inclinação radial.

Os casos com envolvimento articular (n=4) o degrau médio pré-operatório foi de 3,65 mm, e pós-operatório médio de 0,73mm, uma redução de 2,92mm (p=0,066). SINGH et al. (2022) avaliaram 15 pacientes submetidos a osteotomia corretiva intra-articular do rádio distal, com planejamento 3D assistido por computador, sem protipagem. Os autores obtiveram uma redução média de 1,6mm do degrau articular, pré-operatório de 2,3mm para 0,7mm no pós-operatório. Nós obtivemos diferença estatisticamente significativa entre os momentos pré e pós-operatório para todos os fatores analisados, com exceção do degrau articular onde o p-valor foi de 0,066, provavelmente pelo menor número de pacientes operados (n=4).

Há um ensaio clínico randomizado (ECR) comparando os resultados da osteotomia da consolidação viciosa do rádio distal extra-articular com o planejamento 3D assistido por computador versus o planejamento 2D tradicional (BUIJZE et al., 2018). Não houve diferenças significativas no resultado funcional entre os grupos, avaliados pelo DASH e PRWE (*patient-rated wrist evaluation*). Na análise radiográfica o grupo de planejamento 3D teve uma melhora estatisticamente significativa da angulação volar

e inclinação radial em comparação com 2D. BUIJZE et al. (2018) descreveram uma melhora nos parâmetros clínicos, uma tendência a uma diferença clínica mínima em favor do grupo 3D, mas sem significância ou relevância clínica entre eles, devido ao poder do estudo insuficiente.

A principal vantagem do uso da prototipagem no planejamento das osteotomias corretivas do rádio distal, se mostrou nos casos com envolvimento articular ou com deformidade rotacional. Nestes casos complexos, o entendimento da deformidade é limitado com o uso das radiografias ortogonais ou com as imagens isoladas da TC. A possibilidade de manipular um modelo prototipado com as perspectivas reais do paciente, facilita não só a melhor compreensão da deformidade, como proporciona o planejamento pré-operatório preciso.

Limitações do estudo

Como limitação do estudo, destacamos a ausência de grupo controle para a comparação dos resultados, logo não é possível avaliar a superioridade do planejamento em prototipagem 3D sobre a técnica tradicional em 2D ou 3D assistida por computador. Outra limitação, é que por se tratar de uma técnica inovadora, ainda são poucos os casos operados com o planejamento por prototipagem em 3D, o que dificulta a análise estatística dos dados ou comparação com outros estudos.

Implicações para futuras pesquisas

Para avaliar a superioridade da técnica de planejamento com prototipagem em impressão 3D sobre as demais, é necessário o desenvolvimento de estudos com maior força, como ensaio clínico randomizado.

CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

O estudo evidenciou melhora funcional aferida pelo questionário DASH, da dor pela EVA e dos parâmetros radiográficos comparando o pré e pós-operatório das osteotomias corretivas do radio distal, submetidas ao planejamento com prototipagem em 3D.

REFERÊNCIAS

8. REFERÊNCIAS

Adams BD. Effects of radial deformity on distal radioulnar joint mechanics. *Hand Surg Am* 1993;18(3):492–8.

Albertoni WM, Faloppa F, Belotti JC. Tratamento das fraturas da extremidade distal do rádio. *Rev Bras Ortop.* 2002;37(1):1-4.

Andreasson I, Kjellby-Wendt G, Fagevik-Olsén M, Aurell Y, Ullman M, Karlsson Jón. Long-term outcomes of corrective osteotomy for malunited fractures of the distal radius. *J Plast Surg Hand Surg* 2020 Apr;54(2):94-100.

Athlani L, Chenel A, Berton P, Detammaecker R, Dautel G. Three-Dimensional Versus Radiographic Measurements for Analyzing Extra-Articular Distal Radius Malunion. *J Hand Surg Am.* 2020 Oct;45(10):984.e1-984.e7.

Belloti JC, Alves BVP, Faloppa F, Balbachevsky D, Netto NA, Tamaoki MJ. The malunion of distal radius fracture: Corrective osteotomy through planning with prototyping in 3D printing. *Injury* 2021 Jul;52 Suppl 3:S44-S48.

Belloti JC, Santos JBG, Atallah NA, Albertoni WM, Faloppa F. Fractures of the distal radius (Colles' fracture). *São Paulo Med J* 2007;125(3):132-8.

Buijze G, Leong N, Stockmans F, Axelsson P, Moreno R, Sörensen AI, Jupiter JB. Three-dimensional compared with two-dimensional preoperative planning of corrective osteotomy for extra-articular distal radial malunion: a multicenter randomized controlled trial. *J Bone Joint Surg Am* 2018 Jul 18;100(14):1191-202.

Bushnell BD, Bynum DK. Malunion of the distal radius. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15(1):27e40.

Caiti G, Dobbe JGG, Strackee SD, Strijkers GJ, Streekstra GJ. Computer-assisted techniques in corrective distal radius osteotomy procedures. *IEEE Rev Biomed Eng* 2020;13:233-47.

Chung KC, Spilson SV. The frequency and epidemiology of hand and forearm fractures in the United States. *J Hand Surg Am* 2001;26(5):908-15.

Cibula Z, Hrubina M, Melisik M, Mudrak I, Necas L. Osteotomy after distal radius fractures – five-year clinical and radiological outcomes. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2018;85(4):254-60.

Cognet JM, Mares O. Distal radius malunion in adults. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2021 Feb;107(1S):102755.

Cole JM, Obletz BE. Comminuted fractures of the distal end of the radius treated by skeletal transfixation in plaster cast: an end-result study of 33 cases. *J Bone Joint Surg Am* 1966;1966;48(5):931-45.

De Oliveira RK, Binz MAR, Ferreira MT, Ruschel PH, Serrano PD, Praetzel RP. Osteotomias do radio distal com uso de placa volar de angulo fixo. *Rev. bras. ortop.* 47 (2) • Abr 2012.

Del Pinal F, Clune J. Arthroscopic Management of Intra-articular Malunion in Fractures of the Distal Radius. *Hand Clin.* 2017 Nov;33(4):669-675.

Delclaux S, Trang Pham TT, Bonneville N, Apredoaei C, Rongieres M, Bonneville P et al. Distal radius fracture malunion: Importance of

managing injuries of the distal radio-ulnar joint. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 102 2016 327-32.

Devaux N, Henning J, Haefeli M, Honigmann. The retinaculum flap for dorsal fixation of distal radius fractures. *J Hand Surg Am* 2018 Apr;43(4):391.e1-391.e7.

Eltorai AEM, Nguyen EBS, Daniels AH. Three-dimensional printing in orthopedic surgery. *Orthopaedics*. 2015;38(11):684-7.

Evans BT, Jupiter JB. Best approaches in distal radius fracture malunions. *Curr Rev Musculokelet Med*. 2019;12(2):198e203.

Franchignoni F, Vercelli S, Giordano A, Sartorio F, Bravini E, Ferriero G. Minimal clinically important difference of the disabilities of the arm, shoulder and hand outcome measure (DASH) and its shortened version (QuickDASH). *Orthop Sports Phys Ther*. 2014 Jan;44(1):30-9.

Gaspar MP, Kho JY, Kane PM, Abdelfattah HM, Culp RW. Orthogonal plate fixation with corrective osteotomy for treatment of distal radius fracture malunion. *J Hand Surg Am*, vol 42, 2017.

Gross BC, Erkal JL, Lockwood SY, Chengpeng Chen, Spence DM. Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences. *Anal. Chem*. 2014, 86, 3240–53.

Haase SC, Chung KC. Management of malunions of the distal radius. *Hand Clin*. 2012 May;28(2):207-16.

Haghverdian JC, Hsu JWH, Harness NG. Complications of Corrective Osteotomies for Extra-Articular Distal Radius Malunion. *J Hand Surg Am*. 2019 Nov;44(11):987.e1-987.e9.

Hassan S, Shafafy R, Mohan A, Magnussen P. Solitary ulnar shortening osteotomy for malunion of distal radius fractures: experience of a centre in the UK and review of the literature. *Ann R Coll Surg Engl*. 2019 Mar;101(3):203-207.

Hirahara H, Neale PG, Lin YT, Cooney WP, An KN. Kinematic and torque-related effects of dorsally angulated distal radius fractures and the distal radial ulnar joint. *J Hand Surg Am*. 2003;28(4):614e621.

Honigmann P, Thieringer F, Steiger R, Haefeli M, Schumacher R, Henning J. A Simple 3-Dimensional-Printed Aid for a Corrective Palmar Opening Wedge Osteotomy of the Distal Radius. *J Hand Surg Am*. 2016 Mar;41 (3):464-9.

Hull, CW. Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography. U.S. Patent 4,575,330 - 1986.

Ilyas AM. Surgical approaches to the distal radius. *Hand (N Y)*. 2011 Mar;6(1):8-17.

Jenkins NH, Mintowt-Czyz WJ. Mal-union and dysfunction in Colles' fracture. *J Hand Surg Br* 1988;13(3):291–3.

Jerrhag D, Englung M, Karlsson MK, Rosengren BE. Epidemiology and time trends of distal forearm fractures in adults – a study of 11.2 million person-year in Sweden. *BMC Musculoskelet Disord* 2017;18(1):240.

Jupiter JB. Current concepts review: fracture of the distal end of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 1991;73:461-9.

Katt B, Seigerman D, Lutsky K, Beredjiklian P. Distal radius malunion. *J Hand Surg Am*. 2020 May;45(5):433-442.

Kihara H, Palmer AK, Werner FW, Short WH, Fortino MD. The effect of dorsally angulated distal radius fractures on distal radioulnar joint congruency and forearm rotation. *J Hand Surg Am.* 1996;21(1):40e47.

Knirk JL, Jupiter JB. Intra-articular fractures of the distal end of the radius in young adults. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68(5):647-59.

Kreder HJ, Hanel DP, McKee M, Jupiter J, McGillivray G, Swiontkowski MF. X-ray film measurements for healed distal radius fractures. *J Hand Surg Am.* 1996 Jan;21(1):31-9.

Krimmer H, Schandl R, Wolters R. Corrective osteotomy after malunited distal radius fractures. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2020 May;140(5):675-680

Li C, Cheung TF, Fan VC, Sin KM, Wong CWY, Leung GKK. Applications of three-dimensional printing in surgery. *Surg Innov* 2017 Feb;24(1):82-8.

McQueen M, Caspers J. Colles fracture: does the anatomical result affect the final function? *J Bone Joint Surg Br* 1988;70(4):649–51.

Mugnai R, Tarallo L, Lancellotti E, Zambianchi F, Di Giovine E, Catani F, Adani R. Corrective osteotomies of the radius: Grafting or not? *World J Orthop.* 2016 Feb 18;7(2):128-35.

Mulders MAM, d'Ailly PN, Cleffken BI, Schep NWL. Corrective osteotomy is an effective method of treating distal radius malunions with good long-term functional results. *Injury* 2017 Mar;48(3):731-7.

Okamura A, Mendonça GM, Neto JR, Moraes VY, Faloppa F, Belloti JC. Above-versus below-elbow casting for conservative treatment

of distal radius fractures: a randomized controlled trial and study protocol. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2018 19:92.

Orfale AG, Araújo PMP, Ferraz MB, Natour J. Translation into brazilian portuguese, cultural adaptation and evaluation of the reliability of the disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v.38, n. 2, p. 293-302 2005.

Palmer AK, Werner FW. Biomechanics of the distal radioulnar joint. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;(187):26e35

Perugia D, Guzzini M, Civitenga C, Guidi M, Dominedò C, Fontana D, Ferretti A. Is it really necessary to restore radial anatomic parameters after distal radius fractures? *Injury*, 2014 Dec;45 Suppl 6:S21-6.

Prommersberger KJ, Pillukat T, Muhldorfer M, et al. Malunion of the distal radius. *Arch Orthop Trauma Surg* 2012.

Randall, Dustin J. et al. Establishing the Minimal Clinically Important Difference and Substantial Clinical Benefit for the Pain Visual Analog Scale in a Postoperative Hand Surgery Population. *Journal of Hand Surgery*, Volume 47, Issue 7, 2022 645 – 653.

Revill SI, Robinson JO, Rosen M, Hogg MIJ. The reliability of a linear analogue for evaluating pain. *Anaesthesia* 1976 Nov;31(9):1191-8.

Ring D, Roberge C, Morgan T, Jupiter JB. Osteotomy for malunited fractures of the distal radius: a comparison of structural and nonstructural autogenous bone grafts. *J Hand Surg Am.* 2002;27(2):216-22.

Ring D, Prommersberger KJ, Gonzalez del Pino J et al. Corrective osteotomy for intra-articular malunion of the distal part of the radius. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87(7):1503–9.

Satria O, Abubakar I, Farqani S , Pratama IK. Reconstruction of intraarticular distal radius malunion with 3D printed guide and arthroscopic assisted intraarticular osteotomy. *Int J Surg Case Rep.* 2022 Jul 8;97:107391.

Scheer JH, Adolfsson LE. Tricalcium phosphate bone substitute in corrective osteotomy of the distal radius. *Injury* 2009 Mar;40(3):262-7.

Shintani K, Kazuki K, Yoneda M, Uemura T, Okada M, Takamatsu K, Nakamura H. Computer-Assisted Three-Dimensional Corrective Osteotomy for Malunited Fractures of the Distal Radius Using Prefabricated Bone Graft Substitute. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2018 Dec;23(4):479-486.

Singh S, Jud L , Fürnstahl P, Nagy L, Schweizer A, Roner S. Intermediate-Term Outcome of 3-Dimensional Corrective Osteotomy for Malunited Distal Radius Fractures With a Mean Follow-Up of 6 Years. *J Hand Surg Am.* 2022 Jul;47(7):691.e1-691.e10.

Stirling PHC, Oliver WM, Ng N, Oliver CW, McQueen MM, Molyneux SG, Duckworth AD. Distal radius malunion: outcomes following an ulnar shortening osteotomy. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2022 Jul 6.

Stockmans F, Dezillie M, Vanhaecke J. Accuracy of 3D virtual planning of corrective osteotomies of the distal radius. *J Wrist Surg* 2013;2:306–14.

Synn AJ, Makhni EC, Makhni MC, et al. Distal radius fractures in older patients: is anatomic reduction necessary? *Clin Orthop Relat Res* 2009;467(6):1612–20.

Von Campe A, Nagy L, Arbab D, Dumont CE. Corrective osteotomies in malunions of the distal radius: do we get what we planned? *Clin Orthop Relat Res*. 2006;450:179-85.

Walenkamp MMJ, de Muinck Keizer RJO, Dobbe JGG, Streekstra GJ, Goslings JC, Kloen P et al. Computer-assisted 3D planned corrective osteotomies in eight malunited radius fractures. *Strat Traum Limb Recon* – 2015 10:109-16.

NORMAS ADOTADAS

9. NORMAS ADOTADAS

BRASIL. Decreto n. 6.583, de 29 de setembro de 2008. Promulga o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, assinado em Lisboa, em 16 de dezembro de 1990. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato20072010/2008/Decreto/D6583.htm. Acesso em novembro 2009.

Weiszflog, W. Michaelis: Dicionário de Língua Portuguesa. 2010 ed. São Paulo. Melhoramentos, 2010. 951p.

Sistema Internacional de Unidades [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) – 2012 – [citado 2013 Jan]. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/infotec/publicacoes/si_versao_final.pdf

Descritores em Ciência da Saúde (Decs) [Internet]. São Paulo: Biblioteca Regional de Medicina (Bireme) – [citado 2013 Jan]. Disponível em: <http://decs.bvs.br>

Terminologia anatômica Internacional. Federative Committee on Anatomical Terminology. Tradução da Comissão de Terminologia Anatômica da Sociedade Brasileira de Anatomia. Barueri: Manole;2001.248p.

Ferreira LM. Projetos, dissertações e teses: Orientação normativa: Guia prático. São Paulo: Red Publicações; 2017.

APÊNDICE

APÊNDICE 1**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**

São Paulo, 13 de dezembro de 2019
CEP N 9253251119

Ilmo(a). Sr(a).

Pesquisador(a): João Carlos Belloti

Depto/Disc: Cirurgia Da Mão

Pesquisadores associados: Bernardo Vaz Peres Alves (unifesp); Fernando Rocha Villalon (unifesp); Dr. João Carlos Belloti (orientador)

Título do projeto: "IMPRESSÃO 3D NA OSTEOTOMIA CORRETIVA PARA CONSOLIDAÇÃO VICIOSA DE RÁDIO DISTAL EM ADULTOS SINTOMÁTICOS".

Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa UNIFESP/HSP

Trata-se de projeto de ESPECIALIZAÇÃO. Orientador: Prof. Dr. João Carlos Belloti. Equipe: de BERNARDO VAZ PERES ALVES e FERNANDO ROCHA VILLALON.

O estudo tem como objetivo, demonstrar o uso da prototipagem em 3D como ferramenta de planejamento pré-operatório, para as cirurgias corretivas de consolidação viciosa do rádio distal. Devido a complexa distorção da anatomia desses casos, a impressão do modelo do rádio distal permite o melhor entendimento tridimensional e da real possibilidade de correção da deformidade. Metodologia: Através do arquivo DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) gerado pela tomografia computadorizada pré-operatória de rotina das osteotomias corretivas de rádio distal, é permitido a reconstrução 3D com software específico para tal fim (InVesalius versão 3.1.1, Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer, Campinas, Brasil).

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo, na reunião de 06/12/2019, **ANALISOU** e **APROVOU** o protocolo de estudo acima referenciado. A partir desta data, é dever do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do protocolo.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do protocolo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. **Relatórios parciais** de andamento deverão ser enviados **anualmente** ao CEP até a conclusão do protocolo.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Miguel Roberto Jorge

Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa da
Universidade Federal de São Paulo/Hospital São Paulo