



**MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA MINIMAMENTE INVASIVA
E SIMULAÇÃO NA ÁREA DA SAÚDE**

RONALDO DE ARAGÃO RODRIGUES

**PINÇA DE APROXIMAÇÃO DE APOIO TRIPLO NO TRATAMENTO DA
ESCOLIOSE: DESENVOLVIMENTO E ENSAIO MECÂNICO**

FORTALEZA

2024

RONALDO DE ARAGÃO RODRIGUES

**PINÇA DE APROXIMAÇÃO DE APOIO TRIPLO NO TRATAMENTO DA
ESCOLIOSE: DESENVOLVIMENTO E ENSAIO MECÂNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia Minimamente Invasiva e Simulação na Área de Saúde do Centro Universitário Christus, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Abrahão
Cavalcante Gomes de Souza
Carvalho

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Centro Universitário Christus - Unichristus
Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do
Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R696p Rodrigues, Ronaldo de Aragão.
Pinça de aproximação de apoio triplo no tratamento da
escoliose : desenvolvimento e ensaio mecânico / Ronaldo de
Aragão Rodrigues. - 2024.
30 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário Christus -
Unichristus, Mestrado em Tecnologia Minimamente Invasiva e
Simulação na Área de Saúde, Fortaleza, 2024.
Orientação: Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza
Carvalho.
Área de concentração: Simulação no Ensino da Área Cirúrgica.

1. escoliose. 2. procedimentos ortopédicos. 3. instrumentos
cirúrgicos. I. Título.

CDD 610.28

RONALDO DE ARAGÃO RODRIGUES

**PINÇA DE APROXIMAÇÃO DE APOIO TRIPLO NO TRATAMENTO DA
ESCOLIOSE: DESENVOLVIMENTO E ENSAIO MECÂNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Tecnologia Minimamente Invasiva e Simulação na Área de Saúde do Centro Universitário Christus, como requisito para obtenção do Grau de Mestre. Área de concentração:

Aprovada em: ____/____/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza Carvalho (Orientador)
Centro Universitário Christus

Prof. Dr. Henrique César Temóteo Ribeiro
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Paulo Goberlânio de Barros Silva (Membro Efetivo)
Centro Universitário Christus

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida.

Ao meu saudoso pai José Olavo por não ter medido esforços para minha formação.

À Minha amada mãe Lucimar que foi , é e sempre será a minha eterna heroína.

Ao Prof. Dr. Abrahão Cavalcante Gomes de Souza por sua preciosa orientação, paciência e dedicação ao longo deste processo. Suas valiosas sugestões e conselhos foram fundamentais para a realização deste trabalho.

À minha esposa Lília pelo amor e apoio incondicional, neste e em todos desafios aos quais me proponho.

Aos professores e funcionários do Centro Universitário Christus por todo o conhecimento transmitido e pela assistência prestada durante o curso de mestrado.

Finalmente, dedico este trabalho a todos que, de alguma forma, contribuíram para a minha formação, seja profissional ou pessoal. Muito obrigado!!

RESUMO

O tratamento cirúrgico da escoliose é um procedimento complexo, de grande relevância social e que apresenta um nível de criticidade importante principalmente com relação a eventuais complicações. Dessa forma, o desenvolvimento de novos instrumentais que permitam uma precisão e estabilidade maior de movimentação das correções cirúrgicas da escoliose podem ajudar a diminuir o índice de complicações associadas ao tratamento cirúrgico. O objetivo deste trabalho é desenvolver uma pinça de aproximação com apoio triplo para a utilização nas correções cirúrgicas da escoliose e realizar um pré-teste de ensaio mecânico de compressão para avaliar seu comportamento frente a esta carga. O instrumental foi desenvolvido com o auxílio do software Autodex 3DS Max[®], com a produção de seu desenho técnico, protótipo e posterior usinagem. O ensaio mecânico foi realizado na máquina de ensaio universal Instron[®] comparando a resistência à carga de compressão do novo instrumental com um Alicate de Aproximação já utilizado nas cirurgias de coluna regularmente. Como resultados, foram obtidos o desenvolvimento do desenho técnico, protótipo e usinagem da Pinça de Aproximação de Apoio Triplo em aço inox 630, dentro de todos os padrões que regulam a confecção de instrumentais cirúrgicos. Como conclusão, o desenvolvimento da Pinça de Aproximação de Apoio Triplo foi realizada dentro dos padrões tecnológicos e das normas que garantem os pré-requisitos de resistência e dureza necessários para o uso funcional deste instrumental.

Palavras-chave: escoliose; procedimentos ortopédicos; instrumentos cirúrgicos.

ABSTRACT

The surgical treatment of scoliosis is a complex and risk procedure, of great social relevance, especially with regard to possible complications. Thus, the development of new instruments that allow greater precision and stability in the movement of surgical corrections for scoliosis can help to reduce the rate of complications associated with surgical treatment. The objective of this study is to develop a triple support approach forceps for use in surgical corrections of scoliosis and to perform a mechanical compression test to assess its behavior over this load. The instrument was created with the aid of the Autodex 3DS Max software, with the production of its technical design, prototype and development. The mechanical test was performed on the Instron universal testing machine comparing the compression load resistance of the new instrument with an Approximation Forceps already used in spine surgeries regularly. As a result, the creation of the technical design, prototype and development of the Triple Support Approach Forceps in 630 stainless steel was obtained, within all the standards that regulate the manufacture of surgical instruments. As conclusions, the development of the Triple Support Approach Forceps was carried out within the technological standards and norms that guarantee the prerequisites of resistance and hardness necessary for the functional use of this instrument.

Keywords: scoliosis; orthopedic procedures; surgical instruments.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Alicate de Aproximação direito e esquerdo. Anvisa número II 1.046.....	15
Figura 2 -	Máquina de ensaio universal Instron® (Instron Corp, Canton, Mass.).....	17
Figura 3 -	Desenho técnico do modelo inicial para aprovação dos autores.....	19
Figura 4 -	Protótipo inicial impresso em resina para aprovação dos autores.....	20
Figura 5 -	Protótipo impresso após ajustes de design na ponta ativa.....	20
Figura 6 -	Pinça de Aproximação de apoio triplo. Vista lateral.....	21
Figura 7 -	Pinça de aproximação de apoio triplo. Vista posterior.....	21
Figura 8 -	Pinça de aproximação de apoio triplo. Vista anterior.....	22
Figura 9 -	Pré-teste de compressão em máquina de ensaio universal Instron.....	22
Figura 10 -	Resultado de pré-teste mecânico de compressão em maquina de ensaio universal do tipo Instron.....	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EIA	Escoliose Idiopática do Adolescente
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Intelectualmm – Milímetros
N	Newton
PLA	Ácido Polilático
PR	Paraná
SPSS	Statistical Packcage for the Social Science

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	9
1.1	Justificativa.....	12
2	OBJETIVOS.....	13
2.1	Objetivo Geral.....	13
2.2	Objetivos Específicos.....	13
3	METODOLOGIA.....	14
3.1	Ergonomia e manuseio.....	14
3.2	Desenho Técnico, Impressão 3D e Usinagem.....	15
3.3	Ensaio Mecânico.....	16
3.4	Análise estatística.....	18
4	RESULTADOS.....	19
4.1	Desenho técnico, protótipo e usinagem.....	19
4.2	Pré-teste Mecânico.....	22
5	DISCUSSÃO.....	24
6	CONCLUSÕES.....	27
	REFERÊNCIAS.....	28
	BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR.....	29

1 INTRODUÇÃO

A escoliose é um desvio da coluna vertebral, com curvatura lateral no plano frontal, associado ou não à rotação dos corpos vertebrais nos planos axial e sagital, com etiologia que pode ser associada a mecanismos genéticos e epigenéticos. Ela pode ter seu início a partir da infância, podendo se desenvolver de forma potencialmente agressiva, sendo fundamental que o tratamento se inicie o mais precocemente possível (Pérez-Machado *et al.*, 2020).

Existem diversas classificações para as escolioses. Dentre estas pode-se citar a escoliose funcional, que está associada a causas externas à coluna e a escoliose estrutural, que pode se dividir nos seguintes tipos de escoliose: escoliose congênita, que ocorre normalmente devido à má-formação de alguma vértebra, escoliose neuromuscular, como consequência de uma paralisia cerebral ou outras doenças neurológicas, escoliose paralítica, secundária a uma paralisia, escoliose lombar degenerativa, que acomete normalmente o idoso, e por fim, a escoliose idiopática, o tipo mais comum de escoliose presente na população (Zhuang *et al.*, 2019; Fadzan; Bettany-Saltikov, 2017). A escoliose idiopática está dividida de forma cronológica de acordo com as faixas etárias dos pacientes em escoliose infantil, que se caracterizaria de 0 a 2 anos de idade, onde a criança nasce sem deformidade, mas com decorrer dos primeiros anos de vida ela passa a apresentar os desvios característicos da deformidade. Na sequência, são classificadas a escoliose juvenil, que se apresenta de 3 a 10 anos, a escoliose do adolescente, de 11 a 17 anos, que representa a faixa etária mais acometida, e por fim, a escoliose do adulto, que ocorre acima de 18 anos (Horne; Flannery; Usman, 2014).

Tratando de epidemiologia, no Brasil, a prevalência da Escoliose Idiopática do Adolescente (EIA) varia de 2 a 4% entre as idades de 10 a 16 anos, enquanto que no mundo esses números variam de 0,5 a 5% em diferentes contextos sociais. Esta alteração pode acometer principalmente o sexo feminino em cerca de 85% dos casos, sendo a faixa etária mais acometida de 10 a 13 anos de idade (Souza *et al.*, 2013). Para o diagnóstico da escoliose, o ortopedista normalmente é acionado pelo pediatra na infância ou mesmo pelos pais na fase da adolescência. Durante o exame físico, o médico solicita que o paciente retire a blusa, permaneça com as costas despidas enquanto o ortopedista o avalia nos planos frontal e sagital. No plano frontal, o profissional deve observar a presença de gibosidade, uma elevação

da escápula com as costelas, além de uma diferença de altura entre os ombros e assimetria no quadril (Tan *et al.*, 2018; Dunn *et al.*, 2018).

Durante a avaliação, o profissional pode lançar mão do teste de Adams, que é realizado com o paciente flexionando a coluna para frente, com as mãos estendidas e posicionadas com uma palma da mão encontrando a outra, e nessa posição fica mais proeminente e perceptível a gibosidade característica da escoliose (Cohen, 2007).

Como exame complementar ao diagnóstico clínico da escoliose, são realizadas as radiografias panorâmicas de coluna, e nesses exames são observadas no plano frontal normalmente os desvios laterais da coluna além das vértebras rotacionadas. Também de boa relevância, o profissional deve observar o sinal de Risser, que caracteriza o grau de amadurecimento da coluna vertebral, podendo variar de 0 a IV, sendo 0 a ausência de ossificação e IV 100% de ossificação (Oh *et al.*, 2012).

Para o tratamento da escoliose, o profissional deve discernir entre qual modalidade terapêutica está indicada para cada caso. O tratamento pode variar desde a observação, nos casos leves com pequenos desvios da coluna. Nesses casos, o profissional pode orientar um RPG ou mesmo natação apenas como terapias complementares, sem haver intervenção direta da escoliose. Também podem ser indicados o uso de gesso (praticamente em desuso, nos dias atuais), coletes, e nos casos mais graves existe a indicação cirúrgica (Cho *et al.*, 2021).

Nesse contexto, o discernimento do tratamento da escoliose quanto a sua modalidade terapêutica está associado ao nível de angulação do desvio da coluna (ângulo do Cobb). Dessa forma, desvios de até 20 graus podem ser tratados de forma conservadora, enquanto que desvios da coluna entre 20 e 40 graus são tratados com o uso de coletes na adolescência, em especial os coletes de Milwaukee, OTLS (órtese tóraco-lombo-sacra), coletes Rigo Cheneau ou 3D, por fim, casos com angulação da coluna acima de 40/45 graus têm indicação de tratamento cirúrgico (Pérez-Machado *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2011).

Se houver indicação de cirurgia, o paciente é submetido a anestesia geral, posicionado em decúbito ventral, seguindo-se de assepsia, antiseptia e montagem de campos operatórios. O cirurgião de coluna deve ser assistido por monitorização neurológica intra-operatória, onde um neurologista realiza a monitorização do potencial evocado e eletroneuromiografia, durante todo o ato cirúrgico, diminuindo os

riscos de paraplegia e outros eventos neurológicos (Li *et al.*, 2019).

Na sequência, o cirurgião expõe a coluna vertebral, identifica todos os elementos posteriores dos segmentos a serem operados, cureta as facetas articulares, deixando os pedículos das vértebras preparados para a fixação dos parafusos pediculares. Em seguida, o profissional faz a modelagem de uma haste longitudinal de titânio ou cromo-cobalto, e encaixa cada parafuso com o bloqueador na haste. Após essa estabilização, o profissional realiza a manobra de derrotação ou a manobra de translação para a correção da escoliose. Na sequência, o profissional posiciona o restante dos parafusos do lado contralateral, colocando a segunda haste, dando, assim, estabilidade à coluna. Ao final da cirurgia, o profissional segue com os procedimentos de síntese além dos últimos testes neurológicos (Vigneswaran *et al.*, 2015).

Para a realização de todo o procedimento, o profissional utiliza de um arsenal de instrumentais bastante complexos, como perfuradores, modeladores, hastes, persuaders, além de todos os materiais que serão implantados na coluna. Dentre todos os instrumentais, uma pinça em especial é responsável pela movimentação de correção da escoliose, fazendo aproximação dos parafusos implantados nas vértebras para a haste de correção, chamada de Alicata de Aproximação. Este movimento tem especial dificuldade técnica, pois muitos casos apresentam uma rigidez significativa, o que complica a correção da escoliose no transcirúrgico (Abel *et al.*, 2016).

Dessa forma, as cirurgias de escoliose são procedimentos extremamente específicos, com um alto nível de complexidade, além de risco de morbidade como seqüela da cirurgia, como nos casos das paraplegias, que apesar de acometer aproximadamente 0,1% dos pacientes, apresenta um desfecho trágico para o mesmo. Sendo assim, a instituição do tratamento o mais precoce possível pode evitar esse tipo de complicação, mas além disso, os instrumentais utilizados nestes tipos de tratamento devem apresentar um alto índice de precisão dos movimentos para se evitar eventuais iatrogenias nos tratamentos destes pacientes (Murphy; Mooney, 2016). No entanto, nem todos os instrumentais utilizados no tratamento cirúrgico da escoliose oferecem a precisão das movimentações necessárias durante a cirurgia para a sua correção.

1.1 Justificativa

A contextualização da escoliose e da sua correção cirúrgica é essencial para compreender a importância desse desenvolvimento. A escoliose pode causar dores crônicas, dificuldades respiratórias e até mesmo comprometer a função cardíaca, o que torna a necessidade de intervenção cirúrgica uma questão crucial para o bem-estar dos pacientes. Nesse contexto, a estabilização da coluna durante a cirurgia é um aspecto determinante para o sucesso do procedimento e para a recuperação pós-operatória. Assim, o desenvolvimento de um novo alicate de triplo apoio representa um avanço significativo no campo da medicina, proporcionando maior segurança e eficácia no tratamento da escoliose através de cirurgia corretiva. A partir dessa compreensão, torna-se evidente a importância de explorar mais a fundo o tema e os benefícios que essa inovação pode trazer para pacientes e profissionais da saúde. Os Alicates de Aproximação dos parafusos para as hastes utilizadas nas cirurgias para tratamento da escoliose apresentam apenas dois braços de apoio, sendo um para o parafuso e o outro para a haste. Dessa forma, o uso deste instrumento leva a uma instabilidade relativa durante a movimentação de correção da vértebra. A utilização de um instrumental de triplo apoio, sendo dois para a haste e um para o parafuso pedicular, pode estabilizar melhor o movimento de correção cirúrgica da escoliose, diminuindo inclusive a possibilidade de “*pull out*” ou seja, arrancamento dos parafusos, o que justifica o desenvolvimento deste novo instrumental.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver uma pinça de aproximação com apoio triplo para a utilização nas correções cirúrgicas da escoliose.

2.2 Objetivos Específicos

- a) desenvolver um protótipo de uma pinça de aproximação com apoio triplo para tratamento cirúrgico da escoliose;
- b) realizar ensaio mecânico controlado de compressão para Pré-Teste de resistência de uma pinça de aproximação com apoio triplo para o tratamento da escoliose.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo caracterizado pelo desenvolvimento de um instrumental e ensaio mecânico laboratorial *in vitro*. Desta forma, o trabalho não envolve seres humanos, não havendo necessidade de aprovação prévia de comitê de ética de pesquisa em humanos ou em animais na Instituição onde foi realizado o trabalho, a saber, Centro Universitário Christus.

O desenvolvimento de um alicate triplo inovador para estabilização durante cirurgias de correção da escoliose requer uma cuidadosa consideração dos princípios de design e engenharia. Os aspectos ergonômicos e de manuseio do dispositivo devem ser levados em conta para garantir a facilidade de uso e minimizar o esforço nas mãos e pulsos do cirurgião durante procedimentos prolongados.

Além da ergonomia, o design e a engenharia do alicate devem se concentrar em alcançar uma funcionalidade biomecânica ideal. Isso envolve a criação de um dispositivo que pode efetivamente estabilizar a coluna vertebral de uma forma controlada e precisa, permitindo também flexibilidade e ajuste para acomodar as necessidades únicas de cada paciente.

Além disso, os materiais utilizados na construção dos alicates devem ser cuidadosamente selecionados para garantir durabilidade, confiabilidade e compatibilidade com processos de esterilização médica. O dispositivo também deve ser projetado com foco em minimizar quaisquer riscos potenciais de danos teciduais ou outras complicações durante seu uso em procedimentos cirúrgicos.

3.1 Ergonomia e manuseio

O design ergonômico da nova pinça de suporte triplo desempenha um papel crucial para garantir sua facilidade de uso e eficácia durante cirurgias de correção de escoliose.

As características ergonômicas do instrumento foram trabalhadas para permitir que os cirurgiões o manuseie confortavelmente por períodos prolongados sem experimentar fadiga ou desconforto. Além disso, o design intuitivo da ferramenta permite uma manipulação precisa e controlada, promovendo resultados cirúrgicos ótimos.

Em termos de manuseio, as pinças foram projetadas para fornecer um aperto

seguro e estável, permitindo um posicionamento e manipulação mais precisos durante o procedimento. Além disso, as considerações ergonômicas se estendem ao tamanho e à forma geral da pinça, garantindo que ela seja adequada para uso em vários ambientes cirúrgicos e possa ser facilmente manobrada em espaços restritos. No geral, as características ergonômicas e de manuseio das novas pinças triplas não só melhoram a experiência do cirurgião, mas também contribuem para a segurança geral e o sucesso das cirurgias de correção da escoliose.

3.2 Desenho Técnico, Impressão 3D e Usinagem

Para a realização do desenho técnico, os autores partiram de um instrumental já utilizado em cirurgias corretivas de escoliose, chamado de Alicate de Aproximação, cujo número de registro na ANVISA é IIO 1.046. Este instrumental já é amplamente utilizado nestas cirurgias, se caracterizando por um desenho arrojado de apoio digitopalmar para a realização de movimento de aproximação dos parafusos instalados nas vértebras para as hastes posicionadas (Figura 1).

Figura 1 - Alicate de Aproximação direito e esquerdo. Anvisa número II 1.046



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

Este instrumental apresenta duas garras que servem de apoio para o parafuso

de um lado e a haste do outro lado. No entanto, a limitação do apoio na haste levou os autores deste trabalho a proporem uma segunda garra, aumentando a estabilidade de apoio do movimento. Para desenhar o instrumental, todas as medidas do Alicate de Aproximação foram tomadas e em seguida levadas para o software Autodesk 3DS Max[®] (Pinhais, PR, Brasil), software de modelagem e renderização 3D para projetos em realidade virtual.

O presente projeto apresenta um potencial significativo de inovação, já que se trata de uma atividade inventiva com aplicação industrial que poderá resolver um problema técnico presente no campo tecnológico das cirurgias de coluna. Após busca na base de dados do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), não foram observados instrumentais semelhantes, o que garante o potencial de inovação do produto.

Após o desenho, os autores geraram um arquivo.sdl para realizar a impressão do protótipo em resina numa impressora 3D Creality Ender 3 PRO[®] (impressora FDM) impresso em filamento de ácido polilático (PLA).

O projeto foi então encaminhado para usinagem em aço inoxidável AISI 630, que tem propriedades específicas de endurecimento por precipitação, levando a alta resistência à tração, rigidez, baixo coeficiente de fricção, além de excelente estabilidade dimensional, sendo assim aprovado por todas as normas que estabelecem os pré-requisitos com relação a dureza do material e sua resistência à deformação.

3.3 Ensaio Mecânico

Para a realização do trabalho foram utilizados 3 Pinças de Aproximação de Apoio Triplo no grupo experimental e 3 Alicates de Aproximação no grupo controle. Para a realização do pré-teste foi utilizada uma base de apoio para estabilizar as pinças individualmente, para a aplicação de compressão realizado em máquina de ensaio universal Instron[®] (Instron Corp, Canton, Mass.).

Figura 2 - Máquina de ensaio universal Instron® (Instron Corp, Canton, Mass.)



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

As amostras foram então submetidas ao carregamento de compressão, com velocidade de 0,5mm/min e as forças exercidas foram registradas na forma de curva de força (N) e deslocamento (mm). A máquina foi programada para interromper o ciclo do ensaio quando ocorresse uma deformação acima de 5 mm ou queda abrupta da resistência oferecida pelo material ensaiado.

As forças foram programadas para incidir perpendicularmente ao longo eixo da pinça, e a cada ensaio, todas as regulagens e os alinhamentos das pontas aplicadoras da carga de compressão foram conferidos. Os gráficos foram construídos pelo software TESC- INSTRON®, que realiza o gerenciamento da máquina de ensaios mecânicos.

Após cada pré-teste, as pinças foram removidas e foram avaliadas para observação de deformações, eventuais trincas ou mesmo fraturas das hastes de cada amostra.

3.4 Análise estatística

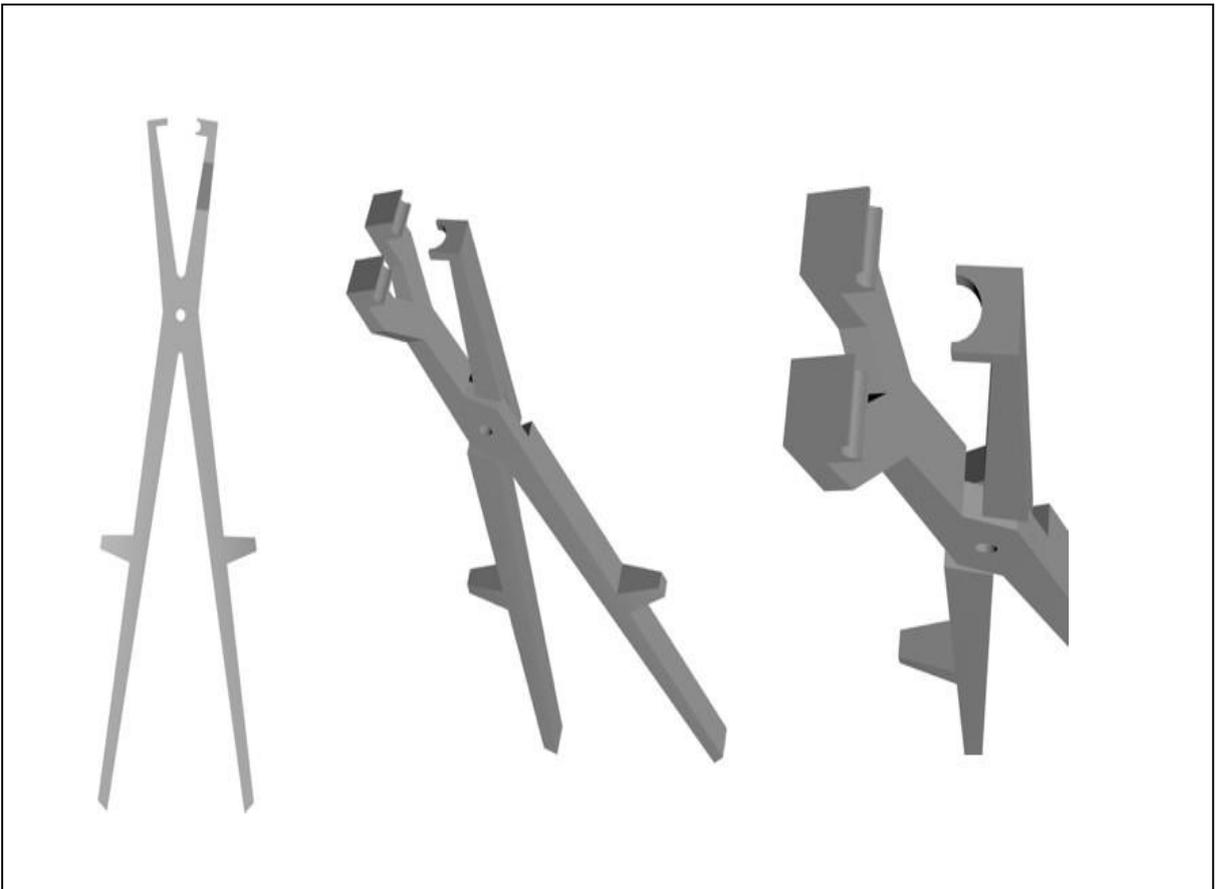
No presente estudo, devido aos custos elevados do material envolvido, o n da amostra foi definido com a utilização de três instrumentais em cada grupo, com o cálculo do poder da amostra após a realização dos pré-testes das três primeiras amostras de instrumentais. Os dados coletados foram tabulados e analisados através do programa Statistical Package for the Social Science (SPSS Inc. Chicago II, EUA), com os Testes de Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade da amostra, seguido dos Testes T-Test e/ou Mann Whitney.

4 RESULTADOS

4.1 Desenho técnico, protótipo e usinagem

Após a definição do detalhamento do projeto da Pinça de Aproximação com apoio triplo, o desenho técnico foi realizado mantendo as proporções dos cabos de empunhadura do instrumental Alicate de Aproximação. Em primeiro momento a equipe de design técnico produziu um desenho com pontas ativas alargadas e com separações maiores que o espaço funcional entre os pedículos vertebrais. Durante apresentação para os autores, foi observado que essas características inviabilizariam a aplicação do instrumental (Figuras 3 e 4).

Figura 3 - Desenho técnico do modelo inicial para aprovação dos autores



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 4 - Protótipo inicial impresso em resina para aprovação dos autores



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

Com a solicitação de diminuição das pontas ativas e arredondamento das margens do instrumental, foi possível dar um design mais anatômico que poderia se adequar às limitações de espaço que existe entre as vértebras e a própria haste, possibilitando um encaixe mais preciso do instrumento tanto no parafuso pedicular quanto nos dois apoios previstos para a haste. Dessa forma, com a duplicidade da ponta referente à haste, associada à natureza de dureza e resistência do aço inox 630 pode garantir as propriedades mecânicas do instrumental (Figura 5).

Figura 5 - Protótipo impresso após ajustes de design na ponta ativa

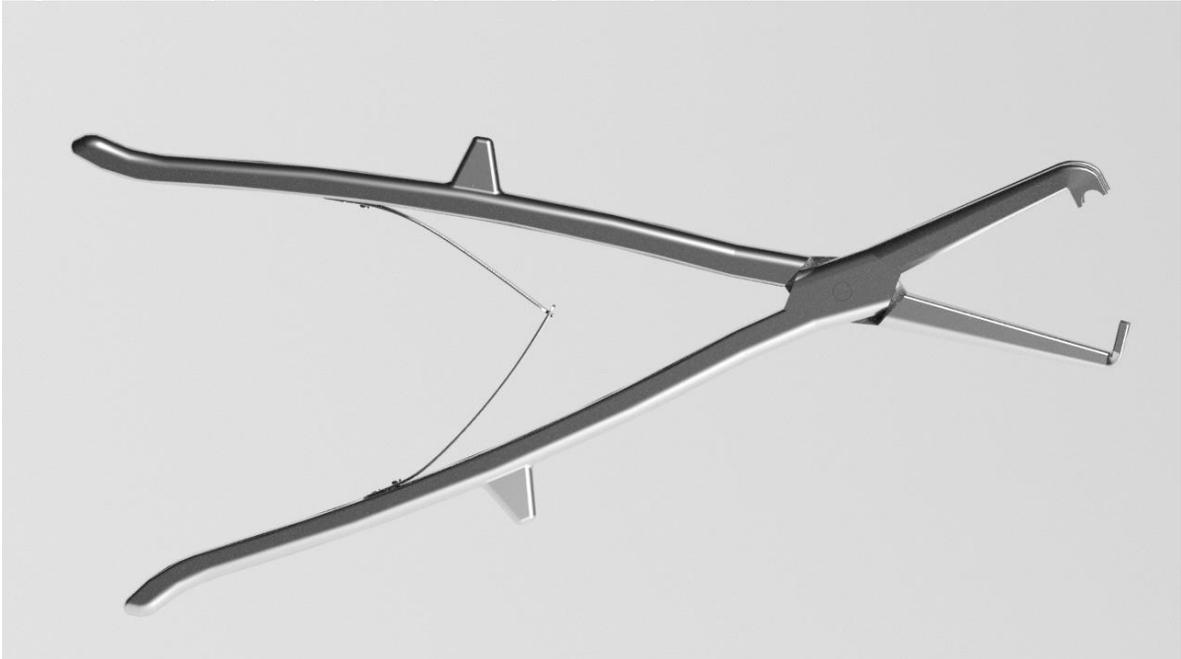


Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

Por fim, o material foi encaminhado para usinagem, sendo confeccionado no

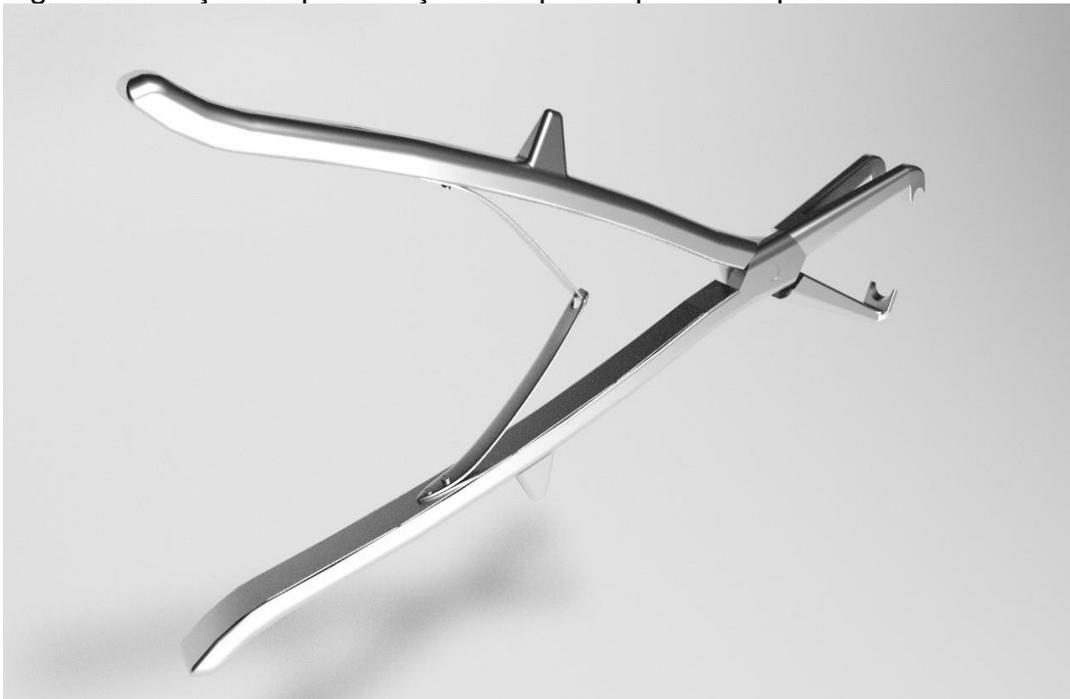
aço inox 630, material de dureza característica para produção de instrumentais cirúrgicos, que possibilita a submissão do material a cargas de compressão, conforme previsto para o uso nas correções cirúrgicas da escoliose. O instrumental então chegou em sua configuração final para iniciar os pré-testes mecânicos. (Figuras 6, 7 e 8)

Figura 6 - Pinça de Aproximação de apoio triplo. Vista lateral



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 7 - Pinça de aproximação de apoio triplo. Vista posterior



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

Figura 8 - Pinça de aproximação de apoio triplo. Vista anterior

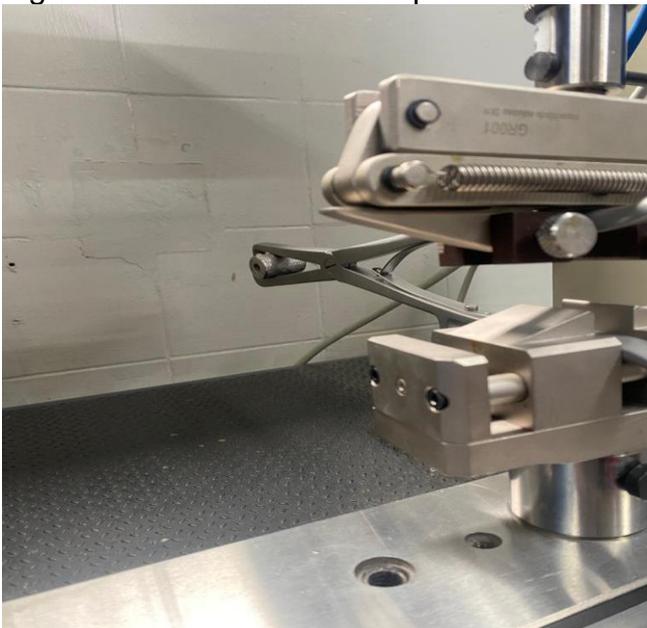


Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

4.2 Pré-Teste Mecânico

Durante esta fase, a máquina foi programada para iniciar o pré-teste com 0N de força e evoluir até as deformações de 1, 2, 3, 4 e 5mm durante a aplicação da força. Durante o pré-teste, não houve queda abrupta da resistência oferecida pelo material ensaiado. Após a evolução de 432N de força e 5mm de deslocamento da força, não foi identificada deformidade na ponta ativa da pinça, evidenciando uma boa resistência, além dos limites regulares de uma força aplicada manualmente, que representa 50N, em valores médios aproximados.

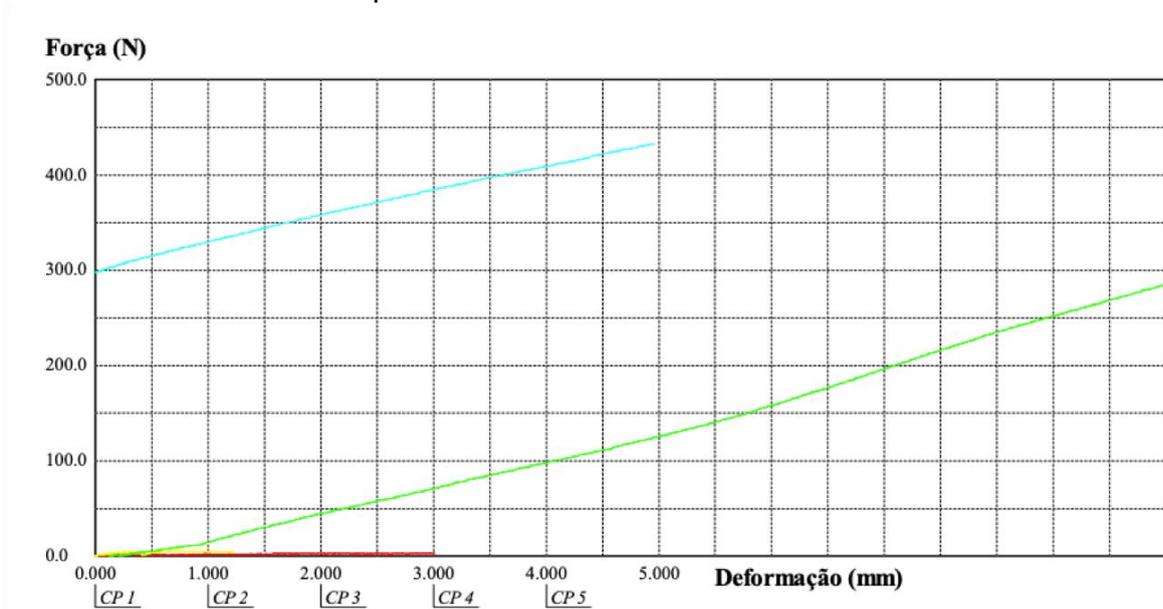
Figura 9 - Pré-Teste de compressão em máquina de ensaio universal Instron



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

Através da leitura do gráfico obtido pela máquina de ensaio universal do tipo INSTRON, pôde-se decidir não ser necessário seguir com os pré-testes de ensaio mecânico, pois não havia razoabilidade para tal, já que a força da mão humana não chegaria a ultrapassar os valores máximos encontrados durante a fase de pré-teste realizado.

Figura 10 - Resultado de Pré-Teste mecânico de compressão em maquina de ensaio universal do tipo Instron



Fonte: elaborado pelo autor deste trabalho.

5 DISCUSSÃO

A escoliose é definida como uma deformidade tridimensional da coluna vertebral, caracterizada por curvaturas laterais progressivas. A classificação da escoliose é feita com base na idade em que a condição se desenvolve e na causa subjacente. As principais categorias incluem escoliose idiopática do adolescente (EIA), escoliose congênita, escoliose neuromuscular e escoliose degenerativa. A EIA é a forma mais comum e ocorre em adolescentes entre 10 e 18 anos de idade, sem causa conhecida.

O tratamento cirúrgico da escoliose vem sendo bastante discutido na literatura, em especial com relação às suas indicações. A tendência de respeitar que as evidências clínicas são soberanas, levam aos autores concordarem que nos casos de boa evolução dos pacientes submetidos a tratamentos conservadores com o uso de coletes, por exemplo, os procedimentos cirúrgicos são contraindicados (Sha *et al.*, 2016).

Outros fatores que pesam na decisão cirúrgica do paciente podem ser relatados como o equilíbrio troncular, a saúde geral do paciente, o nível de função exercida pelo paciente, satisfação e o desejo de tratamento do paciente e de seus pais. Todos esses fatores são contrabalanceados com os riscos cirúrgicos e o profissional passa a decidir confrontando necessidade e oportunidade de tratamento (Zhou *et al.*, 2018).

O procedimento cirúrgico para correção da escoliose está muito bem relatado na literatura e apresenta um baixo índice de complicações associadas (Abel *et al.*, 2016). No entanto, o nível de morbidade e gravidade que podem alcançar nos pacientes que sofrem com esse tipo de problema são gravíssimos, o que motiva os autores a buscar melhorias e maior precisão na técnica cirúrgica realizada.

Dentre as complicações, a paraplegia é citada na literatura como uma das mais relevantes. Apesar de apresentar uma ocorrência de 0,1% dos casos operados, a perda funcional da deambulação é um fator incapacitante para o paciente, levando a vários outros problemas funcionais associados à falta da função locomotora (Godzik *et al.*, 2015).

Para alcançar a redução das complicações, o aprimoramento do arsenal de instrumentais cirúrgicos traz grande relevância para os dias atuais. No material apresentado, vários fatores contribuem com a melhoria do trabalho profissional para

o cirurgião de coluna. Em princípio é possível citar a estabilização do movimento de correção da escoliose com a adição de uma nova ponta ativa de apoio para a haste. O aço inox 630 também é um fator importantíssimo, pois suas características possibilitaram o refinamento do design do instrumental sem haver a perda da resistência à compressão do mesmo, evidenciando um ganho funcional para a realização das correções dos casos de escoliose.

Após avaliação clínica do paciente, curvaturas maiores que 10 graus levam a necessidade de avaliação radiográfica com a medição precisa do ângulo de Cobb. Este ângulo é medido a partir da placa superior da vértebra terminal cranial e a placa inferior da vértebra terminal caudal. Ao traçar uma reta perpendicular a essas placas, o encontro das perpendiculares formará um ângulo que deve ser quantificado com o auxílio de um transferidor. Vale ressaltar que essas medidas podem variar em até 5 graus de pessoa para pessoa, durante o registro nas imagens radiográficas. Dessa forma, o chamado método de Cobb identifica a deformidade da escoliose, sendo a principal referência para o tratamento cirúrgico das escolioses idiopáticas do adolescente (Brink *et al.*, 2017).

A indicação cirúrgica varia então com o valor medido no ângulo de Cobb, sendo indicado quando seus valores estiverem acima de 40 a 45 graus, mas também existem necessidade de avaliação de fatores como o padrão da curva, o risco da progressão da doença e a maturidade esquelética. A subjetividade de todos esses fatores faz com que exista ainda muita discussão a respeito da indicação cirúrgica destes casos (Donzelli *et al.*, 2014).

Atualmente, a utilização de ferramentas digitais, principalmente para o design e simulação de procedimentos cirúrgicos tem ganhado força no desenvolvimento de novas tecnologias. O desenho e desenvolvimento de novos materiais com o auxílio dessas ferramentas possibilitam o planejamento de procedimentos cirúrgicos, levando a uma melhor adaptação de instrumentais e materiais em várias situações cirúrgicas. A possibilidade de desenho sob medida da Pinça de Aproximação de triplo apoio de forma gráfica antes de sua produção pode trazer vários benefícios, pois evita o teste empírico imediato de um novo instrumental em pacientes (Khoo, 2015; Chu *et al.*, 2020).

Nesse contexto, pode-se inserir o advento das impressoras 3D na impressão de modelos e protótipos no desenvolvimento de novas tecnologias. O uso dessa ferramenta garante a diminuição do tempo de planejamento, assim como possibilita

o manuseio da peça cirúrgica antes de sua versão final oriunda da usinagem. Com esse processo sendo realizado por partes, é possível evitar vários erros de planejamento, assim como diminuir os custos com eventuais correções da peça cirúrgica após a usinagem.

6 CONCLUSÕES

Como conclusão, o desenvolvimento de um novo alicate de triplo apoio foi realizado dentro dos padrões tecnológicos e das normas que garantem os pré-requisitos de resistência e dureza necessários para o uso funcional deste instrumental. Da mesma forma, a pinça teve excelentes resultados no pré-teste de compressão, reforçando que este material está pronto para iniciar os testes *in vivo*. Como sugestões futuras, será necessário a realização de ensaio clínico para observação do comportamento desse material no trans-cirúrgico da cirurgia de escoliose.

A pinça de apoio triplo tem o potencial de impactar significativamente as cirurgias de correção da escoliose. Ao proporcionar uma estabilização mais eficaz durante o procedimento, o alicate melhorará a precisão e a segurança da cirurgia, resultando em melhores resultados para os pacientes.

Além disso, a redução do tempo de cirurgia e a diminuição do risco de complicações pós-operatórias também são benefícios esperados do uso do novo instrumento. Com uma abordagem inovadora para a estabilização da coluna durante a correção da escoliose, o alicate de triplo apoio tem o potencial de revolucionar as práticas cirúrgicas atuais, melhorando a qualidade de vida dos pacientes e aumentando a eficiência dos procedimentos.

Espera-se que o impacto positivo desse avanço tecnológico seja sentido não apenas pelos cirurgiões e pacientes, mas também pela comunidade médica como um todo.

REFERÊNCIAS

- ABEL, M. F. *et al.* Surgical treatment of Lenke 5 adolescent idiopathic scoliosis: comparison of anterior versus posterior approach. **Orthopedics**, Thorofare, v. 7, n. 9, p. 553-560, 2016.
- BRINK, R. C. *et al.* Anterior spinal overgrowth is the result of the scoliotic mechanism and is located in the disc. **Spine**, Phila Pa, v. 42, n. 11, p. 818-822, 2017.
- CHO, W. *et al.* Trends in topics presented as posters at the Scoliosis Research Society (SRS) annual meetings for the last 7 years: implications of an SRS annual meeting abstract registry (Part II). **Spine Deform**, Milwaukee, WI, v. 9, n. 5, p. 1275-1287, 2021.
- CHU, H. *et al.* 4D Printing: a review on recente Progress. **Micromachine**, Basel, Switzerland v. 11, n. 9, p. 796-826, 2020.
- COHEN, M. **Tratado de Ortopedia**. São Paulo: Roca, 2007.
- DONZELLI, S. *et al.* In favour of the definition “adolescents with idiopathic scoliosis”: juvenile and adolescent idiopathic scoliosis braced after ten years of age, do not show different end results. SOSORT award winner 2014. **Scoliosis**, [s. l.], v. 9, n. 7, p. 1-6, 2014.
- DUNN, J. *et al.* Screening for adolescent idiopathic scoliosis: evidence report and systematic review for the US preventive services task force. **Jama**, Chicago, IL, v. 319, n. 2, p.173-187, 2018.
- FADZAN, M.; BETTANY-SALTIKOV, J. Etiological theories of adolescent idiopathic scoliosis: past and present. **Open Orthopaedics Journal**, [s. l.], v.11, p.1466-1489, 2017.
- GODZIK, J. *et al.* Risks and outcomes of spinal deformity surgery in Chiari malformation, Type 1, with syringomyelia versus adolescent idiopathic scoliosis. **The Spine Journal**, Philadelphia, PA, v. 15, n. 9, p. 2002-2008, 2015.
- HORNE, J. P.; FLANNERY, R.; USMAN, S. Adolescent idiopathic scoliosis: diagnosis and management. **American family physician**, Leawood, KS, v. 89, p. 193-198, 2014.
- KHOO, Z. X. 3D Printing of Smart Materials: A Review on Recent Progresses in 4D. **Printing Virt Phys Prototyp**, London, v. 10, p. 103-122, 2015.
- LI, M. *et al.* Surgical treatment of adult idiopathic scoliosis: longterm clinical radiographic outcomes. **Orthopedics**, Thorofare, v. 34, n. 3, p. 180-220, 2011.
- LI, Z. *et al.* Surgical treatment for severe and rigid scoliosis: a case-matched study between idiopathic scoliosis and syringomyelia-associated scoiosis. **Spine**, Phila Pa, v. 19, p. 87-94, 2019.

MURPHY, R. F.; MOONEY, J. F. Complications following spine fusion for adolescent idiopathic scoliosis. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, [s. l.], v. 9, n. 4, p. 462-469, 2016.

OH, C. H. *et al.* Park, Usefulness of chest radiographs for scoliosis screening: a comparison with thoraco-lumbar standing radiographs. **Yonsei Medical Journal**, Seodaemun-gu, Seoul, v. 53, n. 6, p.1183-1189, 2012.

PÉREZ-MACHADO, G. *et al.* From genetics to epigenetics to unravel the etiology of adolescent e idiopathic scoliosis. **Bone**, [s. l.], v.140, p.1-12, 2020.

SHA, S. *et al.* Does Surgical Correction of Right Thoracic Scoliosis in Syringomyelia Produce Outcomes Similar to Those in Adolescent Idiopathic 29 Scoliosis? **The Journal of Bone & Joint Surgery**, Boston, MA, v. 98, n. 4, p. 295-302, 2016.

SOUZA, F. I. *et al.* Epidemiologia da escoliose idiopática do adolescente em alunos da rede pública de Goiânia-GO. **Acta Ortopédica Brasileira**, São Paulo, v. 21, p. 223-225, 2013.

TAN, H. *et al.* Clinical manifestations and radiological characteristics in patients with idiopathic syringomyelia and scoliosis. **European Spine Journal**, Germany, v. 27, p. 2148-2155, 2018.

VIGNESWARAN, H. T. *et al.* Surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis in the United States from 1997 to 2012: an analysis of 20,346 patients. **Journal of Neurosurgery: Pediatrics**, Washington, DC, v. 16, p. 322-328, 2015.

ZHOU, C. *et al.* Comparison of anterior/posterior vertebral column resection versus anterior/posterior spinal fusion for severe and rigid scoliosis. **The Spine Journal**, Philadelphia, PA, v. 18, n. 6, p. 948-953, 2018.

ZHUANG, Q. *et al.* Modified PUMC classification for adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**, Phila Pa, v.19, p.1518-1528, 2019.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CHAROSKY, S. *et al.* Complications and risk factors of primary adult scholiosis surgery: a muit-center study of 306 patients. **Spine**, Phila Pa, v. 37, p. 476-83, 2012.

DAUBS, M. D. *et al.* Does correction of preoperative coronal imbalance make a difference in outcomes of adult patients with deformity? **Spine**, Phila Pa, v. 38, p. 476-83, 2013.

FRAZIER, W. E. Metal Additive Manufacturing: A Review. **The Journal of Materials Engineering and Performance**, United States, v .23, p.1917-1928, 2014.

GODZIK, J. *et al.* Comparison of spinal deformity in children with Chiari I malformation with and without syringomyelia: matched cohort study. **European Spine Journal**, Germany, v. 25, p. 619-626, 2016.

HOSSAIN, N. *et al.* 3D-Printed objects for multipurpose applications. **The Journal of**

Materials Engineering and Performance, United States, v. 26, p. 1-12, 2021.

JIANG, L. *et al.* Selective thoracic fusion for adolescent thoracic scoliosis secondary to Chiari I malformation: a comparison between the left and the right curves. **European Spine Journal**, Germany, v. 28, p. 590-598, 2019.

KALANTARI, K; SALEH, B; WEBSTER, T.J. Biological Applications of Severely Plastically Deformed Nano-Grained Medical Devices: A Review. **Nanomaterials**, Basel, Switzerland, v.11, n.3, p.748, 2021.

MIKHAYLOVSKIY, M. *et al.* Progressive scoliosis and Syringomyelia - questions of surgical approach. **Folia Medica**, Plovdiv, Bulgaria, v. 60, p. 261-269, 2018.

QIN, X. *et al.* Effectiveness of selective thoracic fusion in the surgical treatment of Syringomyelia-associated scoliosis: a case-control study with long-term follow-up. **Spine**, Phila Pa, v. 41, p. 887-892, 2016.

SILVA, F. E.; LENKE, L. G. Adult degenerative scoliosis: evaluation and management[J]. **Neurosurg Focus**, Rolling Meadows, IL, v. 28, E1, 2010.

TANG, X. Y. ; SU, X. J.; YAO, Z. M. A clinical study on limited long-segment fusion for degenerative lower lumbar scoliosis. **Chinese Journal of Bone and Joint**, Beijing, v. 4, p. 564-567, 2015.

TANG, H. *et al.* Risk factors for postoperative complication after spinal fusion and instrumentation in degenerative lumbar- scoliosis patients. **Journal of Orthopaedic Surgery and Research**, Rosemont, v. 9, p. 15, 2014.

YAGI, M. *et al.* Factors affecting the postoperative progression of thoracic kyphosis in surgical treated adult patients with lumbar degenerative scoliosis. **Spine**, Phila Pa, v. 39, p. 521-528, 2014.

ZENG, Y. *et al.* Surgical strategy in adult lumbar scoliosis: the utility of categorization into 2 groups based on primary symptom, each with 2-year minimum follow-up[J]. **Spine**, Phila Pa, v. 37, p. 556-561, 2012.

ZHU, Z. *et al.* Comparison of the scoliosis curve patterns and MRI syrinx cord characteristics of idiopathic syringomyelia versus Chiari I malformation. **European Spine Journal**, Germany, v. 25, p. 517-525, 2016.