

# CORREÇÃO DO PLANO SAGITAL DA COLUNA VERTEBRAL: APLICAÇÃO DE PARAFUSOS CONVERGENTES OU DIVERGENTES

CORRECTION OF THE SPINAL SAGITTAL PLANE: THE APPLICATION OF CONVERGENT OR DIVERGENT SCREWS

CORRECCIÓN DEL PLANO SAGITAL DE LA COLUMNA VERTEBRAL: APLICACIÓN DE TORNILLOS CONVERGENTES O DIVERGENTES

ENGUER BERALDO GARCIA,<sup>1,2,3</sup> LILIANE FARIA GARCIA,<sup>1,2</sup> ENGUER BERALDO GARCIA JÚNIOR,<sup>2</sup> ANDRÉ DE SÁ,<sup>1</sup> VÍCTOR DE OLIVEIRA MATOS,<sup>1</sup> JULIANA GARCIA CAMARINHA,<sup>2</sup> MARCOS FELIPE CAMARINHA,<sup>2</sup> ROBERTO GARCIA GONÇALVES,<sup>1,3</sup> EDUARDO BERALDO GARCIA,<sup>1,3</sup> SAULO TERROR GIESBRECHT<sup>1,3</sup>

1. Santa Casa de Belo Horizonte, Spine Group, Belo Horizonte, MG, Brasil.

2. Instituto da Coluna Vertebral de Belo Horizonte, Belo Horizonte, MG, Brasil.

3. Sociedade Brasileira de Coluna, São Paulo, SP, Brasil.

## RESUMO

**Objetivo:** Apresentar um novo princípio para correção do plano sagital da coluna vertebral, posicionando os parafusos pediculares monoaxiais nesse plano de forma convergente ou divergente, associados à compressão ou distração, para proporcionar força em alavanca lordotizante ou cifotizante. **Métodos:** Realizou-se um estudo de mecânica estatística de 28 fixações em segmentos de coluna sintética. Em quinze peças, foram aplicados parafusos pediculares monoaxiais nos extremos dos segmentos abordados com posicionamento no sentido convergente à fixação. Foram agregados às hastes retas e submetidos à força de compressão. Em outros treze segmentos, a fixação foi feita com parafusos pediculares monoaxiais, no sentido divergente ao centro da fixação, integrados às hastes retas e submetidos à força de distração. **Resultados:** Para criar cifose nos 15 segmentos sintéticos da coluna vertebral, a média do ângulo de Cobb na pré-fixação foi de  $-0,7^\circ$  e a média pós-fixação foi de  $+15^\circ$ . Para criar lordose em 13 segmentos, a média do ângulo de Cobb na pré-fixação foi de  $+1^\circ$  e a média pós-fixação foi de  $+18^\circ$ . A diferença foi confirmada por testes de mecânica estatística e considerada significativa. Contudo, não existe diferença relevante entre os ângulos médio para formação da lordose e da cifose. **Conclusões:** Conclui-se que a correção do plano sagital da coluna aplicando o novo método de instrumentação é eficiente. Confirmou-se com teste de mecânica estatística que a diferença em graus de Cobb entre o período pré e o pós-fixação dos segmentos de coluna sintética fixados foi considerada significativa, tanto na criação da cifose quanto da lordose. **Nível de evidência II C; Estudo mecânico estatístico de segmentos de coluna sintética.**

**Descritores:** Lordose; Cifose; Dispositivos de Fixação Cirúrgica; Rotação.

## ABSTRACT

**Objective:** To present a new principle for correction of the sagittal plane of the spine through the convergent or divergent placement of monoaxial pedicle screws in this plane, associated with compression or distraction, to provide lordotizing or kyphotizing leverage force. **Method:** A statistical mechanical study of twenty-eight fixations in synthetic spine segments was performed. In fifteen pieces, pedicle screws were applied to the ends of the segments with positioning convergent to the center of the fixation. They were attached to the straight rods and subjected to compression force. The other thirteen segments were fixed with pedicle screws in a direction divergent to the center of the fixation, attached to the straight rods, and subjected to distraction force. **Results:** To create kyphosis in the 15 synthetic segments of the spine, the mean pre-fixation Cobb angle was  $-0.7^\circ$  and the mean post-fixation angle was  $+15^\circ$ . To create lordosis in the 13 segments, the mean pre-fixation Cobb angle was  $+1^\circ$  and the mean post-fixation angle was  $+18^\circ$ . The difference was confirmed by statistical mechanical tests and considered significant. However, there is no relevant difference between the mean angles for lordosis and kyphosis formation. **Conclusions:** It was concluded that the correction of the sagittal plane of the spine by applying the new instrumentation method is efficient. A statistical mechanical test confirmed that the difference in Cobb degrees between pre- and post-fixation of the synthetic spine segments was considered significant in the creation of both kyphosis and lordosis. **Level of evidence II C; Statistical mechanical study of synthetic spine segments.**

**Keywords:** Lordosis; Kyphosis; Surgical Fixation Devices; Rotation.

## RESUMEN

**Objetivo:** Presentar un nuevo principio para corrección del plano sagital de la columna vertebral, posicionando los tornillos pediculares monoaxiales en ese plano de forma convergente o divergente, asociados a la compresión o distracción, para proporcionar fuerza en palanca lordotizante o cifosante. **Métodos:** Se realizó un estudio de mecánica estadística de 28 fijaciones en segmentos de columna sintética. En quince piezas, fueron aplicados tornillos pediculares monoaxiales en los extremos de los segmentos abordados con posicionamiento en el sentido convergente a la fijación. Fueron agregados a las varillas rectas y sometidos a la fuerza de compresión. En otros trece segmentos, la fijación fue hecha con tornillos pediculares monoaxiales, en el sentido divergente del centro de la fijación, integrados a las varillas rectas

Trabalho realizado no Instituto da Coluna Vertebral BH.

Correspondência: Enguer Beraldo Garcia. Av. Francisco Sales, 427, Floresta, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil. enguerbg@gmail.com

<http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120201904232531>

Coluna/Columna. 2020;19(4):287-92



Received on 12/25/2019 accepted on 05/12/2020

y sometidos a la fuerza de distracción. Resultados: Para crear cifosis en los 15 segmentos sintéticos de la columna vertebral, el promedio del ángulo de Cobb en la prefijación fue de  $-0,7^\circ$  y el promedio de postfijación fue de  $+15^\circ$ . Para crear lordosis en 13 segmentos, el promedio del ángulo de Cobb en la prefijación fue de  $+1^\circ$  y el promedio de postfijación fue de  $+18^\circ$ . La diferencia fue confirmada mediante tests de mecánica estadística y considerada significativa. Sin embargo, no existe diferencia relevante entre los ángulos promedios para la formación de lordosis y de cifosis. Conclusiones: Se concluye que la corrección del plano sagital de la columna aplicando el nuevo método de instrumentación es eficiente. Se confirmó con test de mecánica estadística que la diferencia en los grados de Cobb entre el período de pre y postfijación de los segmentos de columna sintética fijados fue considerada significativa, tanto en la creación de cifosis como de la lordosis. **Nivel de evidencia II C; Estudio mecánico estadístico de segmentos de columna sintética.**

**Descriptor:** Lordosis; Cifosis; Dispositivos de Fijación Quirúrgicos; Rotación.

## INTRODUÇÃO

A literatura aponta a cifose por Scheuermann como uma patologia estrutural da coluna torácica ou toracolombar, que acomete 0,4 a 8,3% da população geral, sendo que existem inúmeras hipóteses diagnósticas.<sup>1</sup>

Dickson confirmou que uma perda de cifose torácica pode preceder o desenvolvimento de deformidade e rotação vertebral.<sup>2</sup>

Winter e Nash relataram que a hipocifose torácica foi responsável pela redução da função pulmonar em pacientes diagnosticados com Escoliose Idiopática do Adolescente (EIA).<sup>3,4</sup>

Apesar do alinhamento da coluna vertebral ter sido, durante muitos anos, avaliado apenas no plano coronal, diversas publicações destacam a importância que tem as alterações no plano sagital. Os autores também ressaltam a relação da coluna vertebral com as alterações na orientação pélvica e como elas determinam o alinhamento vertebral como um todo.<sup>5-9</sup>

Incidência Pélvica (IP): O ângulo entre uma linha perpendicular ao ponto médio do platô sacral e uma linha que liga esse ponto até o eixo central da cabeça femoral, considerado normal de  $40^\circ$  a  $65^\circ$ . Incidência Sacral (IS): O ângulo entre uma linha no platô superior de S1 e uma linha horizontal paralela ao solo, sendo normal de  $30^\circ$  a  $50^\circ$ . Versão pélvica (VP): O ângulo entre uma linha que liga o ponto médio do platô sacral até ao eixo da cabeça femoral e uma linha vertical, perpendicular ao solo, tido como normal de  $10^\circ$  a  $25^\circ$ .<sup>10,11</sup>

O foco principal no tratamento cirúrgico da EIA, durante décadas, foi a quantidade de correção no plano coronal, contudo, a correção do plano sagital e rotação vertebral também foram reconhecidos como quase tão importante quanto o coronal. Os autores ressaltam-se as dificuldades para corrigir associadamente a rotação vertebral e a hipocifose.<sup>12</sup>

Estudou-se uma série de 76 pacientes afetados de EIA especialmente tipo I de Lenke, comparou-se os índices pélvicos e parâmetros spino-pélvica antes e após a correção cirúrgica por via posterior, mostrou-se um ligeiro desequilíbrio do plano sagital da coluna vertebral, principalmente nos casos que apresentava hipocifose prévia, embora afirmaram que mais estudos são necessários.<sup>13</sup>

Para avaliar e determinar a eficiência de várias configurações de força na correção das deformidades tridimensionais da coluna, desenvolveu-se um modelo 3d de coluna vertebral com base em imagens de tomografia computadorizada obtidas de uma menina escoliótica. O modelo foi exportado para o software Abaqus para verificar os efeitos de várias configurações de força e magnitudes na correção de curvaturas da coluna vertebral. As forças direcionadas verticais diminuíram as curvas escolióticas, lordóticas e cifóticas. Recomendou-se o uso de uma combinação de forças transversais e verticais para diminuir a curva escoliótica sem efeitos colaterais significativos no plano sagital.<sup>14</sup> O objetivo do artigo é apresentar um novo princípio para correção do plano sagital da coluna vertebral, posicionando os parafusos pediculares monoaxiais nesse plano: de forma convergente ou divergente, associados a compressão ou distração, para proporcionar força em alavanca lordotizante ou cifotizante.

## MÉTODO

Realizou-se um estudo mecânico estatístico da instrumentação de 28 segmentos de coluna sintética (duas vértebras e um disco).

Em quinze peças, aplicou-se parafusos pediculares monoaxiais nos extremos dos segmentos abordados com posicionamento no sentido convergente à fixação. Foram agregados às hastes retas. Realizou posteriormente força de compressão, com objetivo de promover força em alavanca, rotacional das vértebras no plano sagital, correção da cifose do segmento, considerando que os parafusos monoaxiais, quando ajustados as hastes, travam-se em  $90^\circ$  (Figura 1).

Da mesma forma, fixou-se 13 peças de colunas sintéticas com parafusos, agora no sentido divergente em relação ao centro da fixação, integrou-se às hastes retas, associou-se desta vez a distração, com intuito de promover força de alavanca, rotacional das vértebras no plano sagital, correção da lordose no segmento. (Figura 2)

Pontos de referências para entrada dos parafusos: Introduz-se os parafusos pediculares monoaxiais em alinhamento com os pedículos. No plano sagital, coloca-se divergente em relação a cabeça, 5 mm acima da linha superior dos processos transversos na coluna torácica, e sobre essa linha na coluna lombar. Aplica-se os parafusos convergentes em relação à cabeça, na linha média dos processos transversos na coluna torácica e na linha inferior desses processos na coluna lombar. (Figura 3)

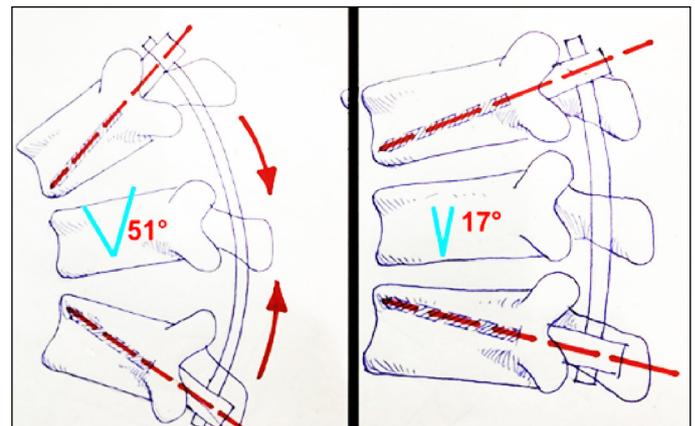


Figura 1. Parafusos convergentes, associados a força de compressão.

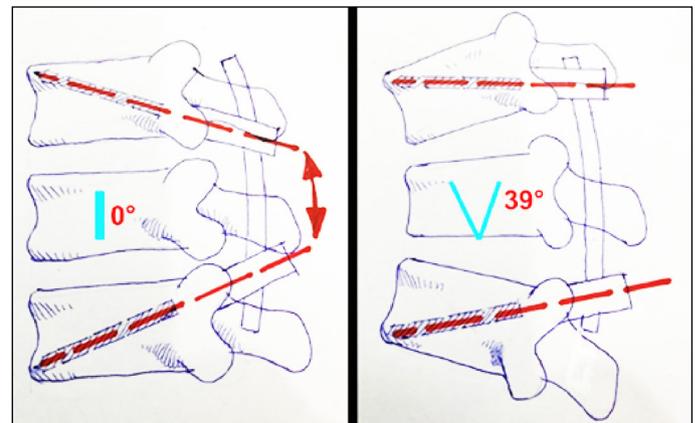


Figura 2. Parafusos divergentes, associados a força de distração.

A figura 4 expõe a instrumentação de uma coluna sintética. Na parte superior à esquerda passou-se os parafusos pediculares monoaxiais no sentido convergente em relação ao disco e realizou-se compressão com haste reta. No lado direito aplicou os parafusos divergentes em relação ao disco e realizou-se distração. Pode-se observar na imagem inferior à esquerda formação de uma lordose de 12° e ruptura do ligamento longitudinal anterior. Abaixo a direita criou-se uma cifose de 14° e ruptura do ligamento longitudinal posterior.

Em cada segmento da coluna sintética fixado, observou-se um posicionamento em relação ao plano sagital. Realizou-se fotografias e coletou-se os valores dos ângulos pelo método de Cobb, da cifose e da lordose no pré e pós fixação. Criou-se uma planilha que foi submetida ao estudo estatístico.

Para a avaliação de diferenças, entre o pré-fixação e o pós-fixação das 28 peças de coluna sintética fixadas, foi utilizado teste não-paramétrico de Wilcoxon para a cifose e lordose, pois os dados não seguiram distribuição de graus.

Para a comparação das medidas dos ângulos pelo método de Cobb, referente a lordose e cifose, no que diz respeito a diferença entre pré e pós-fixação dos ângulos, foi utilizado teste Mann-Whitney para amostras independentes.

Os dados da pesquisa foram tratados no programa estatístico PASW, versão 18. Em todos os testes estatísticos utilizados, foi considerado um nível de significância de 5%. Dessa forma, são consideradas associações estatisticamente significativas aquelas cujo valor p foi inferior a 0,05.

Projeto dispensado de aprovação da Plataforma Brasil por não envolver experimentação em seres humanos.

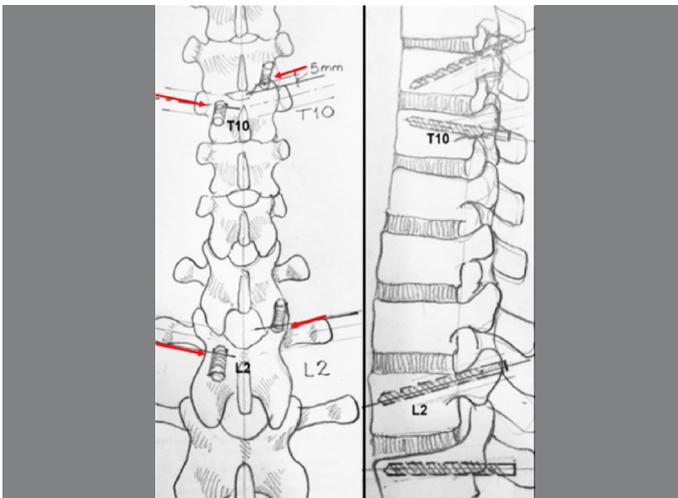


Figura 3. Entrada dos parafusos no plano coronal e sagital.

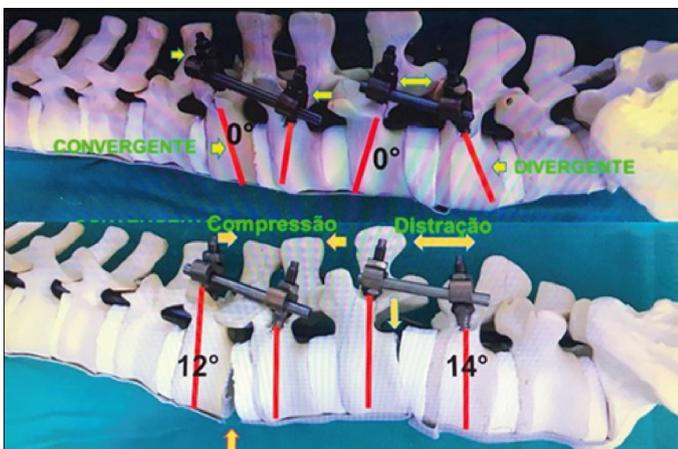


Figura 4. Fixação de coluna sintética.

## RESULTADO

Pelo que foi confirmado no teste mecânico estatístico, a diferença entre em graus de Cobb medida entre o pré e o pós-fixação de segmentos de coluna sintética foi considerada significativa tanto na cifose quanto na lordose. (Tabela 1 e Figura 5)

Segundo os resultados da Tabela 2, pelo teste Mann-Whitney, não existe diferença estatística entre os aumentos de ângulos na lordose e na cifose.

Evidências de casos com distúrbios do alinhamento do plano sagital da coluna, submetidos a correção empregando parafusos convergentes, divergentes e neutros em relação ao ápice da curvatura.

## DISCUSSÃO

Durante anos, convivemos com arrancamento e soltura de parafusos no ápice do lado côncavo da lordoescoliose rígida e também na parte distal da fixação na correção da cifose toracolombar grave. A soltura no caso da hipercifose foi notada principalmente quando os parafusos distais da fixação eram colocados em posições divergentes à cabeça e até mesmo na posição neutra. (Figuras 6 e 8)

Nos últimos quatro anos, passamos a observar na correção da hipercifose que quando colocávamos os parafusos monoaxiais da parte distal, convergentes à cabeça, provocava força de alavanca, levando rotação das vértebras distais da fixação no plano sagital, sem arrancamento e com boa correção da cifose.

Atualmente, o padrão ouro para correção das deformidades

**Tabela 1.** Estatística descritiva das 15 fixações pró cifose e 13 instrumentações pró de lordose, segundo os graus do ângulo mensurados pelo método de Cobb.

Variável	Pré	Pós	P_valor
<b>promover cifose</b>			
N	15	15	0,003**
Média (DP)	-0,733° (7,69)	15,7° (7,57)	
Mediana (Min, Max)	-2,00° [-12,0, 21,0]	12,0° [5,00, 29,0]	
<b>Fazer lordose</b>			
N	13	13	0,002**
Média (DP)	1,00° (5,66)	18,3° (7,48)	
Mediana (Min, Max)	2,00° [-12,0, 12,0]	19,0° [8,00, 29,0]	

Nota: As probabilidades de significância (p-valor) referem-se ao teste de Wilcoxon para amostras pareadas.

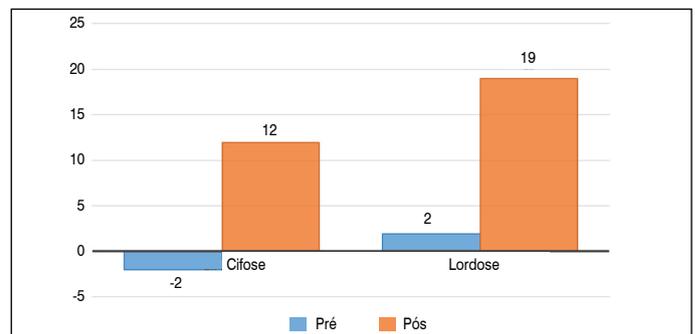


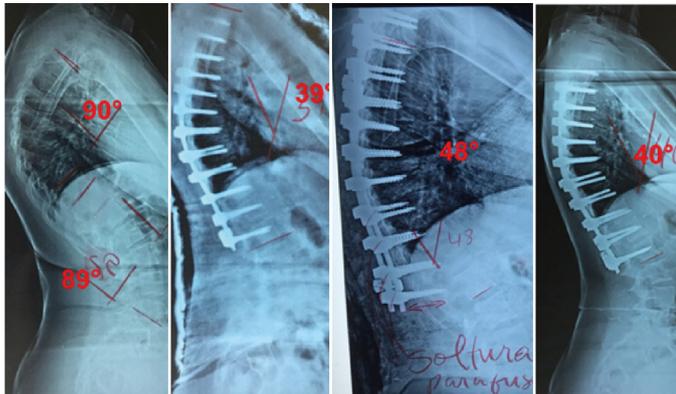
Figura 5. Distribuição de frequência das 28 peças de coluna fixadas (15 pró cifose e 13 pró lordose) em cada métodos, mensurados segundo o ângulo de Cobb.

**Tabela 2.** Avaliação das diferenças entre pré e pós-fixação para a lordose e cifose.

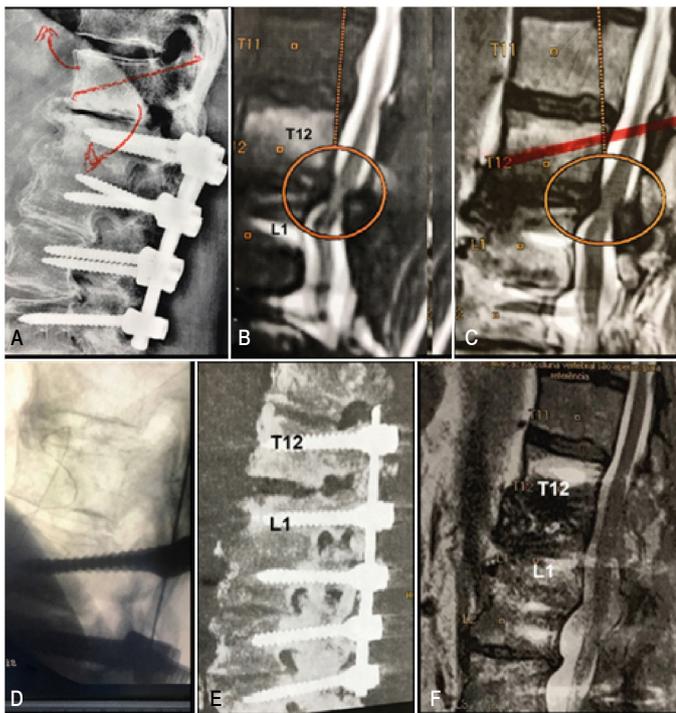
Variável	Diferença de pré e pós na cifose	Diferença de pré e pós na lordose	P_valor
n	15	13	0,367
Média (DP)	14,9° (9,28)	18,4° (10,2)	
Mediana (Min, Max)	12,0° [-1,00, 32,0]	16,0° [1,00, 31,0]	

Nota: - As probabilidades de significância (p-valor) referem-se ao teste de Mann-Whitney para amostras independentes.

tridimensionais da coluna é instrumentação posterior, fusão e aplicação de parafusos pediculares. Embora inicialmente, não era o foco alcançar a correção máxima no plano coronal, técnicas mais recentes têm-se centrado no equilíbrio tridimensional, correção no plano coronal, sagital e axial.<sup>13</sup> Karimi et al recomendam o uso de uma combinação de forças transversais e verticais para corrigir a escoliose sem efeitos colaterais significativos no plano sagital.<sup>14</sup> Referente ao plano sagital, os parafusos monoaxiais, quando ajustados as hastes,



**Figura 6.** Paciente do sexo feminino, 19 anos, na imagem radiológica a esquerda visualiza-se cifose torácica de 90°, seqüela de doença de Scheuermann. Submetida a correção com osteotomias e fixação pedicular com parafusos monoaxiais, sendo os distais levemente divergentes, de T1 a L1, obteve correção da cifose para 39°, visto no segundo Rx. Após 15 dias ocorreu afrouxamento dos oito parafusos distais perdendo correção para 48°, observado na terceira imagem. No Rx a direita observa-se o resultado final após revisão cirúrgica, incluindo a vértebra L2, somando 26 parafusos.



**Figura 7.** Paciente de 74 anos, masculino, já submetido a fixação de L1 a L4 em outro serviço (A). Apresentava osso osteopênico, instabilidade, estenose, compressão medular em T12/L1 em 360°, mielomalácia, acentuada paraparesia aguda, impossibilidade para marcha (B e C). Trocou-se a instrumentação, incluindo T12, a fixação com parafusos pediculares convergentes à lesão (D). Fez-se laminectomia e ressecção do ligamento amarelo. Ocorreu força de alavanca, rotação de T12 (E), propiciando redução da protusão discal em T12/L1 por ligamentotaxia, descompressão medular (F) e súbita recuperação neurológica.

travam-se em 90°, portanto, dependendo do seu posicionamento convergente ou divergente, ocorrerá rotação vertebral, pertinente ou não. Diante dessa observação, os autores desse artigo optaram por realizar um estudo mecânico estatístico de peças de colunas sintéticas.

Pode-se observar na Figura 4 a ocorrência da rotação vertebral pela força de alavanca dos parafusos monoaxiais através da montagem em posição convergente ou divergente, resultados que se repetiram nas 28 montagens das peças de colunas sintéticas. Mostrando a possibilidade de contribuir positivamente na correção da hipercifose e da hiperlordose.

Pode-se encontrar na literatura muitos artigos de testes mecânicos e estatísticos realizados em laboratório de referência, por pesquisadores renomados e idôneos, analisando a possibilidade de diminuir o arrancamento de parafusos das vértebras. Citamos: Estudo diâmetro do orifício-piloto, dos parafusos de núcleo duplo, parafusos cilíndricos, parafuso bicortical, implantes multicorticais, macheamento do orifício piloto, torque anti rotacional, design da tampa de rosca e da ranhura.<sup>15,20</sup> Todos esses cuidados para impedir que os parafusos sejam arrancados são válidos, contudo, o princípio de força de alavanca não exerce tração no parafuso no sentido de arrancamento, e sim, impacta este contra o corpo vertebral, o que faz o diferencial.

La Maida et al., realizaram um estudo mostrando um ligeiro desequilíbrio do plano sagital da coluna vertebral nos pacientes operados de EIA tipo I de Lenke, principalmente nos casos que apresentavam hipocifose prévia.<sup>12</sup>

Considerando que a moldagem das hastes em cifose fisiológica na correção da lordoescoliose torácica, quase sempre termina em afrouxamento dos parafusos apicais da curva e não correção da hipocifose.

É realmente um grande desafio a correção da escoliose associada a hipocifose. Portanto, sugere aplicar no lado côncavo da curvatura parafusos divergentes nos extremos da fixação associado a distração, e do lado convexo parafusos normoposicionados submetidos a compressão, conforme observou-se formação de cifose em cem por cento das peças de coluna sintética fixadas no presente estudo, na Figura 4, imagens à direita.

Os autores afirmam que a literatura atual não suporta mais a tendência para salvar movimento com a fusão seletiva, eles priorizam o alinhamento sagital a despeito de possível artrose proveniente das fusões extensas.<sup>21</sup> Cremos ser realmente uma prioridade.

Martiniani et al., apresentaram uma análise retrospectiva de 219 pacientes portadores de fratura da coluna toracolombar, que foram instrumentados com a fixação transpedicular com parafusos normoposicionados, que é o procedimento padrão ouro para tal. Contudo, os resultados a longo prazo mostraram casos de colapsos discais progressivos.<sup>22</sup> É uma complicação observada com frequência, Figura 8. Sugere-se a possibilidade de posicionar os parafusos convergentes nos extremos da fixação.

Os cirurgiões desse artigo observaram casos operados de

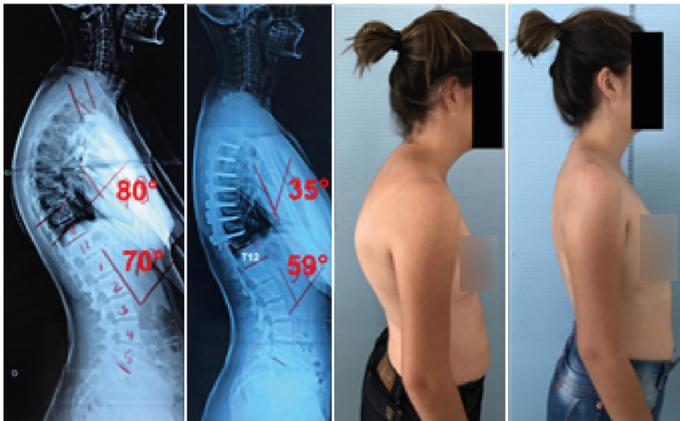


**Figura 8.** Paciente do sexo masculino, de 71 anos, sofreu queda da própria altura. Na imagem radiológica a esquerda visualiza-se fratura de L1 com cifose de 39° ocorrida há um mês. Ressonância Magnética a direita evidencia retropulsão de fragmento ósseo. Na radiografia ao centro observa-se a coluna fixada com parafusos monoaxiais normoposicionados e a desimpactação parcial do corpo vertebral de L1. Na imagem a direita pode-se observar afrouxamento dos parafusos distais, perda de correção e da altura de L1.

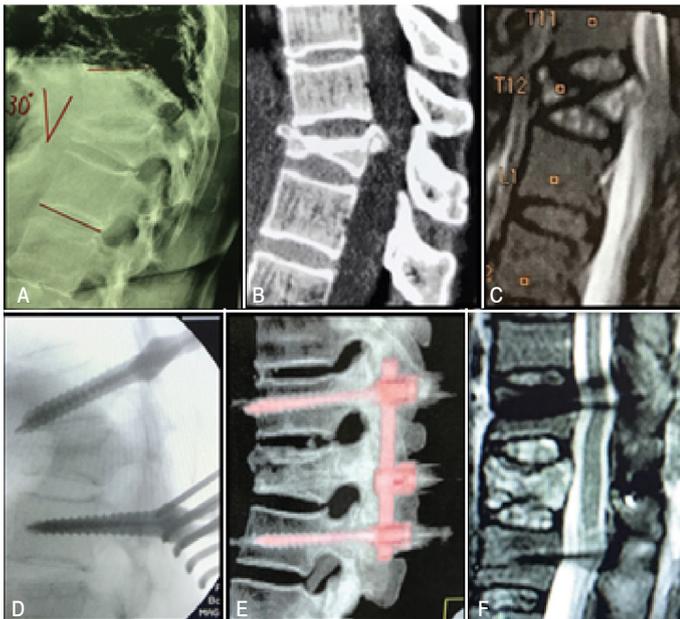
hipercifose torácica aplicando parafusos convergentes, apresentando resultados muito satisfatórios. (Figuras 7, 9, 10, 11, 12 e 13). Entretanto na correção da hipercifose usando parafusos normoposicionados e divergentes a curva, observou-se a ocorrência de afrouxamentos desses e má correção da deformidade. (Figuras 6 e 8).

Os autores não observaram novos tipos de complicações com os parafusos colocados convergentes ou divergentes no tratamento das deformidades e sim melhora na correção do plano sagital. Esse novo princípio de instrumentação sem dúvida requer maior treinamento. O risco dos parafusos introduzidos no sentido convergente à cabeça tocarem as raízes nos forâmens é real, contudo, com a monitorização neurológica intraoperatória isso é controlado.

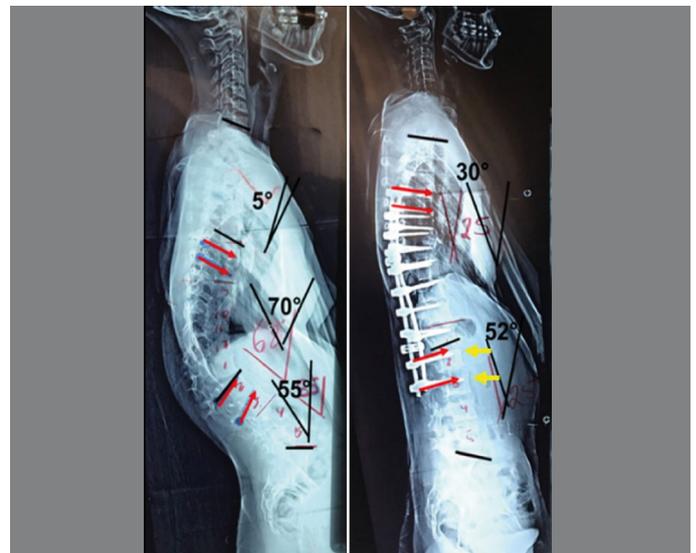
Espera-se que a possibilidade de provocar força de alavanca e rotação vertebral no plano sagital, com os parafusos monoaxiais implantados convergentes ou divergentes, diminua a soltura de parafusos, maior expectativa de fixação do osso osteopênico, fixações mais curtas e preservação de mobilidade vertebral.



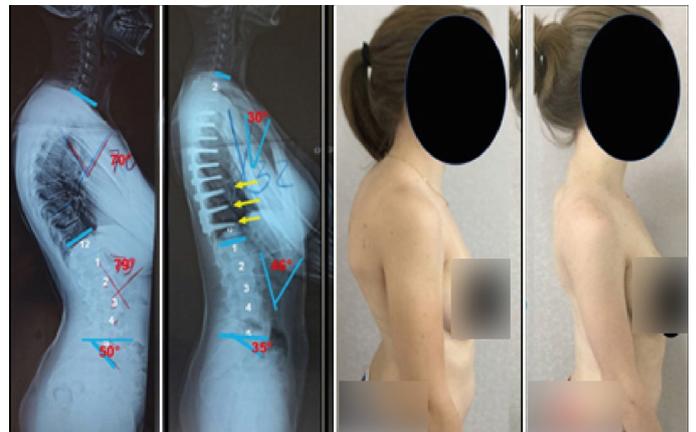
**Figura 9.** Paciente sexo feminino, 21 anos, operada há um ano. Imagem à esquerda presença de hipercifose torácica de 80°, rígida. No Rx a direita observa-se fixação de T1 a T11, parafusos longos posicionados convergentes ao ápice da curvatura, Fotos a direita do pré e pós operatório.



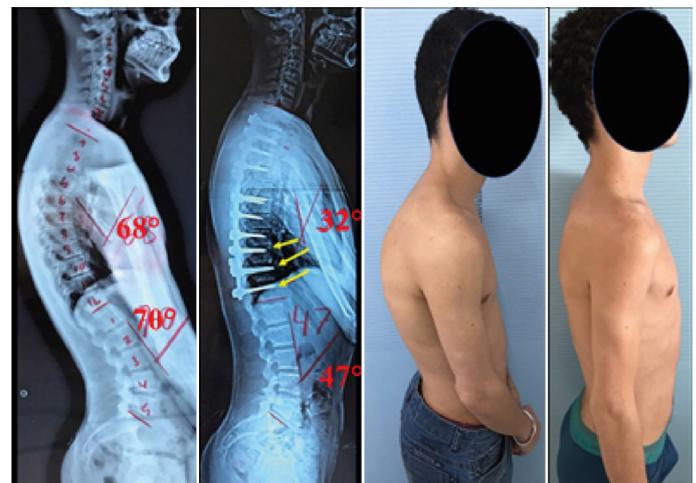
**Figura 10.** Paciente do sexo feminino, de 74 anos, fratura da coluna recente, cifose local de 30° (A), retropulsão fragmento no canal vertebral (B), presença de edema da medula espinal (C). Colocou os parafusos do extremo superior posicionados convergentes à lesão (D), agregados às hastas retas (E). Promoveu força em alavanca e rotacional vertebral no plano sagital, ocorreu correção satisfatória da lesão e descompressão por ligamentotaxia da medula espinal (F).



**Figura 11.** Radiografia (Rx) em panorâmica mostrando correção de cifose usando parafusos nos extremos da fixação convergentes ao ápice da curvatura.



**Figura 12.** Paciente sexo feminino, 17 anos, operada há cerca de quatro anos de hipercifose torácica de 70°. Rx a direita parafusos distais à fixação colocados em posição convergente ao ápice da curvatura, ocorreu força de alavanca, rotação vertebral e correção da deformidade. Fotos a direita do pré e pós operatório.



**Figura 13.** Paciente sexo masculino, 18 anos, operada há um ano de hipercifose torácica de 68°. Rx a direita observa-se instrumentação de T2 a T11, parafusos distais à fixação colocados em posição convergente ao ápice da curvatura, ocorreu força de alavanca, rotação vertebral e correção da deformidade. Fotos a direita do pré e pós operatório.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que a correção das deformidades da coluna aplicando parafusos pediculares monoaxiais no sentido convergente ou divergente do plano sagital, com compressão ou distração, ocasionando uma força em alavanca e rotação vertebral é eficiente. Confirma-se, com teste mecânico estatístico, que a diferença em graus de Cobb

entre o pré e o pós-fixação de segmentos de coluna sintética fixados foi considerada significativa tanto na cifose quanto na lordose.

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

**CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES:** Cada autor fez contribuições individuais significativas para este manuscrito. EBG realização das cirurgias, confecção de todo o projeto de pesquisa. LFG, EBGJ, AS, VOM, JGC e MFC análise dos dados, revisão da literatura. EBG, RGG, STG, conceito intelectual.

## REFERÊNCIAS

- Sorensen KH. Scheuermann' juvenile kyphosis: clinical appearances, radiography, aetiology and prognosis. Copenhagen: Munksgaard; 1964.
- Dickson RA. A etiologia e patogênese da escoliose idiopática. Acta Orthop Belg. 1992;58(Suppl 1):21-5.
- Winter RB, Lovell WW, Moe JH. Excessiva lordose torácica e perda da função pulmonar em pacientes com escoliose idiopática. J Bone Joint Surg Am. 1975;57(7):972-7.
- Lin HY, Nash CL, Herndon CH, Andersen NB. O efeito da cirurgia corretiva na função pulmonar na escoliose. J Bone Joint Surg Am. 1974;56(6):1173-9.
- Duval-Beaupère G, Robain G. Visualization on full spine radiographs of the anatomical connections of the centres of the segmental body mass supported by each vertebra and measured in vivo. Int Orthop. 1987;11(3):261-9.
- Decker S, Müller CW, Omar M, Krettek C, Schwab F, Trobisch PD. Sagittal Balance of the Spine--Clinical Importance and Radiographic Assessment. Z Orthop Unfall. 2016;154(2):128-33.
- Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. J Bone Joint Surg Am. 2005 Feb;87(2):260-7.
- Cheung JPY. The importance of sagittal balance in adult scoliosis surgery. Ann Transl Med. 2020;8(2):35.
- Marnay T. L'équilibre du rachis et du bassin. Cahiers d'enseignement de la SOFCOT. Paris: Elsevier; 1988. 281-313.
- Legaye J, Duval-Beaupère G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. Eur Spine J. 1998;7(2):99-03.
- Henneman SA, Antoneli PHL, Oliveira GC. Incidência Pélvica: um parâmetro fundamental para definição do equilíbrio sagital da coluna vertebral. Coluna/Columna. 2012;11(3):237-9.
- La Maida GA, Zottarelli L, Mineo GV, La Maida GA, Zottarelli L, Mineo GV, Misaggi B. Sagittal balance in adolescent idiopathic scoliosis: radiographic study of spino-pelvic compensation after surgery. Eur Spine J. 2013;22(Suppl 6):S859-67.
- Acaroglu E, Doany M, Cetin E, Castelein R. Correction of rotational deformity and restoration of thoracic kyphosis are inversely related in posterior surgery for adolescent idiopathic scoliosis. Med Hypotheses. 2019;133:109396.
- Karimi MT, Rabczuk T, Pourabbas B. Evaluation of the efficiency of various force configurations on scoliotic, lordotic and kyphotic curves in the subjects with scoliosis. Spine Deform. 2020;8(3):361-7.
- Rosa RC, Silva P, Shimano AC, Volpon JB, Delfino HLA, Schleicher P, et al. Análise biomecânica de variáveis relacionadas à resistência ao arrancamento dos parafusos do sistema de fixação vertebral. Rev Bras Ortop. 2008;43(7):293-9.
- Macedo AP, Issa JPM, Defino HLA, Shimano AC. Biomechanical evaluation of a spinal screw fixation system by the finite element method. Int J Morphol. 2015;33(1):318-26.
- Defino HLA, Miranda RF, Pinheiro RP, Shimano AC. Influência do Diâmetro e da Geometria no Bordo do Piloto em Parafusos Pediculares. Coluna/Columna. 2019;18(1):51-4.
- Grevenstein D, Meyer C, Wegmann M, Hackl M, Bredow J, Eysel P, Prescher A, Scheyerer MJ. First results of multicortical screw anchoring compared with conventional bicortical screw placement in the sacrum: A biomechanical investigation of a new screw design. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2019;65:100-4.
- Huang Z, Wang C, Fan H, Sui W, Li X, Wang Q, Yang J. The effect of different screw-rod design on the anti-rotational torque: a biomechanical comparison of three conventional screw-rod constructs. BMC Musculoskelet Disord. 2017;18(1):322.
- Barber JW, Boden SD, Ganey T, Hutton WC. Biomechanical study of lumbar pedicle screws: does convergence affect axial pulling force. J Spinal Disord. 1998;11(3):215-20.
- Ilharborde B. Sagittal balance and idiopathic scoliosis: does final sagittal alignment influence outcomes, degeneration rate or failure rate? Eur Spine J. 2018;27(Suppl 1):48-58.
- Martiniani M, Vanacore F, Meo L, Specchia N. Is posterior fixation alone effective to prevent the late kyphosis after T-L fracture? Eur Spine J. 2013; 22 (Suppl 6):S951-6..