

COMPLICAÇÕES MECÂNICAS E PERDA DE CORREÇÃO EM OSTEOTOMIAS DAS TRÊS COLUNAS

MECHANICAL COMPLICATIONS AND LOSS OF CORRECTION IN OSTEOTOMIES OF THE THREE COLUMNS

COMPLICACIONES MECÂNICAS Y PÉRDIDA DE CORRECCIÓN EN OSTEOTOMÍAS DE LAS TRES COLUMNAS

MARCELO SIMONI SIMÕES^{1,2}, ERNANI VIANNA DE ABREU^{1,2}, SAMUEL BAMBERG PYDD^{1,2}

1. Hospital Ernesto Dornelles, Porto Alegre, RS, Brasil.

2. Hospital Mãe de Deus, Porto Alegre, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivos: Observar grau de correção e evolução pós-operatória dos parâmetros espinopélvicos em pacientes com desequilíbrio sagital submetidos a osteotomias das três colunas. **Métodos:** Análise retrospectiva de 20 casos de osteotomias das três colunas em pacientes com desequilíbrio sagital evidente e seguimento mínimo de um ano, computando evolução dos dados radiológicos em função do tempo, complicações e reintervenções e classificação em subgrupos pelas medidas espinopélvicas pré-operatórias e complicações. A variação das medidas, as variáveis quantitativas, categóricas e a diferença entre grupos foram avaliadas com os testes de Wilcoxon, Spearman, teste exato de Fischer, Kruskal-Wallis e Mann-Whitney. **Resultados:** Houve melhora de todos os parâmetros sagitais, correção ideal em 55% dos casos e mantidas até o fim do seguimento em 40% dos casos. Não foi demonstrada correlação entre obtenção de correção ideal e dados ou medidas pré-operatórias. Complicações clínicas e infecciosas não influenciaram a manutenção da correção. As complicações mecânicas mais comuns foram: fratura de haste relacionada com pseudoartrose na osteotomia (30%) e falhas no nível inferior da fixação (15%). Não houve diferença significativa na manutenção da correção entre os grupos sem e com complicações mecânicas tratadas. Nas complicações mecânicas não tratadas houve piora radiológica significativamente maior ($p < 0,05$) nos parâmetros de manutenção da correção da curva (perda de $27,5 \pm 14,39^\circ$ contra $3,69 \pm 3,68^\circ$) e aumento da versão pélvica (VP) (aumento de $12,25 \pm 7,27^\circ$ contra $1,13 \pm 1,93^\circ$). **Conclusão:** A correção perfeita foi obtida em 55% dos casos e a perda significativa de correção ocorreu apenas nos casos de complicações mecânicas não tratadas.

Descritores: Coluna vertebral; Osteotomia; Complicações pós-operatórias.

ABSTRACT

Objectives: To observe the degree of correction and postoperative evolution of the spinopelvic parameters in patients with sagittal imbalance submitted to 3-column osteotomies. **Methods:** Retrospective analysis of 20 cases of 3-column osteotomies in patients with evident sagittal imbalance and minimum follow-up of one year, computing evolution of radiological data as a function of time, complications and reinterventions, and classification into subgroups by preoperative spinopelvic measures and complications. The variation of measures, quantitative and categorical variables, and differences between groups were evaluated using the Wilcoxon, Spearman, Fischer's exact test, Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests. **Results:** There was improvement of all the sagittal parameters, ideal correction in 55% of the cases and maintained until the end of the follow-up in 40% of the cases. No correlation was found between obtaining optimal correction and data or preoperative measurements. Clinical and infectious complications did not affect the maintenance of the correction. The most common mechanical complications were pseudoarthrosis-related rod fracture at osteotomy (30%) and failures at the lower fixation level (15%). There was no significant difference in the maintenance of the correction between the groups with and without mechanical complications treated. In the untreated mechanical complications there was a significantly higher radiological worsening ($p < 0.05$) in the maintenance parameters of the curve correction (loss of $27.5 \pm 14.39^\circ$ vs. $3.69 \pm 3.68^\circ$) and increased pelvic tilt (PT) (increase of $12.25 \pm 7.27^\circ$ vs. $1.13 \pm 1.93^\circ$). **Conclusion:** The perfect correction was obtained in 55% of cases and the significant loss of correction occurred only in cases of untreated mechanical complications.

Keywords: Spine; Osteotomy; Postoperative complications.

RESUMEN

Objetivos: Observar el grado de corrección y la evolución post-operatoria de los parámetros espinopélvicos en pacientes con desequilibrio sagital sometidos a osteotomías de las tres columnas. **Métodos:** Análisis retrospectivo de 20 casos de osteotomías de las tres columnas en pacientes con desequilibrio sagital evidente y seguimiento mínimo de un año, computando evolución de los datos radiológicos en función del tiempo, complicaciones y reintervenciones y clasificación en subgrupos por las medidas espinopélvicas preoperatorias y complicaciones. La variación de las medidas, las variables cuantitativas, categóricas y la diferencia entre grupos fueron evaluadas con las pruebas de Wilcoxon, Spearman, prueba exacta de Fischer, Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. **Resultados:** Hubo mejora de todos los parámetros sagitales, corrección ideal en 55% de los casos y mantenidos hasta el final del seguimiento en 40% de los casos. No se ha demostrado correlación entre obtención de corrección ideal y datos o medidas preoperatorias. Las complicaciones clínicas e infecciosas no afectaron el mantenimiento de la

Trabalho realizado no Hospital Ernesto Dornelles – Porto Alegre, RS, Brasil.

Correspondência: Samuel Bamberg Pydd. Rua Visconde do Herval, 728 / 202, Bairro Menino Deus, Porto Alegre, RS, Brasil. 90130-150. samuelbamberg@yahoo.com.br

corrección. Las complicaciones mecánicas más comunes fueron: fractura del vástago relacionada con pseudoartrosis en la osteotomía (30%) y fallas en el nivel inferior de la fijación (15%). No hubo diferencia significativa en el mantenimiento de la corrección entre los grupos sin y con complicaciones mecánicas tratadas. En las complicaciones mecánicas no tratadas hubo un empeoramiento radiológico significativamente mayor ($p < 0,05$) en los parámetros de mantenimiento de la corrección de la curva (pérdida de $27,5 \pm 14,39^\circ$ contra $3,69 \pm 3,68^\circ$) y aumento de la versión pélvica (VP) (aumento de $12,25 \pm 7,27$ contra $1,13 \pm 1,93^\circ$). Conclusión: La corrección perfecta fue obtenida en el 55% de los casos y la pérdida significativa de corrección ocurrió sólo en los casos de complicaciones mecánicas no tratadas.

Descritores: Columna vertebral; Osteotomía; Complicaciones posoperatorias.

INTRODUÇÃO

Osteotomias das três colunas por via posterior são técnicas extremamente poderosas para correção de deformidades rígidas graves,¹ porém são procedimentos agressivos e associados com diversas complicações.²⁻⁴ Seu uso se justifica pela importância da correção sagital nas cirurgias de deformidade, mas poucos artigos descrevem o quanto dessa correção se mantém em função das complicações apresentadas e do tempo de seguimento dos casos.^{5,6} Este trabalho levanta as complicações mecânicas e a evolução das medidas sagitais espinopélvicas de uma série de 20 pacientes com desequilíbrio sagital submetidos a osteotomias das três colunas e acompanhados por pelo menos um ano.

MATERIAIS E MÉTODOS

Trata-se de um estudo retrospectivo, observacional, onde foram analisados 20 casos consecutivos operados por uma única equipe cirúrgica e seguidos por pelo menos um ano após a cirurgia. Todos os pacientes foram submetidos à osteotomias das três colunas para tratamento de desequilíbrio sagital, definido como Eixo Vertical Sagital (SVA) igual ou maior a 8 centímetros. Todos os pacientes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes do procedimento cirúrgico. O trabalho não foi submetido ao comitê de ética por se tratar de um levantamento de dados de prontuário sem identificação dos pacientes e sem intervenção. Foram anotados os dados radiológicos pré e pós-operatórios precoces e tardios, bem como as complicações mais significativas e as reintervenções realizadas até o fim do seguimento. Os pacientes foram classificados em dois grupos conforme a incidência pélvica (PI), quatro grupos conforme o SVA e quatro grupos conforme a diferença entre PI e Lordose Lombar (LL). (Tabela 1)

Para evitar confusões com as diversas nomenclaturas presentes na literatura, os tipos de osteotomias realizadas foram descritas como graus 3, 4 ou 5, conforme a classificação de Schwab et al.⁷ (Figura 1)

Foram considerados como correção ideal apenas os casos que no pós-operatório apresentaram SVA ≤ 5cm, diferença PI-LL ≤ ± 10° e

Tabela 1. Divisão dos grupos em função das medidas espinopélvicas pré-operatórias.

Grupo	SVA	PI-LL	PI
I	8 a 10cm	≤ 10°	≤ 59°
II	10,5 a 20cm	11 a 20°	≥ 60°
III	20,5 a 30cm	21 a 30°	-
IV	≥ 30,5cm	≥ 31°	-

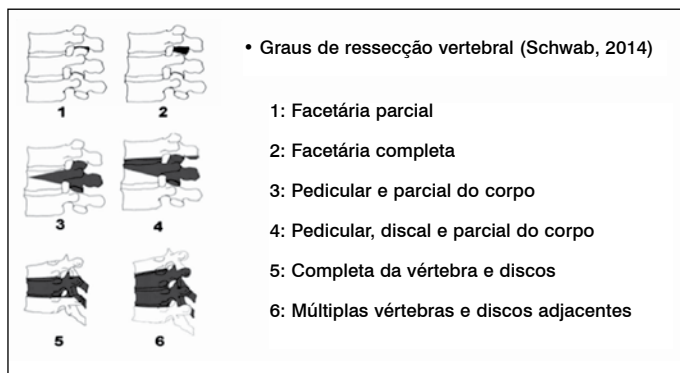


Figura 1. Classificação de Schwab dos tipos de osteotomias.

PT ≤ 24°. ⁸⁻¹² Perda de correção foi definida como qualquer variação angular maior que 5° ou aumento de SVA de 2cm ou mais. Devido ao pequeno tamanho da amostra, as variáveis quantitativas foram analisadas com o teste de Spearman, as variações das medidas no mesmo paciente com o Teste de Wilcoxon, as variáveis categóricas com o Teste Exato de Fischer e as diferenças entre grupos com os Testes de Kruskal Wallis e Mann-Whitney, utilizando o Software SPSS versão 21.0 e considerando nível de significância de 5%.

RESULTADOS

Dados da amostra - Foram analisados 18 pacientes femininas e dois masculinos, com idades entre 32 e 70 anos (média 58,2 ± 10,6 anos), apresentando desequilíbrio sagital definido como SVA ≥ 8cm (8 a 50cm, média 14,85 ± 11,14cm). 16 pacientes (80%) tinham pelo menos uma cirurgia prévia, sendo que desses, 10 (50%) tinham mais de uma (até 9, média 2 ± 2,13 cirurgias por paciente). A etiologia da deformidade foi hipolordose pós artrodese em oito casos, cifose juncional em quatro casos, hipolordose pós artrodese complicada por osteomielite em três casos, cifose pós traumática em dois casos, além de um caso de espondilite anquilosante, um de seqüela de tuberculose espinhal e uma cifoescoliose degenerativa primária. Foi realizada osteotomia grau três em 14 casos, sendo dois casos em dois níveis, grau 4 em cinco casos e grau 5 em um caso. Os níveis operados com mais frequência foram L3 (oito casos) e L4 (sete casos). As outras osteotomias foram em níveis dorsais e em L3 + T8 em um caso de duas osteotomias no mesmo procedimento. O tempo de seguimento variou de 15 a 110 meses (média 46,25 ± 18,1 meses). (Tabela 2)

Parâmetros espinopélvicos da amostra - A PI variou de 46 a 70° (média 59,45 ± 6,64°), com 11 pacientes no grupo I (PI ≤ 59°) e nove no grupo II (PI ≥ 60°). O SVA médio foi de 14,85 ± 11,14cm, havendo 11 pacientes no grupo I (8 a 10 cm), seis no grupo II (10,5 a 20 cm) e três no grupo IV (acima de 30 cm). A Lordose lombar média foi de 25,85 ± 26,42° (mínima 34° de cifose lombar e máxima 68°), a PT média foi de 33,75 ± 11,39° (mínimo 14 e máximo de 54°) e o SS médio foi de 25,70 ± 11,95° (mínimo 10 e máximo de 45°). A diferença no valor de PI-LL variou de -1 a 104° (média 33,60 ± 28,69°), com cinco pacientes no grupo I (até 10°), três no grupo II (11 a 20°), um no grupo três (21 a 30°) e 11 no grupo IV (acima de 30°). (Tabela 3) Não foi encontrada relação entre essas medidas e a idade dos pacientes ou seu número de cirurgias prévias (p=0,611).

Parâmetros espinopélvicos pós-operatórios - No pós-operatório houve melhora significativa (p<0,05) de todos os parâmetros, com SVA médio de 3,33 ± 3,90cm (mínimo -3,5 e máximo 11 cm), LL média de 55,7 ± 9,47° (mínima 36° e máxima de 70°), PT média de 23,15 ± 4,42° (mínimo 16 e máximo de 31°) e SS médio de 36,3 ± 6,81° (mínimo 24 e máximo de 51°). (Tabela 3) A correção local com a osteotomia foi de 33,10 ± 10,60° (mínimo 20 e máximo de 60°) e a correção da curva foi de 35,20 ± 23,26° (mínimo 12 e máximo de 104°). O tipo de osteotomia não impactou significativamente o grau de correção local (p=0,494), correção da curva (p=0,239) ou melhora do SVA (p=0,444). O nível osteotomizado não impactou significativamente o grau de correção da curva (p=0,470) ou de melhora do SVA (p=0,824), mas as osteotomias de L3 causaram maior impacto na melhora da PT (p=0,014). Os parâmetros de correção ideal (SVA ≤ 5 cm, -10° ≤ PI-LL ≤ 10° e PT ≤ 24°) foram conseguidos em apenas 11 casos (55%) e a média da diferença PI-LL foi 3,55 ± 9,07°, com 15 pacientes no grupo I e cinco no grupo II. Não foi possível demonstrar estatisticamente que PI, SVA pré-operatório,

Tabela 2. Dados da amostra.

Caso	Sexo idade	Etiologia	Cirurgias prévias	Nível da osteotomia	Tipo de osteotomia	Níveis fixados	Seguimento
01	F-68	HLPa	2	L3	3	T10-S1	+ De 5 anos
02	F-57	HLPa	1	L4	3	T10-IL	+ De 5 anos
03	F-66	HLPa+OMC	3	L3	4	T5-IL	+ De 5 anos
04	F-48	HLPa+OMC	9	L4	3	T10-S1	18 Meses
05	M-70	ESP ANQ	4	L3	3	T9-S1	+ De 5 anos
06	M-48	Pós TBC	0	T5-T6	4	T2-T10	+ De 5 anos
07	F-54	HLPa+OMC	5	T12	5	T8-L3	+ De 5 anos
08	F-32	HLPa	1	L3	4	T11-S1	+ De 5 anos
09	F-40	Pós TRM	0	L3	3	T10-S1	+ De 5 anos
10	F-62	Pós TRM	0	T7 e T8	3	T4-T11	+ De 5 anos
11	F-66	Juncional	2	T9	3	T2-L4	29 Meses
12	F-50	Juncional	1	T8 e L3	3	T2-IL	36 Meses
13	F-69	DEGEN	0	L4	4	T9-S1	26 Meses
14	F-64	Juncional	1	L4	4	L2-S1	28 Meses
15	F-67	Juncional	1	L4	3	T10-IL	31 Meses
16	F-63	HLPa	2	L3	3	T10-IL	26 Meses
17	F-54	HLPa	2	L4	3	T10-IL	30 Meses
18	F-64	HLPa	3	L4	3	T10-IL	15 Meses
19	F-62	HLPa	1	L3	3	T10-IL	15 Meses
20	F-70	HLPa	3	L3	3	T11-S1	51 Meses

HLPa- hipolordose pós artrodese / OMC- osteomielite crônica / ESP ANQ- espondilite anquilosante / DEGEN- degenerativa primária.

Tabela 3. Medidas espinopélvicas e perdas de correção.

	Pré-op.	Pós-op.	Final	Perda média
SVA (cm)	14,85 ± 11,14	3,33 ± 3,90	6,75 ± 5,08	3,70 ± 4,59
LL (graus)	25,85 ± 26,42	55,70 ± 9,47	50,30 ± 14,55	6,65 ± 3,05
PT (graus)	33,75 ± 11,39	23,15 ± 4,42	25,15 ± 7,24	3,35 ± 5,67
SS (graus)	25,70 ± 11,95	36,30 ± 6,81	34,30 ± 7,77	-2 ± 7,14
TK (graus)	42,40 ± 24,90	43,60 ± 15,20	46,75 ± 16,80	5,7 ± 13,90

diferença PI-LL pré-operatória e tipo ou nível da osteotomia tenham tido influência sobre a obtenção de correção ideal.

Complicações: Houve 22 complicações consideradas significativas em 13 dos 20 pacientes (65% dos casos, média de 1,1 complicação por paciente), sendo duas complicações clínicas em pós operatório precoce, sete complicações cirúrgicas precoces (até 90 dias após a cirurgia), nove complicações cirúrgicas tardias e quatro complicações cirúrgicas das reintervenções. Houve sete infecções em cinco pacientes (25%) e 12 complicações mecânicas em nove pacientes (45%), sendo sete fraturas de haste e um cifose juncional superior em seis pacientes (30%) e quatro falhas da extremidade inferior da fixação em três pacientes (15%), com duas fraturas de nível inferior instrumentado em dois pacientes e dois afrouxamentos da extremidade inferior da fixação em um paciente. (Tabela 4) Não houve nessa série nenhuma complicação neurológica.

Reintervenções: Foram realizadas 14 reintervenções em nove pacientes (45%). Dois pacientes foram reoperados ainda na mesma internação da osteotomia, para debridamento de ferida operatória infectada. Houve mais quatro reintervenções no primeiro ano de seguimento, sendo uma retirada de parafuso que estava comprimindo uma raiz dorsal e causando dor intercostal, uma substituição de implantes com extensão ao ilíaco, devido a soltura do implante do sacro e perda de correção em uma fixação T9-S1 e duas retiradas de implantes devido a infecção, ambas em pacientes que apresentavam osteomielite crônica antes da osteotomia. Depois do primeiro ano de seguimento houve seis reintervenções por fratura de haste em cinco pacientes, sendo que todas aconteceram no segmento osteotomizado e estavam relacionadas com pseudoartrose confirmada durante a cirurgia.

Houve mais quatro indicações de reintervenção por complicações mecânicas (três falhas de nível inferior instrumentado e uma cifose juncional com fratura de haste), que não foram realizadas por motivos diversos. Considerando esses casos, houve indicação de reintervenção em 12 pacientes (60%). (Tabela 4)

Parâmetros espinopélvicos finais: O SVA médio final foi de 6,75 ± 5,08 cm (mínimo 0 e máximo 12,5 cm), a LL média passou para 50,3 ± 14,55° (mínima 18° e máxima de 69°), a PT média passou para 25,15 ± 7,24° (mínimo 14 e máximo de 44°) e o SS médio foi de 34,3 ± 7,77° (mínimo 21 e máximo de 47°). Na última radiografia do seguimento, houve perda de correção (aumento do SVA ≥ 2 cm e/ou modificação angular > 5° em qualquer dos parâmetros) em 12

dos 20 casos (60%). A média de perda de correção da curva foi de 8,45 ± 11,79°, enquanto PT aumentou em média 3,35 ± 5,67° e SVA 3,70 ± 4,59 cm. (Tabela 3) A média da diferença PI-LL foi 9,15 ± 14,46°, com 13 pacientes no grupo I, três no grupo II, dois no grupo três e dois no grupo IV. Dos 11 pacientes que apresentavam parâmetros espinopélvicos pós-operatórios ideais, apenas 8 (40%) os mantiveram. Não foi possível demonstrar estatisticamente que PI, SVA pré-operatório, diferença PI-LL pré-operatória e tipo ou nível da osteotomia tenham valor preditivo sobre a manutenção da correção ideal ao fim da evolução. Não houve relação estatisticamente significativa entre perda de correção e a ocorrência de complicações de qualquer tipo (p=0,062) ou de reintervenções (p=0,197). Também não houve diferença significativa na perda de correção entre pacientes sem complicações mecânicas e os com complicações mecânicas tratadas (p=0,175). A perda significativa de correção esteve diretamente associada a complicações mecânicas não corrigidas. Comparando os quatro pacientes nessa situação com os outros 16 pacientes, houve um aumento médio de SVA de 8,13 ± 7,72cm contra 2,59 ± 2,87cm (p=0,122), perda média de correção da curva de 27,5 ± 14,39° contra 3,69 ± 3,68° (p<0,05) e aumento médio de PT de 12,25 ± 7,27° contra 1,13 ± 1,93° (p<0,05).

DISCUSSÃO

Osteotomias das três colunas são um recurso extremamente poderoso para correção de deformidades rígidas e desequilíbrio sagital, mas também são procedimentos de grande complexidade técnica, agressivos e sujeitos a complicações bastante graves.^{2,4} Seu uso só é justificado por que a correção sagital tem grande importância no âmbito das deformidades do adulto, uma vez que está bem demonstrado que dor e incapacidade são diretamente relacionadas com SVA aumentado e alterações dos parâmetros sagitais espinopélvicos.¹³⁻¹⁵ Ao se cogitar uma osteotomia de três colunas, a tomada de decisão deve considerar a possibilidade de não se conseguir uma correção suficiente ou de haver perda de correção no pós operatório,⁵⁻⁸ já que o procedimento está sujeito a diversas complicações e falhas mecânicas, podendo também ser impactado por reintervenções que venham a ocorrer,¹⁶ entretanto esse ponto é abordado por poucos artigos, que geralmente se originam de alguns centros de excelência, onde os procedimentos de osteotomia foram desenvolvidos e aperfeiçoados, não sendo razoável esperar que seus resultados se reproduzam a medida que a técnica se dissemina para centros menores.¹⁷ Enquanto os artigos clássicos mostram mobilizações locais de 30 a 40° com uma subtração pedicular, nos estudos multicêntricos a média para o mesmo procedimento é de apenas 22°.^{8,11,18}

Observações prévias¹⁹ mostraram que nas osteotomias realizadas em pacientes com patologias da coluna dorsal e equilíbrio global compensado, as correções tendem a se manter, de forma que nessa série se optou por usar um pior cenário e incluir apenas pacientes desequilibrados.

Tabela 4. Complicações e reintervenções.

Caso	Complicação clínica precoce	Complicação cirúrgica precoce	Reoperação na internação	Complicação cirúrgica tardia	Reoperação no 1º ano	Reoperação no 2º ano	Complicação de reoperação	Reoperação tardia	Complicação subsequente	Reoperação subsequente	Nº de reoperações
01	-	-	-	Fratura de haste	-	Troca dos implantes	-	-			1
03	-	Parafuso em raiz	-		Retirada do parafuso	-	-	-			1
04	-	-	-	Reagudização de osteomielite	Retirada do material	-	-	-			1
05	-	Infecção profunda	Debridamento de ferida	Infecção sem controle	Retirada do material	-	Infecção profunda	Debridamento de ferida			2
07	-	Reagudização de osteomielite	-	-	-	-	-				0
10	-	Fratura de nível inferior	-	-	-	-	-				0
11	T.E.P.	Fratura de nível inferior	-	-	-	-	-	-			0
12	-	-	-	Fratura de haste	-	L.L.I.F. + Troca dos implantes	-				1
13	-	-	-	Afrouxamento de s1	Extensão para ilíaco	-	Afrouxamento de s1-ilíaco	-			1
15	-	Cifose juncional	-	Fratura de haste	-	-	-	-			0
18	Parkinsonismo descompensado	-	-	Fratura de haste	-	L.L.I.F. + Troca dos implantes	-				1
19	-	Infecção profunda	Debridamento de ferida	Fratura de haste	-	L.L.I.F. + Reparo da haste	-				2
20	-	-	-	Fratura de haste	-	Troca dos implantes	Fratura de haste	L.L.I.F. + Troca dos implantes	Infecção profunda	Debridamento de ferida	3

Embora um SVA acima de 5 cm seja definido como desequilíbrio, alguns autores tratam como aceitável um SVA de até 8 cm.¹² Como se optou por critérios mais rígidos, foram incluídos no estudo apenas pacientes com SVA de pelo menos 8 cm, claramente não compensados. Pelo mesmo raciocínio, foram considerados como correção bem sucedida apenas os casos que preenchessem três critérios pós operatórios: SVA ≤ 5 cm, $-10^\circ \leq \text{PI-LL} \leq 10^\circ$ e $\text{PT} \leq 24^\circ$.^{8-11,18} Dessa maneira, se avalia o efeito da cirurgia não apenas sobre o equilíbrio sagital global, mas também sobre o uso de mecanismos espinopélvicos compensatórios. Por este critério, a correção foi conseguida em 55% dos casos, enquanto considerando apenas a normalização do SVA o sucesso seria de 65%, similar aos 62% encontrados por Schwab, analisando um banco de dados multicêntrico com 99 casos de subtração pedicular.⁹ A falha em conseguir correções perfeitas se relaciona mais com a dificuldade de planejamento cirúrgico que com as dificuldades de execução da cirurgia em si.¹¹ A modificação de um parâmetro, como o aumento da LL, se acompanha de alterações recíprocas de outros parâmetros, especialmente aumento da cifose dorsal e alteração da PT. A correção obtida é proporcional à quantidade de lordose criada, mas essa relação não se comporta de modo linear.^{8,11} Embora não se tenha conseguido demonstrar neste artigo, provavelmente em virtude da amostra reduzida, outros trabalhos mostram que o grau de correção local impacta todos os parâmetros de equilíbrio, mas a escolha do nível osteotomizado impacta na PT sem alterar a correção do SVA. A previsão exata das alterações recíprocas é difícil, de modo que os cálculos trigonométricos diretos, anteriormente propostos, simplesmente não funcionam. A maioria dos cirurgiões não consegue prever os resultados da cirurgia sobre parâmetros específicos, sendo justificado o uso de equações preditivas mais complexas ou mesmo de *softwares* de simulação.¹¹

Osteotomias de três colunas são sabidamente associadas a altos índices de complicações, com alguns autores relatando que a realização de uma osteotomia pedicular aumenta em sete vezes a probabilidade de complicações nas cirurgias de deformidade em idosos.²⁰

Analisando um banco de dados de osteotomias em adultos, Ayhan et al.²¹ encontraram o diagnóstico como o fator mais associado ao aparecimento de complicações. Com base no modelo de regressão, idade, alinhamento sagital, cirurgia de revisão, nível operado (torácico versus lombar) e tipo de osteotomia não se mostraram significativos, enquanto o diagnóstico de deformidade degenerativa aumentou 4,022 vezes a probabilidade de complicações, em comparação com o diagnóstico de deformidade idiopática. Recentemente, Smith encontrou complicações em 78% dos casos, sendo graves em 61% dos casos e mais comuns os déficits neurológicos e as complicações

mecânicas.²² Na presente série houve complicações significativas em 65% dos casos, sendo chamativo na comparação com outros estudos a ocorrência de mais infecções (25% dos casos) e a ausência de complicações neurológicas. Os déficits neurológicos costumam estar entre as complicações mais frequentes, sendo reportados em até 11% dos casos, com até 6% de lesões permanentes.²³ É possível que as descompressões muito amplas utilizadas na série sejam responsáveis pela ausência de lesões neurais. Também é possível que o maior número de infecções se deva ao fato de três dos cinco casos apresentarem osteomielite crônica adquirida em cirurgias prévias como um dos fatores causadores da deformidade e também como gerador da infecção pós osteotomia. As infecções e as complicações mecânicas, como cifose juncional, pseudoartrose e afrouxamento ou fratura de implantes, são as causas mais comuns de reintervenções.^{4,16}

A complicação mecânica mais frequente na série foi a fratura de haste, que ocorreu sete vezes em seis casos (30%), seguida de falha do segmento inferior da fixação, que ocorreu quatro vezes em três casos (15%). Os casos de falha inferior foram interpretados como problemas de técnica cirúrgica, por não se haver instrumentado segmentos suficientes. A fratura de haste é uma das complicações mais comuns na maioria dos estudos. Smith et al.²² relataram sua ocorrência em 26 de 82 casos (32%), provocando reintervenção em 14 pacientes. É certo que a instabilidade massiva causada por uma osteotomia de três colunas provoca grande estresse sobre os implantes, mas as explicações biomecânicas precisas para as quebras ainda são especulativas.²⁴

Foi bem estabelecido que correções melhores se relacionam com maior melhora clínica do paciente, mas alguns autores postulam que também deve-se buscar a correção perfeita de todos os parâmetros espinopélvicos por que a correção insuficiente seria causa de complicações mecânicas,²⁴ mas essa relação não está bem esclarecida pela literatura, sendo que, na presente série, não foi demonstrada relação significativa entre a obtenção de correção ideal e a ocorrência ou não de complicações. Embora o conceito de relacionar complicações mecânicas com deformidade residual seja muito corrente,²⁴ existem trabalhos relacionando as quebras com diversos outros fatores, como a magnitude da correção sagital realizada²⁵ ou o tipo de instrumentação utilizada.²⁶ Em sua série, Le Huec et al.^{27,28} relataram que 100% das complicações mecânicas ocorreram em pacientes com deformidade residual acima do aceitável pela metodologia FBI (*Full Balance Integrated*) de planejamento da correção. Um estudo prospectivo sobre fraturas de haste em cirurgias de deformidade do adulto mostrou risco de fratura de 22% nos casos com uma osteotomia de três colunas, contra 4.7%

nos casos sem ($p=0.001$), e que as fraturas ocorrem no nível ou adjacente ao nível da osteotomia, mas as análises uni variadas não identificaram relações significativas entre fratura de haste e idade, índice de massa corporal, número de segmentos fusionados, parâmetros espinopélvicos pré ou pós-operatórios, nem magnitude da correção.²⁵ O mesmo estudo apontou ainda um índice de fratura maior nas hastes de cromo-cobalto em relação às de titânio ou aço inoxidável.²⁵ A modelagem das hastes reduz sua vida em fadiga e o uso dos modeladores pode introduzir irregularidades de superfície, sendo que o titânio é um material muito sensível à propagação de trincas a partir desse tipo de defeito.²⁹ Isto é crítico nas osteotomias lordotizantes, onde a modelagem da haste pode ser extrema.³⁰ Em comparação com hastes de titânio, as de cromo-cobalto são mais resistentes à fadiga e aos defeitos de superfície produzidos pela modelagem, por outro lado, como são bem mais rígidas, as cargas mecânicas assumidas pela instrumentação são maiores, o que pode levar a um efeito duplamente negativo: o aumento dos estresses mecânicos no implante pode, por si só, promover a fratura por fadiga, enquanto a redução de carregamento mecânico na coluna pode deixar a osteotomia mais suscetível à pseudoartrose.³⁰ Estudos biomecânicos apontam que a deformação na superfície das hastes pode ser reduzida de modo significativo pelo uso de hastes acessórias no local da osteotomia (construção de quatro hastes) e de materiais mais rígidos, como as ligas de cromo-cobalto, mas que não é claro que isso implique em redução dos índices de fratura.³¹

Embora diversos artigos abordem possíveis causas e estratégias de manejo de fraturas e outras falhas mecânicas, não encontramos estudos maiores sobre o impacto das complicações e reintervenções na manutenção da correção da deformidade. Na presente série, não foi observada relação significativa entre perda de correção ocorrência de reintervenções ou existência de complicações de qualquer tipo ou

em qualquer momento da evolução. De fato, nos pacientes reoperados por pseudoartrose com fratura de haste, a reintervenção restituiu os parâmetros pós osteotomia ou até os melhorou. Embora indesejada, essa cirurgia representou uma chance de revisar possíveis falhas no cálculo da osteotomia ou de acrescentar reforços estruturais à construção, como espaçadores intersomáticos. A técnica cirúrgica mais comumente utilizada para o reparo foi a artrodese intersomática nos espaços acima e abaixo da osteotomia por via lateral minimamente invasiva trans psoas, seguida de substituição da instrumentação posterior.²⁶

A perda de correção esteve diretamente associada a complicações mecânicas não corrigidas e foi estatisticamente significativa apenas nos parâmetros de piora da curva e aumento de PT. Nos quatro pacientes nessa situação, houve um aumento médio de SVA de $8,13 \pm 7,72$ cm, perda média de correção da curva de $27,5 \pm 14,39^\circ$ e aumento médio de PT de $12,25 \pm 7,27^\circ$, enquanto nos outros 16 pacientes o aumento médio de SVA foi de $2,59 \pm 2,87$ cm ($p=0,122$), a perda média de correção da curva foi de $3,69 \pm 3,68^\circ$ ($p<0,05$) e o aumento médio de PT foi de $1,13 \pm 1,93^\circ$ ($p<0,05$).

CONCLUSÃO

Os resultados da série foram similares aos publicados nas grandes séries e nos estudos multicêntricos. A correção ideal foi conseguida em pouco mais de metade dos casos e mantida até o fim do seguimento em apenas 40%. A simples ocorrência de complicações ou reintervenções não se relacionou com perdas de correção importantes, sendo que as perdas significativas aconteceram nos casos de complicações mecânicas não tratadas.

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

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. MSS (0000-0002-0771-7317) foi o principal contribuinte no conceito intelectual e redação do estudo, reunindo dados e realizando a pesquisa bibliográfica. MSS (0000-0002-0771-7317), SBP (0000-0003-0300-9441) e EVA (0000-0003-0043-2981) realizaram as cirurgias e acompanharam os pacientes. MSS e SBP avaliaram os dados da análise estatística e realizaram a revisão do manuscrito.

REFERÊNCIAS

- Bridwell KH, Lewis SJ, Lenke LG, Baldus C, Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85(3):454-63.
- Bridwell KH, Lewis SJ, Edwards C, Lenke LG, Iffrig TM, Berra A, et al. Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance. *Spine (Phila Pa 1976).* 2003;28(18):2093-101.
- La Maida GA, Luceri F, Gallozzi F, Ferraro M, Bernardo M. Complication rate in adult deformity surgical treatment: safety of the posterior osteotomies. *Eur Spine J.* 2015;24 Suppl 7:879-86.
- Daubs MD, Brodke DS, Annis P, Lawrence BD. Perioperative complications of pedicle subtraction osteotomy. *Global Spine J.* 2016;6(7):630-5.
- Rose PS, Bridwell KH, Lenke LG, Cronen GA, Mulconrey DS, Buchowski JM, et al. Role of pelvic incidence, thoracic kyphosis, and patient factors on sagittal plane correction following pedicle subtraction osteotomy. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(8):785-91.
- Rocha VM, Carrasco FM, Lima GK, Tavares RH, Costa RJF, Moliterno LAM, et al. Loss of correction after vertebroectomy for treatment of spinal deformities. *Coluna/Columna.* 2016;15(3):191-8.
- Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakos J, Lenke L, Tropiano P, et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery.* 2014;74(1):112-20.
- Schwab FJ, Patel A, Shaffrey CI, Smith JS, Farcy JP, Boachie-Adjei O, et al. Sagittal realignment failures following pedicle subtraction osteotomy surgery: are we doing enough?: Clinical article. *J Neurosurg Spine.* 2012;16(6):539-46.
- Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(17):E599-606.
- Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy JP, Lafage V. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2010;35(25):2224-31.
- Ailon T, Scheer JK, Lafage V, Schwab FJ, Klineberg E, Sciubba DM, et al. Adult Spinal Deformity Surgeons Are Unable to Accurately Predict Postoperative Spinal Alignment Using Clinical Judgment Alone. *Spine Deform.* 2016;4(4):323-9.
- Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Cheh G, Baldus C. Results of lumbar pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance: a minimum 5-year follow-up study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(20):2189-97.
- Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, et al. Scoliosis Research Society-Schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012;37(12):1077-82.
- Schwab F, Lafage V, Patel A, Farcy JP. Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(17):1828-33.
- Schwab F, Farcy JP, Bridwell K, Berven S, Glassman S, Harrast J, et al. A clinical impact classification of scoliosis in the adult. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(18):2109-14.
- Mok JM, Cloyd JM, Bradford DS, Hu SS, Deviren V, Smith JA, et al. Reoperation after primary fu-
- tion for adult spinal deformity: rate, reason, and timing. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(8):832-9.
- Daubs MD, Lenke LG, Cheh G, Stobbs G, Bridwell KH. Adult spinal deformity surgery: complications and outcomes in patients over age 60. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(20):2238-44.
- Lafage V, Schwab F, Vira S, Hart R, Burton D, Smith JS, et al. Does vertebral level of pedicle subtraction osteotomy correlate with degree of spinopelvic parameter correction? *J Neurosurg Spine.* 2011;14(2):184-91.
- Simões MS, Abreu EV, Winkler BC. Posterior three-column osteotomies for the treatment of rigid thoracic kyphosis – a case series. *Rev Bras Ortop.* 2017;52(2):189-96.
- Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, Kuhns CA, Lehman RA Jr, Kim YJ, et al. Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy: a 10-year assessment. *Spine (Phila Pa 1976).* 2007;32(20):2245-52.
- Ayhan S, Aykac B, Yuksel S, Guler UO, Pellise F, Alanay A, et al. Safety and efficacy of osteotomies in adult spinal deformity: what happens in the first year? *Eur Spine J.* 2016;25(8):2471-9.
- Smith JS, Shaffrey CI, Klineberg E, Lafage V, Schwab F, Lafage R, et al. Complication rates associated with 3-column osteotomy in 82 adult spinal deformity patients: retrospective review of a prospectively collected multicenter consecutive series with 2-year follow-up. *J Neurosurg Spine.* 2017:1-14.
- Suk SI, Chung ER, Kim JH, Kim SS, Lee JS, Choi WK. Posterior vertebral column resection for severe rigid scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(14):1682-7.
- Smith JS, Shaffrey CI, Ames CP, Demakakos J, Fu KM, Keshavarzi S, et al. Assessment of symptomatic rod fracture after posterior instrumented fusion for adult spinal deformity. *Neurosurgery.* 2012;71(4):862-7.
- Smith JS, Shaffrey E, Klineberg E, Shaffrey CI, Lafage V, Schwab FJ, et al. Prospective multicenter assessment of risk factors for rod fracture following surgery for adult spinal deformity. *J Neurosurg Spine.* 2014;21(6):994-1003.
- Luca A, Lovi A, Galbusera F, Brayda-Bruno M. Revision surgery after PSO failure with rod breakage: a comparison of different techniques. *Eur Spine J.* 2014;23 Suppl 6:610-5.
- Le Huec JC, Leijssen P, Duarte M, Aunoble S. Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique. *Eur Spine J.* 2011;20 Suppl 5:669-80.
- Le Huec JC, Cogniet A, Demezon H, Rigal J, Saddiki R, Aunoble S. Insufficient restoration of lumbar lordosis and FBI index following pedicle subtraction osteotomy is an indicator of lumbar mechanical complication. *Eur Spine J.* 2015;24 Suppl 1:S112-20.
- Lindsey C, Deviren V, Xu Z, Yeh RF, Puttitz CM. The effects of rod contouring on spinal construct fatigue strength. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(15):1680-7.
- Luca A, Ottardi C, Sasso M, Prosdicomo L, La Barbera L, Brayda-Bruno M, et al. Instrumentation failure following pedicle subtraction osteotomy: the role of rod material, diameter, and multi-rod constructs. *Eur Spine J.* 2017;26(3):764-70.
- Gehrohen M, Hallager DW, Dahl B, Harris J, Gudipally M, Jenkins S, et al. Rod Strain After Pedicle Subtraction Osteotomy: A Biomechanical Study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016;41 Suppl 7:S24.