

# AValiação da Quebra de Haste Após Realização de Osteotomia das Três Colunas

EVALUATION OF ROD BREAKAGE AFTER THREE-COLUMN OSTEOTOMY

EVALUACIÓN DE LA ROTURA DE VARILLA DESPUÉS DE REALIZACIÓN DE OSTEOTOMÍA DE LAS TRES COLUMNAS

FERNANDO BRENO DE OLIVEIRA RIBEIRO<sup>1</sup>, ALDERICO GIRÃO CAMPOS DE BARROS<sup>1</sup>, JUAN DANIEL PAZOS AQUINO<sup>1</sup>, RODRIGO JOSÉ FERNANDES DA COSTA<sup>1</sup>,  
LUISE EDUARDO CARELLI TEIXEIRA DA SILVA<sup>1</sup>

1. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, Serviço de Cirurgia da Coluna, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

## RESUMO

**Objetivos:** Identificar a incidência e possíveis fatores de risco relacionados à quebra de hastes em pacientes submetidos à ressecção colunar vertebral (RCV) ou osteotomia de subtração pedicular (OSP) para o tratamento cirúrgico de doenças complexas da coluna vertebral. **Métodos:** Análise retrospectiva de uma série de 32 pacientes operados de 2014 a 2018, em um único centro. Os pacientes foram avaliados quanto às características demográficas (sexo, idade), biométricas (IMC), radiológicas (variação angular antes e após a correção) e cirúrgicas (níveis artrodesados, níveis osteotomizados). As análises descritivas foram realizadas para as variáveis numéricas (média, desvio-padrão, máximo, mediana e mínimo) e, para as variáveis categóricas foi realizada a análise de frequência. Realizou-se análise de regressão logística para a variável dependente “quebra”, utilizando a técnica stepwise para seleção das variáveis que compõem o melhor modelo, considerando o nível de significância de 0,05. **Resultados:** Foram selecionados 32 pacientes; a proporção de quebra foi de 34,4%. Observou-se que a média de idade foi de 36,6 anos ( $\pm$  19,8 anos), distribuindo-se entre 10 e 74 anos, e o IMC médio foi 25,1 ( $\pm$  6,0). Verificou-se que a maior parte dos indivíduos foi submetida a técnica RCV (75,0%), era do sexo masculino (56,2%) e não fumava (90,6%). Na análise de regressão logística, “níveis artrodesados” associou-se positivamente à quebra (OR 1,72; IC95%; 1,13-3,10;  $p < 0,05$ ). Os outros fatores não se associaram à quebra. **Conclusão:** A quebra de hastes é uma complicação frequente das osteotomias das três colunas, principalmente, em construções longas. **Nível de evidência III; Estudo Retrospectivo.**

**Descritores:** Síndrome Pós-Laminectomia; Curvaturas da Coluna Vertebral; Doenças da Coluna Vertebral.

## ABSTRACT

**Objective:** To identify the incidence and possible risk factors associated with rod breakage in patients who underwent vertebral column resection (VCR) or pedicle subtraction osteotomy (PSO) to treat complex deformities of the spine. **Methods:** Retrospective analysis of a series of 32 patients operated from 2014 to 2018 in a single center. The patients were analyzed for demographic (sex, age), biometric (BMI), radiographical (pre- and postoperative angular variations), and surgical (arthrodesed and osteotomized levels) characteristics. Descriptive analyses were performed for the numerical variables (mean, standard deviation, maximum, median, and minimum) and frequency analysis was performed for the categorical variables. Logistic regression analysis was performed for the dependent variable “rod breakage”, using a stepwise technique to select the variables for the best model, assuming statistical significance of 0.05. **Results:** Of the 32 patients selected, rod breakage occurred in 34.4%. Mean age was 36.6 years ( $\pm$  19.8), ranging from 10 to 74 years, and the mean BMI was 25.1 ( $\pm$  6.0). Most patients were subjected to VCR (75.0%), were males (56.2%) and did not smoke (90.6%). Logistic regression analysis showed that “arthrodesed levels” were positively associated with rod breakage (OR 1.72; CI95%: 1.13-3.10;  $p < 0.05$ ). The other factors were not associated with breakage. **Conclusion:** Rod breakage is a frequent complication after three-column osteotomy, especially in long constructions. **Level of evidence III; Retrospective Study.**

**Keyword:** Failed Back Surgery Syndrome; Spinal Curvatures; Spinal Diseases.

## RESUMEN

**Objetivos:** Identificar la incidencia y los posibles factores de riesgo relacionados a la rotura de varillas en pacientes sometidos a resección de la columna vertebral (RCV) u osteotomía de sustracción pedicular (OSP) para el tratamiento quirúrgico de enfermedades complejas de la columna vertebral. **Métodos:** Análisis retrospectivo de una serie de 32 pacientes operados desde 2014 hasta 2018, en un único centro. Los pacientes fueron evaluados cuanto a las características demográficas (sexo, edad), biométricas (IMC), radiológicas (variación angular antes y después de la corrección) y quirúrgicas (niveles artrodesados, niveles osteotomizados). Los análisis descriptivos fueron realizados para las variables numéricas (promedio, desviación estándar, máximo, mediana y mínimo) y, para las variables categóricas fue realizado el análisis de frecuencia. Se realizó análisis de regresión logística para la variable dependiente «rotura», utilizando la técnica stepwise para selección de las variables que componen el mejor modelo, considerando el nivel de significancia de 0.05. **Resultados:** Fueron seleccionados 32 pacientes; la proporción de rotura fue de 34,4%. Se observó que el promedio de edad fue de 36,6 años ( $\pm$  19,8 años), distribuyéndose entre 10 a 74 años, y el IMC promedio fue de 25,1 ( $\pm$  6,0). Se verificó que la mayor parte de los individuos

Estudo realizado no Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia Jamil Haddad, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Correspondência: Fernando Breno De Oliveira Ribeiro. Rua Negreiros Lobato, 30, Apto 401, Lagoa Rodrigo De Freitas, Rio De Janeiro, RJ, Brasil. 22.471-130. fdbreno@gmail.com



<http://dx.doi.org/10.1590/S1808-185120201901224248>

fue sometida a la técnica RCV (75,0%), era del sexo masculino (56,2%) y no fumaba (90,6%). En el análisis de regresión logística, los “níveis artrodesados” se asociaron positivamente a la rotura (OR 1,72; IC 95%; 1,13-3,10; p < 0,05). Los otros factores no se asociaron a la rotura. Conclusión: La rotura de varillas es una complicación frecuente de las osteotomías de tres columnas, principalmente en construcciones largas. **Nível de evidencia III; Estudo Retrospectivo.**

**Descritores:** Síndrome de Fracaso de la Cirugía Espinal Lumbar; Curvaturas de la Columna Vertebral; Enfermedades de la Columna Vertebral.

**INTRODUÇÃO**

As importantes melhorias nas técnicas cirúrgicas, o desenvolvimento de novos materiais de instrumentação e a neuromonitorização multimodal tornaram procedimentos como a osteotomia de subtração pedicular (OSP) e a ressecção colunar vertebral (RCV) cada vez mais frequentes no tratamento das deformidades complexas e rígidas da coluna vertebral. Tanto a OSP quanto a RCV são ditas osteotomias de três colunas (O3C), por estenderem-se da coluna posterior à anterior.<sup>1</sup>

Essas técnicas são valiosas ferramentas no tratamento de deformidades graves. Elas permitem grandes correções angulares, sendo, em alguns casos, o único recurso terapêutico disponível.<sup>2</sup> Deve-se ressaltar, no entanto, que não são isentas de riscos. A literatura mostra altos índices de complicações, como lesões neurológicas, fratura em níveis adjacentes, defeitos de consolidação e falha da instrumentação.<sup>3-5</sup>

A fadiga, com consequente falha do material de instrumentação, leva ao surgimento de pseudoartrose, que por sua vez está associada a importante impacto na qualidade de vida do paciente. Relaciona-se à presença de dor, perda da correção obtida, possibilidade de déficit neurológico e necessidade de cirurgia de revisão, em alguns casos com desfecho catastrófico. Apesar de a quebra da instrumentação poder gerar importantes complicações para os pacientes, a literatura relacionada é bastante restrita, principalmente, quando são analisados apenas casos em que foi realizada O3C. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar os fatores relacionados à quebra de haste em pacientes submetidos a OSP e RCV.

**MATERIAIS E MÉTODOS**

Avaliação retrospectiva dos pacientes operados em um único centro, durante o período de 2014 a 2018. Todos os pacientes foram submetidos a O3C (OSP ou RCV), a maioria com instrumentação inicial com duas hastes de titânio, de 5,5 mm, pela mesma equipe cirúrgica. Apenas dois, submetidos a OSP, receberam instrumentação com três hastes. Foi realizada análise dos prontuários e dos exames de radiografia simples e tomografia computadorizada da coluna vertebral. Os critérios de inclusão foram: patologias complexas, cinco ou mais níveis de artrodese posterior, realização de O3C, idade superior a 10 anos no momento da cirurgia. Obteve-se um número total de 32 pacientes. Todos foram acompanhados por pelo menos dois anos de seguimento pós-operatório.

Os pacientes incluídos no trabalho foram avaliados quanto a aspectos demográficos, clínicos, sociais e cirúrgicos. Foram avaliadas como possíveis fatores de predição à quebra de haste variáveis descritivas (índice de massa corporal, idade, correção coronal, correção sagital, níveis artrodesados, níveis osteotomizados) e categóricas (sexo, tabagismo, realização de OSP ou RCV). A variável “níveis artrodesados” foi definida como os níveis incluídos na instrumentação inicial, visando a artrodese. A ocorrência de pseudoartrose não foi avaliada neste estudo.

As variações angulares pré e pós correção foram avaliadas em radiografias panorâmicas em ortostase, pelo método de medição de Cobb, na curva rígida principal, foi utilizado o software Surgimap®. O diagnóstico de fratura de haste foi dado por radiografias em ortostase.

As análises descritivas foram realizadas através de resumos de variáveis numéricas (média, desvio-padrão, máximo, mediana e mínimo) e de frequências das variáveis categóricas. Realizou-se análise de regressão logística para a variável dependente “quebra”, utilizando a técnica stepwise para seleção das variáveis que compõem o melhor modelo, assumido o nível de significância de 0,05. Todas as análises foram realizadas utilizando o software R 3.6.0 (*Planting of a tree*).

**RESULTADOS**

Foram selecionados 32 pacientes e a proporção de quebra no grupo estudado foi de 34,4%. Observou-se que a média de idade foi de 36,6 anos (± 19,8 anos), distribuindo-se entre 10 e 74 anos, e o IMC médio foi 25,1 Kg/m<sup>2</sup> (± 6,0). Verificou-se que a maior parte dos indivíduos foi submetida a técnica RCV (75,0%), era do sexo masculino (56,2%) e não fumava (90,6%), como exposto nas Tabelas 1 e 2.

Como mostra a Tabela 3, na análise de regressão logística, “níveis artrodesados” associou-se positivamente com a quebra (OR 1,72; IC95%; 1,13-3,10; p < 0,05). Fatores como técnica cirúrgica, sexo, idade, IMC, Delta Cobb Sagital, Delta Cobb Coronal e níveis osteotomizados não estiveram associados à quebra. A OR para tabagismo não pode ser estimada, por não terem ocorrido casos de tabagistas sem quebra.

Na análise multivariada, considerando o efeito das variáveis simultaneamente, nenhum modelo apresentou significância estatística para as características analisadas. Verificou-se que o modelo com “níveis artrodesados” e “tabagismo” foi o que apresentou o menor AIC (*Akaike information criterion*), contudo, sem significância estatística das razões de chances. Portanto, o univariado com a característica “níveis artrodesados” (modelo 1) mantém-se o mais adequado para o estudo em questão. (Tabela 4 e Figura 1)

De acordo com a razão de chances do modelo 1, para cada aumento de uma unidade no nível artrodesado, espera-se observar cerca de 72,32% de aumento na razão de chance da quebra.

O modelo 1 apresenta grau de separabilidade alta (AUC=0,8074), isto é, a capacidade de prever quebras a partir dos níveis artrodesados é de 80,74%. (Anexo 1)

Apresentamos ainda a análise estatística residual, no apêndice deste trabalho.

**Tabela 1.** Frequências absolutas e relativas das variáveis categóricas.

| Variáveis             |           | n (%)     |
|-----------------------|-----------|-----------|
| Quebra                | Sim       | 11 (34,4) |
|                       | Não       | 21 (65,6) |
| Técnica               | OSP       | 8 (25,0)  |
|                       | RCV       | 24 (75,0) |
| Sexo                  | Feminino  | 14 (43,8) |
|                       | Masculino | 18 (56,2) |
| Tabagismo             | Sim       | 3 (9,4)   |
|                       | Não       | 29 (90,6) |
| Níveis artrodesados   | 5         | 3 (9,4)   |
|                       | 6         | 2 (6,2)   |
|                       | 7         | 1 (3,1)   |
|                       | 8         | 7 (21,9)  |
|                       | 9         | 7 (21,9)  |
|                       | 10        | 6 (18,8)  |
|                       | 11        | 2 (6,2)   |
|                       | 12        | 3 (9,4)   |
|                       | 15        | 1 (3,1)   |
| Níveis osteotomizados | 1         | 10 (31,2) |
|                       | 2         | 14 (43,8) |
|                       | 3         | 7 (21,9)  |
|                       | 5         | 1 (3,1)   |

**Tabela 2.** Medidas descritivas (Média, desvio-padrão, mínimo, mediana e máximo) das variáveis numéricas.

|                    | Média (dp)  | Mínimo | Mediana | Máximo |
|--------------------|-------------|--------|---------|--------|
| Idade              | 36,6 (19,8) | 10     | 28      | 74     |
| IMC                | 25,1 (6,0)  | 15,2   | 24,2    | 38,2   |
| Delta Cobb Sagital | 37, (23,8)  | 2      | 32      | 80     |
| Delta Cobb Coronal | 25,2 (28,0) | 0      | 12      | 92     |

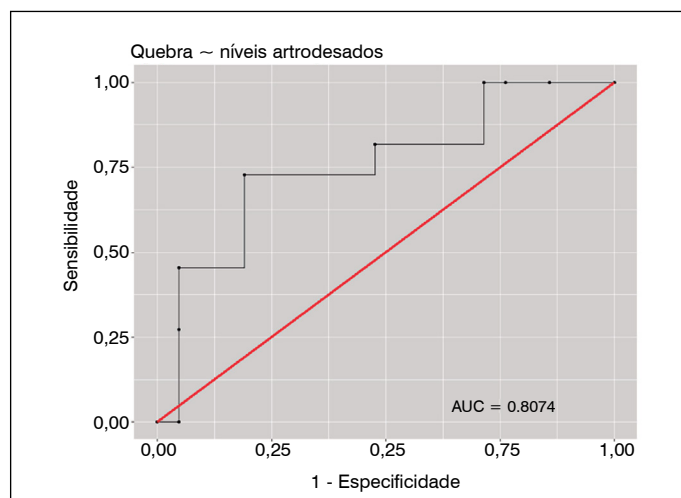
**Tabela 3.** Razão de chances (Intervalo de 95% de confiança) do modelo logístico univariado para Quebra.

| Características       | Razão de chances (OR) | IC 95%          | p-valor                 |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|-------------------------|
| Técnica               | OSP                   | 1,0000          |                         |
|                       | RCV                   | 0,8330          | 0,1598 – 4,8914         |
| Sexo                  | Feminino              | 1,0000          |                         |
|                       | Masculino             | 0,9000          | 0,2046 – 4,0303         |
| Tabagismo             | Sim                   | 0,0000          | 0,0000 – Não disponível |
|                       | Não                   | 1,0000          |                         |
| Idade                 | 1,0214                | 0,9838 – 1,0626 | 0,2729                  |
| IMC                   | 1,0008                | 0,8781 – 1,1322 | 0,9900                  |
| Delta Cobb Sagital    | 1,0092                | 0,9780 – 1,0424 | 0,5670                  |
| Delta Cobb Coronal    | 0,9936                | 0,9640 – 1,0203 | 0,6470                  |
| Níveis artrodesados   | 1,7232                | 1,1316 – 3,1046 | 0,0298                  |
| Níveis osteotomizados | 0,8384                | 0,3333 – 1,8934 | 0,6810                  |

**Tabela 4.** Razão de chances (Intervalo de 95% de confiança) do modelo logístico ajustado para Quebra.

|                       | Modelo 1          | Modelo 2                 |
|-----------------------|-------------------|--------------------------|
| (Intercepto)          | 0,0035**          | 0,0006**                 |
|                       | (0,000 – 0,1855)  | (0,000 – 0,3125)         |
| Níveis artrodesados   | 1,7232**          | 1,578*                   |
|                       | (1,1316 – 3,1046) | (1,0337 – 2,8614)        |
| Tabagismo             |                   | 0,000                    |
|                       |                   | (0,000 – Não disponível) |
| AIC                   | 38,24             | 35,63                    |
| BIC                   | 41,17             | 40,02                    |
| <b>Log Likelihood</b> | -17,12            | -14,81                   |
| <b>Deviance</b>       | 34,24             | 29,63                    |
| Número de observações | 32                | 32                       |

\*\*p < 0,05 e \*p < 0,10



**Figura 1.** Curva ROC do modelo 1.

## DISCUSSÃO

Apesar de as osteotomias de três colunas serem um importante recurso no tratamento cirúrgico de deformidades graves da coluna vertebral, diversas complicações podem resultar dessa abordagem. Dentre elas, neste trabalho, ressalta-se a falha do material. A literatura sobre o assunto ainda é controversa. Elevado IMC, idade avançada e propriedades físicas da haste já foram apontados como potencializadores do risco de quebra.<sup>6</sup> Destes, apenas os relacionados às propriedades físicas do material e à quantidade de hastes utilizadas não perderam significância estatística em outros trabalhos.<sup>7,8</sup>

Neste estudo, investigaram-se características antropométricas,

sociais e cirúrgicas de uma série de pacientes submetida a O3Cs em um único centro, a fim de encontrar possíveis fatores de risco a uma complicação específica, a quebra de hastes. Observou-se incidência de 34% desse desfecho: dos 32 pacientes avaliados, houve quebra de haste em 11.

Este valor é semelhante ao encontrado geralmente nas séries de estudos semelhantes,<sup>9-12</sup> nas quais há variação aproximada de 25 a 40%. A alta frequência de quebra de material nestas cirurgias sugere que a demanda biomecânica sobre este é elevada.

Condizentemente, trabalhos mostram que construções que utilizam mais de dois hastes apresentam menor índice de falha. Destaca-se o trabalho de Gupta et al,<sup>10</sup> que sugeriu uma nova forma de utilização de quatro hastes após OSP, mostrando significativa redução na ocorrência de falha.

Estudos que avaliaram a resistência à quebra das hastes<sup>7,13</sup> mostraram que as de cromo-cobalto sustentam cerca de três a cinco vezes mais ciclos de estresse que as de liga de titânio, além de suportarem carga maior até a quebra. Além disso, mostraram que hastes de maior diâmetro apresentam maior resistência.

Outro aspecto apontado por esses trabalhos é de que as ligas de titânio quebram no ponto de curvatura induzida pelas forças de estresse. Já as falhas observadas em construções com cromo-cobalto quebram frequentemente no corpo ou na tulipa do parafuso poliaxial, revelando as maiores resistência e confiabilidade deste material.

Todavia, a maior rigidez da liga cromo-cobalto foi relacionada a maior incidência de doença em níveis adjacentes<sup>11</sup> mendelej": {"formattedCitation": "<sup>13</sup>", "plainTextFormattedCitation": "13", "previouslyFormattedCitation": "(HAN et al., 2017<sup>4</sup> Isso é compatível com o conceito de que zonas de transição entre áreas de coeficiente elástico muito discrepantes estão submetidos a alto estresse mecânico. Tal fato deve ser levado em consideração na escolha do implante a ser utilizado em cada paciente.

Nossa análise mostrou que a quantidade de níveis envolvidos na artrotese está diretamente relacionada ao aumento na incidência de quebra de material. A chance desta complicação ocorrer aumenta consideravelmente a cada nível a mais envolvidos na cirurgia inicial. Tal fato pode se dever ao maior comprimento da haste, com consequente aumento do braço de alavanca na área osteotomizadas, gerando sobrecarga ao material. Outra hipótese plausível seria a maior probabilidade de acontecer pseudoartrose em construções longas. Em verdade, ambas as explicações são complementares entre si no sentido da causalidade relacionada à quebra do material.

Como limitação deste estudo, ressaltamos a falta de avaliação da ocorrência de pseudoartrose por exames de imagem. Tal análise poderia, possivelmente, ajudar a esclarecer qual a explicação por trás do fato de o aumento na quantidade de níveis envolvidos na cirurgia inicial gerar incidência aumentada de quebra, como exposto no parágrafo anterior.

Portanto, concluímos que a osteotomia tricolunar é uma importante ferramenta, mas que implica com frequência quebra do implante utilizado. Espera-se que seja observada uma taxa de falha do material de 25 a 50% dos casos em que essas técnicas forem empregadas. Considerando os dados encontrados, sugerimos vigilância aumentada nos casos em que for prevista inclusão de muitos níveis na artrotese. Nesses casos, deve-se avaliar a possibilidade de utilizar-se construções mais adequadas, com ligas metálicas mais resistentes, com múltiplas hastes, e com maior diâmetro.

## CONCLUSÃO

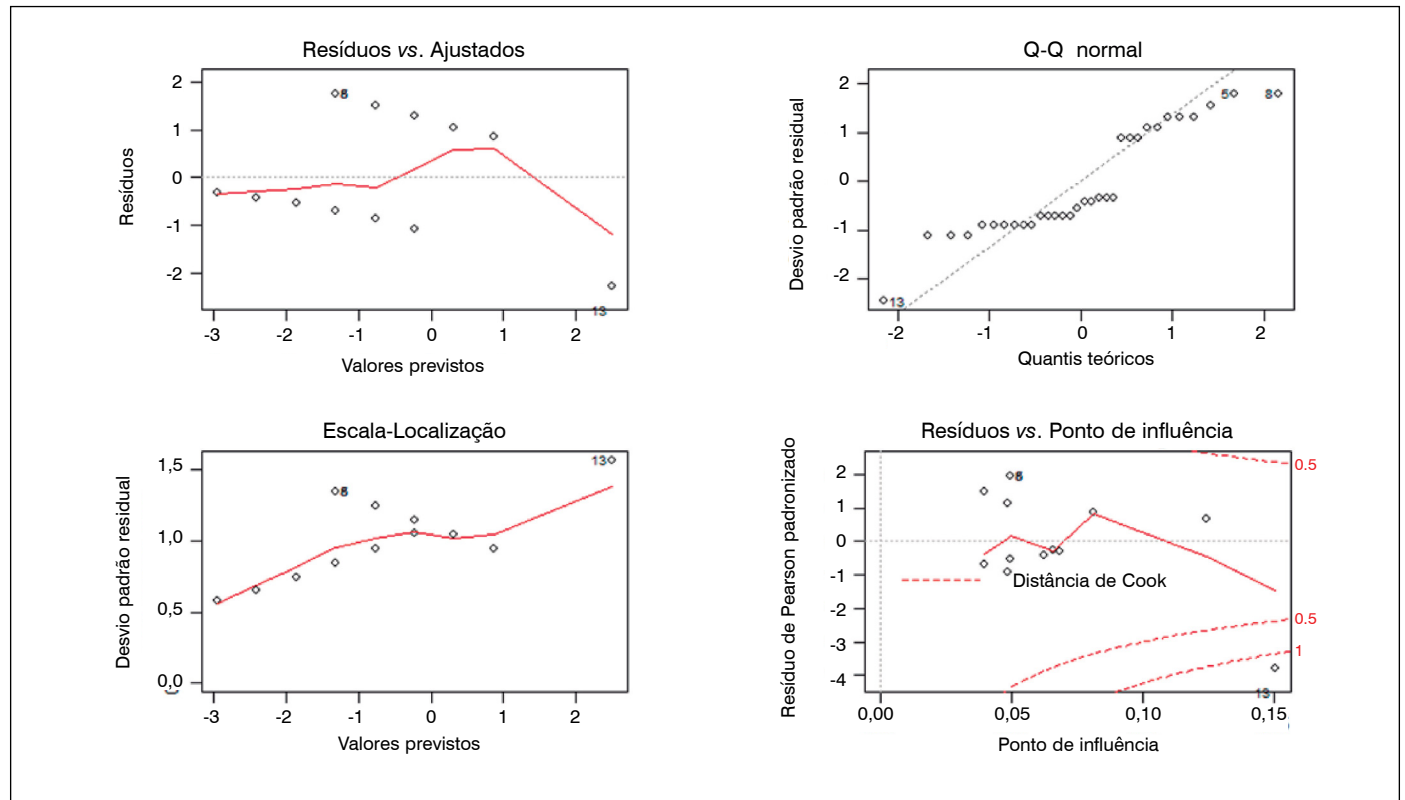
A falha do material após a realização de osteotomias de três colunas, principalmente em construções longas, com o uso de duas hastes, mostrou-se uma complicação frequente, mesmo a curto e a médio prazo de seguimento.

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

**CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES:** Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento deste artigo. FBOR: realização das cirurgias, levantamento de dados e redação. AGCB: realização das cirurgias, idealização, orientação e redação. JDPA: realização das cirurgias, levantamento de dados e redação. RJFC: realização das cirurgias e orientação. LECTS: realização das cirurgias, idealização e orientação.

**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.
- Auerbach JD, Lenke LG, Bridwell KH, Sehn JK, Milby AH, Bumpass D, et al. Major Complications and Comparison Between. 2012 ;37(14):1198-210.
- Hamzaoglu A, Alanay A, Ozturk C, Sarier M, Karadereler S, Ganiyusufoglu K. Posterior vertebral column resection in severe spinal deformities: A total of 102 cases. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2011;36(5):E340-4
- Kim SS, Cho BC, Kim JH, Lim DJ, Park JY, Lee BJ, et al. Complications of posterior vertebral resection for spinal deformity. *Asian Spine J.* 2012;6(4): 257-65.
- Cho KJ, Kim YT, Shin SH, Suk SI. Surgical treatment of adult degenerative scoliosis. *Asian Spine J.* 2014;8(3):371-81.
- Daniels AH, DePasse JM, Durand W, Hamilton DK, Passias P, Kim HJ, et al. Rod Fracture After Apparently Solid Radiographic Fusion in Adult Spinal Deformity Patients. *World Neurosurg.* 2018;117:e530-7.
- Buckley JM, Ames C, Deviren V. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers , Part H : Journal of Engineering in Medicine. *Proc ImechE.* 2014;225:194-8.
- International Spine Study Group, Gupta MC, Jensen Henry BA, Lafage V, Schwab FJ, Ames CP, et al. Reducing Rod Breakage and Nonunion in Pedicle Subtraction Osteotomy: The Importance of Rod Number and Configuration in 264 patients with 2-Year Follow-Up. *The Spine Journal.* 2015;15(10): 154-5.
- Kavadi N, Tallarico RA, Sun M, Lavelle WF. Analysis of Failures after Three Column Osteotomies of the Spine. *Scoliosis Spinal Disord.* 2017;12:19.
- Diebo BG, Lafage V, Varghese JJ, Gupta M, Kim HJ, Ames C, et al. After 9 Years of 3-Column Osteotomies, Are We Doing Better? Performance Curve Analysis of 573 Surgeries With 2-Year Follow-up. *Neurosurgery.* 2018;83(1):69-75.
- 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;27(4):444-57.
- Gupta S, Eksi MS, Ames CP, Deviren V, Durbin-Johnson B, Smith JS, et al. A Novel 4-Rod Technique Offers Potential to Reduce Rod Breakage and Pseudarthrosis in Pedicle Subtraction Osteotomies for Adult Spinal Deformity. *Oper Neurosurg (Hagerstown).* 2018;14(4):449-56.
- Shah KN, Walker G, Koruprolu SC, Daniels AH. Biomechanical comparison between titanium and cobalt chromium rods used in a pedicle subtraction osteotomy model. *Orthop Rev (Pavia).* 2018;10(1):7541.
- Han S, Hyun SJ, Kim KJ, Jahng TA, Kim HJ. Comparative Study between Cobalt Chrome and Titanium Alloy Rods for Multi-level Spinal Fusion: Proximal Junctional Kyphosis More Frequently Occurred in Patients Having Cobalt Chrome Rods. *World Neurosurg.* 2017;103:404-9.



Anexo 1. Residuals Analysis of Model 1.