

EVOLUÇÃO RADIOGRÁFICA E EQUILÍBRIO SAGITAL CERVICAL DA LAMINOPLASTIA X LAMINECTOMIA EM PACIENTES COM MIELOPATIA CERVICAL ESPONDILÓTICA

RADIOGRAPHIC EVOLUTION AND CERVICAL SAGITAL BALANCE OF LAMINOPLASTY VERSUS LAMINECTOMY IN PATIENTS WITH CERVICAL SPONDYLOTIC MYELOPATHY

EVOLUCIÓN RADIOGRÁFICA Y EQUILIBRIO SAGITAL CERVICAL DE LA LAMINOPLASTIA VERSUS LAMINECTOMÍA EN PACIENTES CON MIELOPATÍA CERVICAL ESPONDILÓTICA

LUIZ CARLOS MILAZZO NETTO,¹ RAPHAEL DE REZENDE PRATALI,² VINÍCIO NUNES NASCIMENTO,¹ PEDRO FELISBINO JR,¹ NILO CARRUJO MELO,¹
BRENDA CRISTINA RIBEIRO ARAÚJO,³ SÉRGIO DAHER,³ MURILO TAVARES DAHER^{1,4}

1. Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo – CRER, Grupo de Coluna, Goiânia, GO, Brasil.

2. Hospital do Servidor Público Estadual de São Paulo - HSPE-SP, Grupo de Coluna, São Paulo, SP, Brasil.

3. Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo – CRER, Goiânia, GO, Brasil.

4. Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Medicina, Departamento de Ortopedia e Traumatologia – DOT/FM/UFG, Goiânia, GO, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Comparar os resultados radiográficos de pacientes submetidos à cirurgia de laminoplastia e laminectomia e artrodese para o tratamento de mielopatia cervical espondilótica. **Métodos:** Pacientes submetidos à laminectomia e artrodese ou laminoplastia para o tratamento de mielopatia cervical espondilótica com acompanhamento mínimo de seis meses. Os parâmetros radiográficos relacionados à coluna cervical avaliados foram: Lordose C0C2 (C0C2); Lordose cervical (LC); Inclinação de T1 (IT1); Ângulo de entrada do tórax (AET); Versão do pescoço (VP); Eixo sagital vertical cervical (ESVC); Diferença entre IT1 e LC (IT1-LC). **Resultados:** Avaliaram-se 34 pacientes, sendo 23 (68%) homens. A idade média foi de 65 anos (DP: ± 13). Não houve diferença estatística em nenhum dos parâmetros radiográficos pré-operatórios. Considerando isoladamente os pacientes submetidos à laminectomia, notou-se diferença significativa C0-C2 ($P = 0,045$), ESVC ($P = 0,0008$), sendo observada diferença entre os tempos POI e POS ($P = 0,026$) e entre PRE e POS ($P = 0,0013$) e diferença IT1 – LC ($P = 0,0004$) com diferença entre POI e POS ($P = 0,0076$) e entre PRE e POS ($P = 0,001$). Considerando isoladamente os pacientes submetidos à laminoplastia, não houve diferença ao longo do tempo para nenhum dos parâmetros considerados. Comparando-se os parâmetros radiográficos entre os grupos laminectomia e laminoplastia nos três tempos, não houve diferença significativa para nenhum deles. **Conclusões:** O estudo sugere que os pacientes portadores de mielopatia cervical submetidos a laminectomia com instrumentação possam apresentar pior evolução radiográfica quanto ao alinhamento sagital cervical ao longo do tempo quando comparados aos pacientes submetidos a laminoplastia. **Nível de evidência III; Série de casos retrospectiva.**

Descritores: Coluna Vertebral; Compressão da Medula Espinhal; Resultado do Tratamento; Espondilose.

ABSTRACT

Objective: To compare radiographic findings of patients who underwent laminoplasty and laminectomy with arthrodesis for spondylotic cervical myelopathy. **Methods:** Who were submitted to laminectomy with arthrodesis or laminoplasty to treat cervical spondylotic myelopathy with minimum follow-up of 6 months. The radiographic parameters related to the cervical spine evaluated were C0C2 lordosis (C0C2), cervical lordosis (CL), T1 slope (T1S), thoracic inlet angle (TIA), neck tilt (NT), cervical sagittal vertical axis (CSVA), and T1S – CL mismatch (T1S-CL). **Results:** We evaluated 34 patients, 23 (68%) of whom were men. The mean age was 65 years ($SD \pm 13$). There was no statistical difference in any of the preoperative radiographic parameters. Considering the patients submitted to laminectomy alone, a significant difference was observed for C0C2 ($P = 0.045$), CSVA ($P = 0.0008$), with differences between IPO and POS times ($P = 0.026$) and between PRE and POS ($P = 0.0013$) and T1S – CL mismatch ($P = 0.0004$), with a difference between IPO and POS ($P = 0.0076$) and between PRE and POS ($P = 0.001$). Considering the patients submitted to laminoplasty alone, there was no difference over time for any radiographic parameters considered. Comparing the radiographic parameters between the laminectomy and laminoplasty groups in the three time periods, there was no significant difference for any of them. **Conclusion:** This study suggests that patients with cervical spondylotic myelopathy who underwent laminectomy with instrumentation may present worse radiographic evolution as regards cervical sagittal alignment over time when compared to patients who underwent laminoplasty. **Level of evidence III; Retrospective case series.**

Keywords: Spine; Spinal Cord Compression; Treatment Outcome; Spondylosis.

RESUMEN

Objetivo: Comparar los resultados radiográficos de pacientes sometidos a cirugía de laminoplastia y laminectomía y artrodese para el tratamiento de mielopatía cervical espondilótica. **Métodos:** Pacientes sometidos a laminectomía y artrodese o laminoplastia para el tratamiento de mielopatía cervical espondilótica con acompañamiento mínimo de 6 meses. Los parámetros radiográficos relacionados a

Estudo realizado no Grupo de Coluna do Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo – CRER. Rua 70, 351, apto 302, Jardim Goiás, Goiânia, GO, Brasil. 74810-350.

Correspondência: Murilo Tavares Daher Grupo de Coluna do Centro de Reabilitação e Readaptação Dr. Henrique Santillo – CRER. Rua 70, 351, apto 302, Jardim Goiás, Goiânia, GO, Brasil. 74810-350. murilodaher@uol.com.br



la columna cervical evaluados fueron: Lordosis C0C2 (C0C2); Lordosis cervical (LC); Inclinação de T1 (IT1): Ángulo de entrada del tórax (AET), versión del cuello (VC); Eje sagital vertical cervical (ESVC); Diferencia entre IT1 y LC (IT1-LC). Resultados: Se evaluaron 34 pacientes, siendo 23 hombres (68%). La edad promedio fue de 65 años (DP: \pm 13). No hubo diferencia estadística en ninguno de los parámetros radiográficos preoperatorios. Considerando aisladamente a los pacientes sometidos a la laminectomía, se notó diferencia significativa C0-C2 ($P = 0,045$), ESVC ($P = 0,0008$), siendo observada diferencia entre los tiempos POI y POS ($P = 0,026$) y entre PRE y POS ($P = 0,0013$) y diferencia IT1 – LC ($P = 0,0004$) con diferencia entre POI y POS ($P = 0,0076$) y entre PRE y POS ($P = 0,001$). Considerando aisladamente a los pacientes sometidos a laminoplastia, no hubo diferencia a lo largo del tiempo para ninguno de los parámetros radiográficos considerados. Comparándose con los parámetros radiográficos entre los grupos laminectomía y laminoplastia en los tres tiempos, no hubo diferencia significativa para ninguno de ellos. Conclusiones: El estudio sugiere que los pacientes portadores de mielopatía cervical sometidos a laminectomía con instrumentación puedan presentar peor evolución radiográfica cuanto a la alineación sagital cervical a lo largo del tiempo cuando comparados a los pacientes sometidos a laminoplastia. **Nivel de evidencia III; Serie de casos retrospectivos.**

Descriptor: Columna Vertebral; Compresión de la Médula Espinal; Resultado del Tratamiento; Espondilosis.

INTRODUÇÃO

A mielopatía cervical espondilótica (MCE) é a causa mais comum de lesão medular não traumática, podendo levar a grande morbidade para o paciente acometido.¹

Seu tratamento geralmente é cirúrgico, podendo ser realizado pela via anterior ou posterior. A abordagem posterior, na maioria das vezes, é reservada para os casos de compressão multissegmentar, pacientes mais idosos, mielopatía mais grave e sem cifose fixa.¹

As duas principais técnicas de abordagem posterior são a laminoplastia e a laminectomia associada a artrodese. Ambas apresentam resultados semelhantes do ponto de vista de recuperação neurológica, não existindo consenso de superioridade de uma em relação a outra.²

Cada vez mais se reconhece a influência do equilíbrio sagital da coluna toracolombar na qualidade de vida e resultados funcionais dos pacientes.^{3,4} Devido à grande complexidade da coluna cervical, com amplos mecanismos compensatórios, o equilíbrio sagital dessa região ainda não é amplamente entendido.⁵ No entanto já existe evidência que alterações do alinhamento podem acarretar piora da qualidade de vida⁶ e piora da mielopatía.⁵

Alguns autores têm demonstrado que o alinhamento sagital cervical pós-operatório pode influenciar os resultados funcionais após laminectomia e artrodese,⁷ e, inclusive, predizer piora do alinhamento radiográfico durante o seguimento pós-operatório.⁸

O objetivo desse estudo é comparar o alinhamento sagital cervical e a evolução radiográfica dos pacientes submetidos a cirurgia de laminoplastia e laminectomia associada a artrodese para o tratamento de mielopatía cervical espondilótica.

MÉTODOS

Pacientes

Estudo retrospectivo baseado em dados colhidos de forma prospectiva. Após aprovação no comitê de ética (CEP 2.546.077) local, foram avaliados prontuários e exames de imagem dos pacientes submetidos a tratamento cirúrgico de mielopatía cervical espondilótica em um único centro com pelo menos seis meses de seguimento.

Foram excluídos todos os casos de mielopatía por outras causas (traumáticas, tumorais e infecciosas), além dos casos submetidos a abordagem pela via anterior (discectomia e/ou corpectomia).

Os pacientes foram submetidos a tratamento cirúrgico de laminoplastia ou laminectomia e artrodese de acordo com a preferência do cirurgião assistente. Todos os casos de laminoplastia foram realizados de acordo com a técnica descrita por Hirabaishi⁹ e Riew¹⁰ (laminoplastia tipo porta aberta) e fixados com miniplacas em titânio (placa 1,6 mm) com abertura da lâmina no lado mais sintomático. Os casos submetidos a laminectomia e artrodese foram realizados seguindo técnica habitual¹¹ com instrumentação de massa lateral nos níveis entre C2 a C6 e parafusos pediculares quando necessário fixação em T1 ou T2. A fixação em C7 foi realizada com parafusos pediculares ou de massa lateral de acordo com a preferência do cirurgião (sistema de fixação com hastes 3,3 mm e parafusos de 3,5 ou 4,0 mm). Sempre a artrodese era realizada em todos os níveis submetidos a descompressão para evitar instabilidade iatrogênica.

Análise radiográfica

A avaliação por imagem foi realizada com radiografias de coluna cervical, radiografias de coluna total e ressonância magnética. Todos as radiografias foram realizadas no mesmo centro, com o paciente na posição ortostática, seguindo o mesmo protocolo. As únicas exceções foram os pacientes com mielopatía grave, que não conseguiam ficar em pé, que fizeram as radiografias sentados.

Os parâmetros radiográficos avaliados foram:^{5,6,12,13} (Figuras 1 e 2)

- **Lordose C0C2 (C0C2):** angulo formado pela linha de McGregor e platô inferior de C2
- **lordose cervical (LC):** angulo medido no platô inferior de C2 e inferior de C7 pelo método de Cobb.
- **Inclinação de T1 (IT1 – T1 slope):** angulo formado pela linha que passa pelo platô superior de T1 e a horizontal (análogo à inclinação do sacro - IS)
- **Angulo de entrada do tórax (AET – Thoracic inlet angle TIA):** angulo formado entre uma linha que vai do ápice do manúbrio esternal e o centro do platô superior de T1 e uma linha perpendicular ao platô superior de T1 (análogo ao angulo de incidência pélvica - IP)
- **Versão do pescoço (VP – Neck Tilt – NT):** angulo formado entre uma linha que vai do ápice do manúbrio esternal ao centro do platô superior de T1 e a vertical (análogo a versão pélvica - VP).
- **Inclinação de McGregor (IMG – McGregor slope – McGS):** angulo formado pela linha de McGregor e a horizontal.
- **Eixo sagital vertical cervical (ESVC):** distância horizontal entre o centro de C2 e a porção posterior do platô superior de C7.
- **Diferença entre IT1 e LC (IT1-LC – mismatch T1S – CL):** Diferença entre o IT1 e a LC.

As medidas foram realizadas utilizando o software *Surgimap Spine* (Nemaris Inc., New York, NY) pelo mesmo examinador em três diferentes tempos: pré-operatório (PRE), pós-operatório imediato (POI) e última avaliação radiográfica (POS).

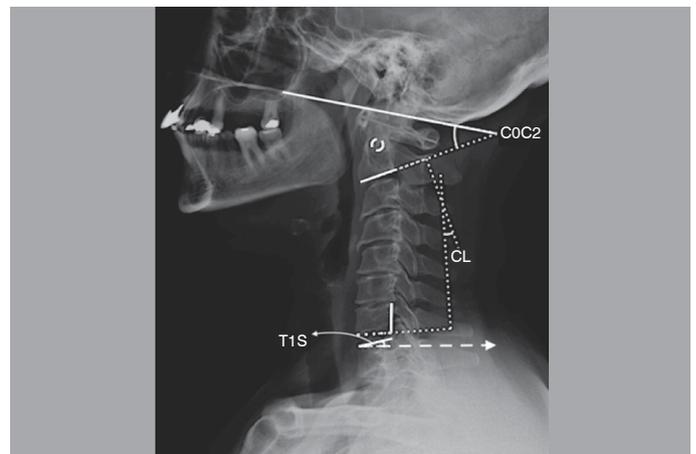


Figura 1. Parâmetros radiográficos avaliados. C0C2 (lordose C0C2), LC (lordose cervical), IT1 (inclinação de T1).

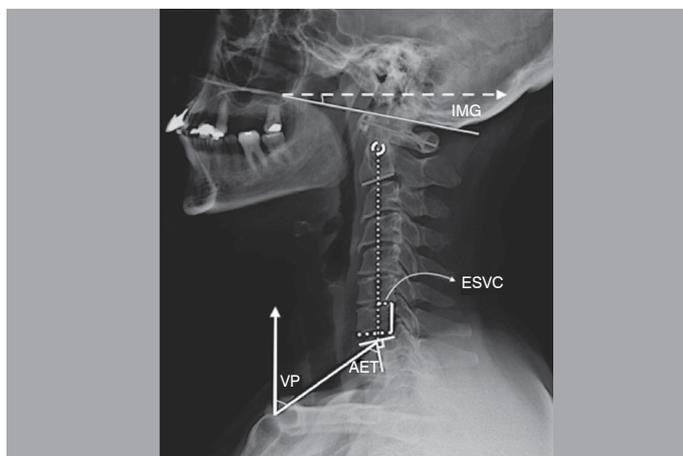


Figura 2. Parâmetros radiográficos avaliados. AET (ângulo de entrada do tórax), VP (versão do pescoço), IMG (inclinação de McGregor), ESVC (eixo sagital vertical cervical).

Análise estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o programa R, versão 3.4.9 (*R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria). Os dados consistem em variáveis de natureza quantitativa e a normalidade da distribuição foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk. A comparação entre as médias nos grupos laminectomia e laminoplastia foi realizada pelo teste T de *Student*, após verificação de variância igual entre os grupos pelo teste F. Os valores dos parâmetros radiográficos entre os tempos PRE, POI e POS foram comparados utilizando-se a Análise de medidas repetidas ANOVA, uma vez que requer uma análise pareada. Finalmente, foi comparada a evolução dos parâmetros radiográficos nos tempos POS e POI entre os dois grupos, comparando a média das diferenças entre os valores obtidos no tempo POS e POI, utilizando-se o teste T de *Student*. O nível de significância considerado foi de 5%.

RESULTADOS

População

Foram avaliados 34 pacientes no total da amostra, sendo 23 (68%) homens e 11 (32%) mulheres. A idade média foi de 65 anos (DP: ± 13), variando entre 37 e 88 anos. Comparando-se a média da idade entre os grupos laminectomia (66 anos; DP: $\pm 10,7$) e laminoplastia (64 anos; DP: $\pm 17,9$), não houve diferença significativa.

Comparação dos parâmetros radiográficos entre os grupos

A Tabela 1 demonstra a média e desvio padrão dos parâmetros radiográficos do alinhamento sagital da coluna cervical no pré-operatório. Não houve diferença entre os pacientes dos grupos laminectomia e laminoplastia em nenhum dos parâmetros, mostrando que radiograficamente os grupos eram semelhantes.

Evolução dos parâmetros radiográficos ao longo do acompanhamento

Analisando-se a evolução dos parâmetros radiográficos estudados ao longo dos três tempos de acompanhamento (PRE, POI e POS), observamos comportamento diferente entre os grupos.

Tabela 1. Valores dos parâmetros radiográficos no pré-operatório, comparado entre os grupos laminectomia e laminoplastia. Valores de C0-C2, LC e IT1 em graus. Valores do EVSC em mm.

Parâmetro Radiográfico	Laminectomia Média (DP)	Laminoplastia Média (DP)	P
CO-C2	-20,5 (8,3)	-20,7 (10,5)	0,9554
LC	-16,2 (12)	-18,8(17,7)	0,6612
EVSC	21,6 (13,9)	19,1 (14,2)	0,6431
IT1	29,6 (11,4)	31,2 (10,6)	0,7065
IT1-LC	13,5 (7,5)	12,4 (12)	0,7821

Considerando isoladamente os pacientes submetidos à laminectomia, notou-se diferença significativa considerando C0-C2 ($P = 0,045$), sem diferença na comparação entre cada tempo pelo teste complementar de Bonferroni, (Figura 3) EVSC ($P = 0,0008$), sendo observada diferença entre os tempos POI e POS ($P = 0,026$) e entre PRE e POS ($P = 0,0013$) (Figura 4) e diferença IT1 – LC ($P = 0,0004$), com diferença entre POI e POS ($P = 0,0076$) e entre PRE e POS ($P = 0,001$). (Figura 5) Não houve diferença significativa quanto à LC e IT1.

Considerando isoladamente os pacientes submetidos à laminoplastia, não houve diferença entre os tempos para nenhum parâmetro radiográfico considerado.

Comparando-se os parâmetros radiográficos entre os grupos laminectomia e laminoplastia nos três tempos de acompanhamento dos pacientes, não houve diferença significativa para nenhum parâmetro (C0-C2, $P = 0,898$; LC, $P = 0,557$; EVSC, $P = 0,459$; IT1, $P = 0,631$; IT1 – LC, $P = 0,110$).

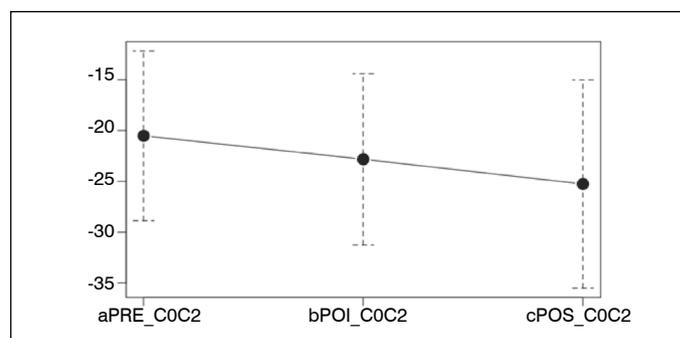


Figura 3. Evolução dos valores de C0-C2 com relação aos tempos PRE, POI e POS nos pacientes submetidos à laminectomia. Houve diferença significativa comparando os tempos ($P = 0,045$).

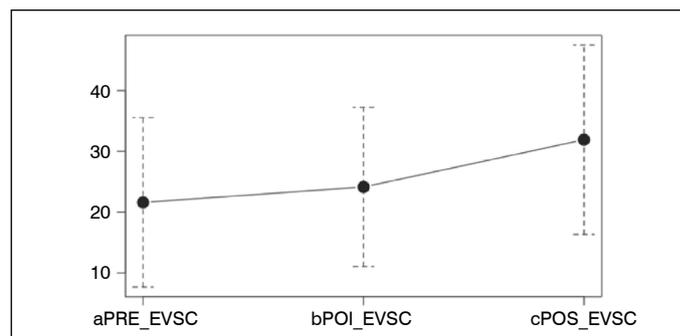


Figura 4. Evolução dos valores do EVSC com relação aos tempos PRE, POI e POS nos pacientes submetidos à laminectomia. Houve diferença significativa comparando os tempos ($P = 0,0008$), sendo observada diferença entre os tempos POI e POS ($P = 0,026$) e entre PRE e POS ($P = 0,0013$).

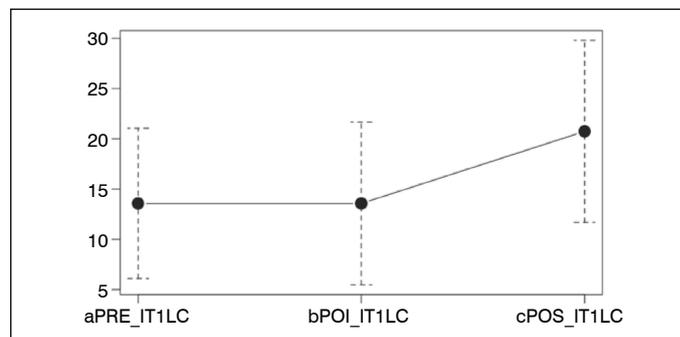


Figura 5. Evolução dos valores da diferença IT1 – LC com relação aos tempos PRE, POI e POS nos pacientes submetidos à laminectomia. Houve diferença significativa comparando os tempos ($P = 0,0004$), sendo observada diferença entre os tempos POI e POS ($P = 0,0076$) e entre PRE e POS ($P = 0,001$).

Comportamento dos parâmetros radiográficos após o procedimento cirúrgico

A comparação dos parâmetros radiográficos estudados entre os grupos laminectomia e laminoplastia após o procedimento cirúrgico foi realizado comparando-se as médias da diferença entre os valores do POS e POI de cada parâmetro. Conforme ilustrado na Tabela 2, não houve diferença significativa entre os grupos para nenhum dos parâmetros radiográficos.

Tabela 2. Valores obtidos pela diferença entre os tempos POS e POI, comparado entre os grupos laminectomia e laminoplastia. Valores de C0-C2, LC e IT1 em graus. Valores do EVSC em cm.

Parâmetro Radiográfico	Laminectomia Média (DP)	Laminoplastia Média (DP)	P
C0-C2	-2,4 (7,4)	-2,5 (7,9)	0,9695
LC	3,2 (10,1)	-0,5 (8,2)	0,2579
EVSC	7,7 (12,9)	2,2 (15,6)	0,3231
IT1	3,1 (8,5)	0,5 (6,5)	0,331
IT1-LC	7,1 (10,1)	0,3 (8,9)	0,05796

DISCUSSÃO

A abordagem cirúrgica ideal para o tratamento da MCE é motivo de discussão na literatura. Geralmente a abordagem posterior é reservada para os casos com mielopatia mais grave, doença mais difusa e sem deformidade cifótica fixa. Geralmente a decisão sobre a via de acesso é baseada apenas em radiografias regionais da coluna cervical e dados de ressonância magnética.¹

Existe vários estudos mostrando a importância do alinhamento cervical nos resultados clínicos e qualidade de vida de certas populações de pacientes.¹⁴⁻¹⁷ No entanto, a coluna cervical é uma região complexa, com grande amplitude de movimento. Essa mobilidade permite maior adaptação às alterações típicas do envelhecimento. Essas adaptações ocorrem na região cervical, sobretudo para manter a linha de visão no horizonte.

O presente trabalho não apresentou diferença entre o alinhamento sagital no PRE entre os dois grupos avaliados. No entanto, Lau e cols¹² demonstraram que a laminoplastia era mais comum em pacientes com LC elevada. Essa diferença pode estar relacionada ao fato da escolha em nossa população estar mais relacionada à preferência do cirurgião do que a critérios bem estabelecidos.

O grupo laminoplastia não apresentou piora radiográfica ao longo do tempo. No entanto, os pacientes submetidos a laminectomia apresentaram piora dos parâmetros lordose C0-C2, ESVC e diferença

entre IT1-LL. Esses resultados não eram esperados pela realização da artrodese, o que teoricamente deveria prevenir a piora do alinhamento no segmento fixado. Uma hipótese aventada é que com a realização da artrodese os segmentos percam a capacidade de se compensar e possa predispor a degeneração dos segmentos adjacentes, piorando assim os parâmetros radiográficos. Já os pacientes da laminoplastia mantiveram o alinhamento durante todo o seguimento. Esses resultados são conflitantes com alguns estudos na literatura. Por exemplo, Lau e cols, que demonstraram que piora do alinhamento da laminoplastia quando comparada a laminectomia.¹² A piora radiográfica relacionada com a laminoplastia foi relacionada com IT1 maior 30°, que representa um grande indicio de desequilíbrio sagital toracolombar.¹⁵

Essa piora da laminoplastia observada em outros estudos e não observada em nossa casuística pode ser justificada pelo pequeno número de pacientes avaliados nesse grupo e por questões técnicas na realização da cirurgia (evitar ressecar a faceta articular e preocupação em preservar a musculatura cervical que se insere em C2).

O aumento da lordose C0C2 observado nos pacientes submetidos a laminectomia, provavelmente pode estar relacionado a um mecanismo compensatório da coluna cervical para assegurar a visada horizontal, como observado por outros autores.¹³

Não houve diferença entre os grupos nos três momentos avaliados. O presente estudo apresenta algumas limitações:

Primeiramente o caráter retrospectivo, apesar dos dados serem colhidos prospectivamente.

Além disso não houve avaliação dos parâmetros clínicos, os quais poderiam correlacionar a diferença radiográfica encontrada entre os grupos com os resultados funcionais. Isto poderá ser realizado em um próximo estudo.

Há necessidade de uma amostragem relativamente maior do que a obtida para realizar quaisquer inferências, isto se faz difícil pelo caráter incomum da doença.

CONCLUSÃO

O presente estudo sugere que pacientes portadores de mielopatia cervical espondilótica submetidos a laminectomia com instrumentação possam apresentar pior evolução radiográfica quanto ao alinhamento sagital cervical ao longo do tempo quando comparados a pacientes submetidos laminoplastia.

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. MTD foi o idealizador do estudo e auxiliou no manuscrito e é o cirurgião da maioria dos casos. LCM escreveu o manuscrito e coletou os dados. Os autores VNN, NCM e PFJ auxiliaram na coleta de dados e cuidados dos pacientes. BCRA é monitora do centro de estudos do grupo e auxiliou na revisão bibliográfica. SD é o médico sênior do grupo e auxiliou na ideia. RRP auxiliou na estatística.

REFERÊNCIAS

- Meluzzi A, Taricco MA, Brock RS, Dias MRP, Nakagawa G, Guirado VMP, et al. Fatores prognósticos associados ao tratamento cirúrgico da mielorradiculopatia espondilótica cervical. *Coluna/Columna*. 2012;11(1):52-62.
- Fehlings MG, Barry S, Kopjar B, Yoon ST, Arnold P, Massicotte EM, et al. Anterior versus posterior surgical approaches to treat cervical spondylotic myelopathy: outcomes of the prospective multicenter AOSpine North America CSM study in 264 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(26):2247-52.
- Yoon ST, Hashimoto RE, Raich A, Shaffrey CI, Rhee JM, Riew KD. Outcomes after laminoplasty compared with laminectomy and fusion in patients with cervical myelopathy: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(22 Suppl 1):S183-94.
- Ames CP, Blondel B, Scheer JK, Schwab FJ, Le Huec JC, Massicotte EM, et al. Cervical radiographical alignment: comprehensive assessment techniques and potential importance in cervical myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(22 Suppl 1):S149-60.
- Bao H, Varghese J, Lafage R, Liabaud B, Diebo B, Ramchandran S, et al. Principal Radiographic Characteristics for Cervical Spinal Deformity: A Health-related Quality-of-life Analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(18):1375-82.
- Kim TH, Lee SY, Kim YC, Park MS, Kim SW. T1 slope as a predictor of kyphotic alignment change after laminoplasty in patients with cervical myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(16):E992-7.
- Hirabayashi K, Watanabe K, Wakano K, Suzuki N, Satomi K, Ishii Y. Expansive open-door laminoplasty for cervical spinal stenotic myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(7):693-9.
- Riew KD, Raich AL, Dettori JR, Heller JG. Neck Pain Following Cervical Laminoplasty: Does Preservation of the C2 Muscle Attachments and/or C7 Matter? *Evid Based Spine Care J*. 2013;4(1):42-53.
- Manzano GR, Casella G, Wang MY, Vanni S, Levi AD. A prospective, randomized trial comparing expansile cervical laminoplasty and cervical laminectomy and fusion for multilevel cervical myelopathy. *Neurosurgery*. 2012;70(2):264-77.
- Scheer JK, Tang JA, Smith JS, Acosta FL, Protopsaltis TS, Blondel B, et al. Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: a review. *J Neurosurg Spine*. 2013;19(2):141-59.
- Tan LA, Riew KD, Traynelis VC. Cervical Spine Deformity-Part 1: Biomechanics, Radiographic Parameters, and Classification. *Neurosurgery*. 2017;81(2):197-203.
- Lau D, Winkler EA, Than KD, Chou D, Mummaneni PV. Laminoplasty versus laminectomy with posterior spinal fusion for multilevel cervical spondylotic myelopathy: influence of cervical alignment on outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2017;27(5):508-17.
- Bridwell KH, Dewald RL. The textbook of spinal surgery. *J Pediatr Orthop*. 1997;17(4):540.
- Le Huec J, Demezon H, Aunoble S. Sagittal parameters of global cervical balance using EOS imaging: normative values from a prospective cohort of asymptomatic volunteers. *Eur Spine J*. 2015;24(1):63-71.
- Sakai K, Yoshii T, Hirai T, Arai Y, Torigoe I, Tomori M, et al. Cervical sagittal imbalance is a predictor of kyphotic deformity after laminoplasty in cervical spondylotic myelopathy patients without preoperative kyphotic alignment. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(4):299-305.
- Kim TH, Lee SY, Kim YC, Park MS, Kim SW. T1 slope as a predictor of kyphotic alignment change after laminoplasty in patients with cervical myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(16):E992-7.
- Tang JA, Scheer JK, Smith JS, Deviren V, Bess S, Hart RA, et al. The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery. *Neurosurgery*. 2012;71(3):662-9.