

VERTEBRECTOMIA POSTERIOR MULTINÍVEL EM CRIANÇAS COM TUBERCULOSE VERTEBRAL

POSTERIOR VERTEBRAL COLUMN RESECTION IN MULTIPLE LEVELS IN CHILDREN WITH VERTEBRAL TUBERCULOSIS

VERTEBRECTOMÍA POSTERIOR EN MÚLTIPLES NIVELES EN NIÑOS CON TUBERCULOSIS VERTEBRAL

ALDERICO GIRÃO CAMPOS DE BARROS,¹ LUIS EDUARDO CARELLI TEIXEIRA DA SILVA,¹ MARCELO GLAUBER DA SILVA PEREIRA,¹ ANDRE LUIZ LOYELO BARCELLOS,¹ LUCAS ROCHA CAVALCANTI¹

1. Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliação dos resultados clínicos e radiológicos da vertebrectomia posterior multinível no tratamento da cifose por tuberculose vertebral em crianças menores de nove anos apresentando déficit neurológico. **Métodos:** Estudo retrospectivo de uma série de cinco casos, sendo quatro do sexo feminino e um do sexo masculino, média de idade de 4,7 anos na época da cirurgia, portadoras de tuberculose vertebral múltiplos níveis, com média de cifose de 89°. **Resultados:** Todos os pacientes foram submetidos ao tratamento cirúrgico com RCVP múltiplos níveis, com número médio de 3,6 vértebras ressecadas, média de tempo cirúrgico de 359 minutos, período médio de internação pós-operatória de 21,2 dias. O seguimento médio foi de 29 meses. A média de correção da cifose foi de 62,6%. Antes da cirurgia, todos os pacientes tinham sinais de sofrimento medular, sendo que um deles não apresentava déficit de força ou sensibilidade (ASIA E), porém havia a presença de sinais piramidais e história de quedas. Os outros 4 possuíam algum grau de disfunção sensitivo-motora, com escore ASIA variando de A a D. Como complicações pós-operatórias ocorreram duas deiscências de sutura, um pneumotórax e uma pneumonia, todas com evolução favorável. Quatro pacientes evoluíram com melhora neurológica e um deles apresentou manutenção do déficit neurológico até o último seguimento. **Conclusão:** A RCVP múltiplos níveis se mostrou uma opção segura e eficaz no tratamento da cifose na TB vertebral em crianças com déficit neurológico. **Nível de evidência IV; Série de Casos.**

Descritores: Tuberculose da Coluna Vertebral; Compressão da Medula Espinhal; Déficit Neurológicos.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the clinical and radiological results of posterior vertebral column resection in the treatment of kyphosis due to vertebral tuberculosis in children under 9 years of age with neurological deficit. **Methods:** Retrospective study of a series of 5 cases, 4 females and 1 male, mean age of 4.7 years at the time of surgery, with spinal tuberculosis and mean kyphosis of 89 degrees. **Results:** All patients underwent surgical treatment with PVCR in multiple levels, with a mean number of 3.6 resected vertebrae, mean surgical time of 359 minutes, mean postoperative stay of 21.2 days. The mean follow-up was 29 months. The mean kyphosis correction was 62.6%. Before surgery, all patients had signs of spinal cord injury, one of which did not present a deficit of strength or sensibility (ASIA E), but there were pyramidal signs and a history of falls. The other 4 had some degree of sensory-motor dysfunction, with ASIA score varying from A to D. Postoperative complications included two dehiscesces of suture, one pneumothorax and one pneumonia, all with favorable evolution. Four patients progressed with neurological improvement and one of them had persistence of the neurological deficit until the last follow-up. **Conclusions:** Multiple-level PVCR has proven to be a safe and effective option for the treatment of kyphotic deformity in spinal tuberculosis in children with neurological deficit. **Level of evidence IV; Case series.**

Keywords: Tuberculosis; Spinal; Spinal Cord Compression; Neurologic Dysfunction.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar los resultados clínicos y radiológicos de la vertebrectomía posterior en múltiples niveles en el tratamiento de la cifosis por tuberculosis vertebral en niños menores de 9 años con déficit neurológico. **Métodos:** Estudio retrospectivo de una serie de 5 casos, siendo 4 del sexo femenino 1 del sexo masculino, con promedio de edad de 4,7 años en el momento de la cirugía y múltiples niveles de tuberculosis espinal con cifosis promedio de 89 grados. **Resultados:** Todos los pacientes se sometieron a tratamiento quirúrgico por RPCV en niveles múltiples, con una media de 3,6 vértebras ressecadas, tiempo operatorio promedio de 359 minutos y estancia promedio postoperatoria de 21,2 días. El seguimiento promedio fue de 29 meses. La corrección de la cifosis promedio fue del 62,6%. Antes de la cirugía, todos los pacientes tenían signos de lesión de la médula espinal, uno de los cuales no tenía déficit de fuerza o sensibilidad (ASIA E), pero tenía signos piramidales y antecedentes de caídas. Los otros 4 tenían algún grado de disfunción sensoriomotora con puntuación de ASIA que variaba de A a D. Las complicaciones postoperatorias incluyeron dos deiscencias de sutura, un neumotórax y una neumonía, todas con evolución favorable. Cuatro pacientes tuvieron mejoría neurológica y uno de ellos tuvo persistencia del déficit neurológico hasta el último seguimiento. **Conclusiones:** La RPCV ha demostrado ser una opción segura y eficaz en el tratamiento de la deformidad cifótica en la tuberculosis espinal en niños con déficit neurológico. **Nivel de evidencia IV; Serie de Casos.**

Descriptores: Tuberculosis de la Columna Vertebral; Compresión de la Médula Espinal; Disfunción Neurológica.

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

Correspondência: Alderico Girão Campos de Barros. Rua Lauro Muller, 46, ap 812 - Botafogo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP 22290-160. aldericogirao@hotmail.com, mgmed04@yahoo.com.br.



INTRODUÇÃO

A tuberculose (TB) é uma doença infecciosa que existe há milênios e permanece um grande problema de saúde global. Mundialmente, em 2015 houve uma incidência estimada de 10,4 milhões de casos de TB.¹ Aproximadamente 10% dos pacientes com tuberculose extrapulmonar tem envolvimento esquelético, sendo a coluna vertebral o principal segmento ósseo afetado e responsável por cerca de 50% destes casos, seguida pelo quadril e joelho.² Cifose grave pode resultar de muitas condições, incluindo deformidades congênitas, cifose pós-laminectomia, trauma, displasias ósseas, neurofibromatose e doenças granulomatosas.³ TB vertebral tem se tornado uma das principais causas de cifose grave, particularmente nos países em desenvolvimento, quando negligenciada ou tratada de forma tardia.⁴ Sem tratamento, a progressão até uma deformidade estética importante e déficits neurológicos são resultados frequentes.^{5,6}

O objetivo da cirurgia na TB vertebral é primariamente a drenagem do abscesso com remoção do tecido necrótico, descompressão anterior da medula espinhal e estabilização da coluna vertebral e, secundariamente, a correção da deformidade cifótica, prevenindo o desenvolvimento de paraplegia assim como a melhora cosmiética, da função pulmonar e da dor relacionada ao impacto costopélvico. Nos casos de deformidade grave, a vertebrectomia é uma técnica apropriada, possibilitando a descompressão circunferencial e correção da cifose.⁷ Nos últimos anos os cirurgiões de coluna têm cada vez mais adotado a vertebrectomia posterior ou ressecção colunar vertebral posterior (RCVP) no tratamento cirúrgico das deformidades vertebrais rígidas. Segundo a classificação das osteotomias vertebrais de Schwab,⁸ a RCVP de múltiplos níveis encaixa-se como tipo VI, o qual corresponde às osteotomias com maior grau de complexidade, devendo ser utilizada como recurso final na correção das deformidades graves e rígidas, principalmente angulares. A primeira descrição de RCVP foi feita por Suk e cols.,⁹ que mostrou vantagens em relação aos longos procedimentos de ressecção vertebral por dupla via anterior e posterior, como menor tempo cirúrgico e menor número de complicações. A eficácia desta técnica também tem sido demonstrada no tratamento cirúrgico das deformidades pediátricas severas.^{10,11} O presente estudo tem por objetivo avaliar cinco pacientes menores de nove anos com diagnóstico de cifose secundária a TB e déficit neurológico, tratadas pela técnica de RCVP múltiplos níveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Estudo retrospectivo de cinco pacientes, sendo um do sexo masculino e quatro do sexo feminino, portadores de cifose por TB, submetidos à correção cirúrgica da deformidade através de RCVP múltiplos níveis. Todos os pacientes apresentavam o diagnóstico histopatológico confirmado de infecção tuberculosa. A média de idade dos pacientes à época da cirurgia foi de 4,75 anos (1,58 a 8,75). Todos os pacientes possuíam cifose segmentar importante, com angulação média de 89° (42° a 110°). A quantidade média de corpos vertebrais envolvidos pela doença foi de 3,8 (2 a 5). Antes da cirurgia, todos os pacientes tinham sinais de sofrimento medular, sendo que um deles não tinha déficit de força ou sensibilidade (ASIA E), porém havia presença de sinais piramidais e história de quedas, e os outros quatro possuíam algum grau de disfunção sensitivo-motora, com escore ASIA variando de A a D.

Os participantes do estudo, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Todos os pacientes foram submetidos a um exame neurológico seriados, sendo avaliados de acordo com sinais de sofrimento medular como anormalidades da marcha, sinais piramidais e função sensitivo-motora, esta última graduada de acordo com o escore ASIA.¹² Radiografias panorâmicas da coluna em anteroposterior e perfil foram realizadas no pré-operatório, no pós-operatório imediato e em todas as consultas ambulatoriais de seguimento. O ângulo de cifose foi definido na radiografia em perfil como o ângulo entre o platô superior da primeira vértebra morfolologicamente normal acima da deformidade e o platô inferior da primeira vértebra morfolologicamente normal abaixo da deformidade. As medidas foram feitas através do software Surgimap®. (Figura 1)

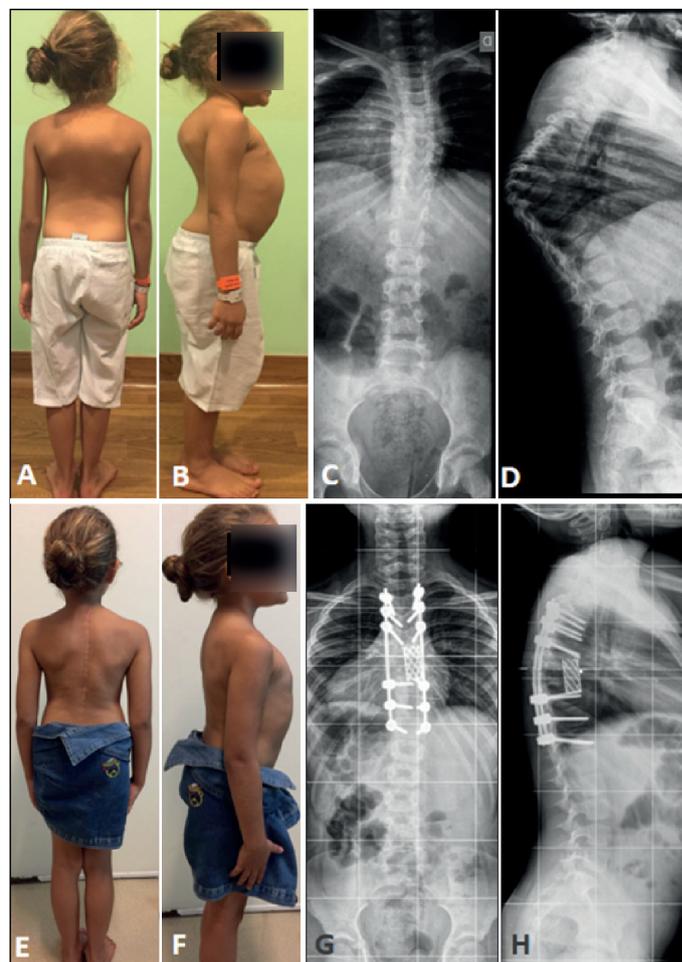


Figura 1. Ilustração do caso 3: criança com oito anos e nove meses, força e sensibilidade preservadas, porém com sinais piramidais presentes e história de quedas. Fotos clínicas (A e B) e radiografias panorâmicas (C e D) pré-operatórias. Fotos clínicas (E e F) e radiografias panorâmicas (G e H) pós-operatórias.

Técnica cirúrgica

Com o paciente sob anestesia geral e monitorização neurofisiológica multimodal, posicionamos o mesmo em decúbito ventral sobre coxins, em mesa radiotransparente. Incisão longitudinal mediana foi feita sobre os níveis de instrumentação planejados. Dissecção subperiosteal com hemostasia meticulosa foi realizada de medial para lateral e, no nível planejado para a RCVP, expõe-se o processo transverso e os 3 a 4 cm mediais da costela posterior correspondente. Foram realizadas facetectomias e instrumentação bipedicular dos níveis a serem artrodesados, geralmente dois a três níveis acima e abaixo do RCVP. Devido às pequenas dimensões vertebrais e objetivando evitar complicações cutâneas, em todos os pacientes foram utilizados implantes de fixação cervical posterior com parafusos e hastes de 3,5mm. Realizou-se laminectomia completa e costotransversectomia nos níveis a serem ressecados, após confirmação fluoroscópica. Antes de iniciarmos a ressecção do corpo vertebral, uma haste provisória contralateral foi colocada como suporte para prevenir uma translocação ou uma possível lesão iatrogênica da medula espinhal. Durante esta etapa deve-se ainda tomar um cuidado maior para se evitar a ocorrência de lesão pleural. Dissecção subperiosteal do corpo vertebral foi iniciada e direcionada anteriormente a partir das faces lateral deste corpo. Afastadores maleáveis foram utilizados para proteger a pleura e os grandes vasos durante esta manobra. Durante a dissecção e exposição da parede lateral do corpo vertebral a hemostasia deve ser meticulosa, evitando-se a lesão de vasos segmentares. O corpo vertebral e os discos intervertebrais são removidos. Para completar a ressecção, a haste de fixação temporária é permutada de lado e o corpo vertebral contralateral remanescente é ressecado da mesma forma. A correção da deformidade é realizada

através da modelagem das hastes *in situ* e pela troca de hastes provisórias hipomodeladas para a forma desejada uma a uma. Para evitar distração inadvertida da medula espinhal e dos elementos neurais, a coluna deve ser inicialmente encurtada pela leve compressão sobre o *gap* ressecado. Após obtida a correção, as hastes provisórias são substituídas uma a uma pelas hastes definitivas, para evitar a perda da correção. O *gap* anterior remanescente foi preenchido com enxerto ósseo autólogo contido dentro de uma cesta de titânio. (Figura 2) Artrodese anterior ou circunferencial foi realizada ao nível da osteotomia, e fusão posterior realizada em todos os níveis instrumentados. Após colocação do enxerto posterior, a ferida cirúrgica é fechada por planos, sendo instalado um dreno de sucção subcutâneo.

RESULTADOS

A média de deformidade residual, em graus, após correção no plano sagital foi de 55,7° (11° a 78°), com uma taxa média de correção de 62,6% (26,2 a 81,7%). A média de tempo de procedimento foi de 359 minutos (270 a 530 minutos). A média de seguimento dos pacientes foi de 29 meses (11 a 53 meses). Complicações ocorreram em três pacientes, incluindo duas deiscências de sutura, um pneumotórax e uma pneumonia. (Figura 3) O tempo médio de internação pós-operatória de 21,2 dias (15 a 32 dias). O exame neurológico dos pacientes foi registrado no pré-operatório e no seguimento pós-cirúrgico. Quatro pacientes apresentaram melhora da escala neurológica ASIA e um deles apresenta manutenção do déficit neurológico até o último seguimento. (Tabela 1) Tomografia computadorizada realizada 6 meses após a cirurgia evidenciou consolidação óssea no interior da cesta de titânio em todos os cinco pacientes. (Figura 4)

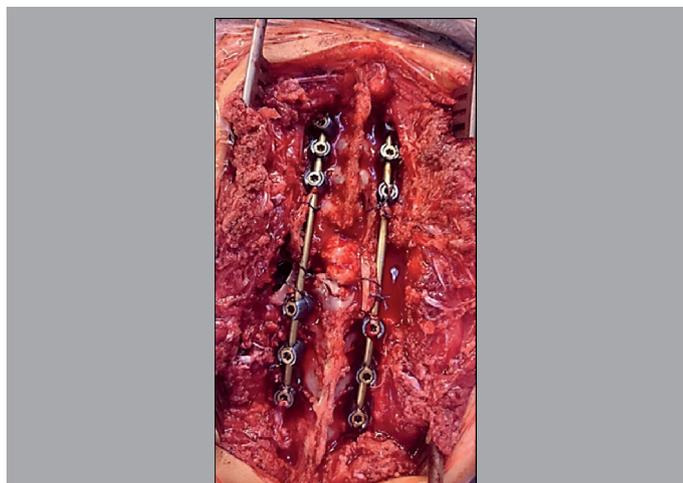


Figura 2. Foto clínica intra-operatória após artrodese e correção final. Notar descompressão medular circunferencial e enxerto acessório costela para reforço posterior da artrodese.



Figura 3. Ilustração do caso 5: fotos pré-operatórias (A e B) mostrando paciente com cifose torácica significativa e com incapacidade de ficar de pé. Foto pós-operatória (C) ilustrando a deiscência de sutura secundária à necrose cutânea (C). Fotos do pós-operatório tardio (D e E) com a paciente apresentando melhora da função motora de membros inferiores, correção clínica importante da cifose e boa cicatrização da ferida operatória.

Tabela 1. Resultados clínicos e radiológicos da correção por RCVP múltiplos níveis na cifose por TB em crianças.

Nº do caso	Idade/sexo	Seguimento (meses)	Segmento afetado	Sinais radiológicos de coluna em risco	Tempo de cirurgia (minutos)	Tempo de internação Pós-operatória (dias)	Cobb pré/pós	ASIA pré/pós	Fusão na TC 6m pós-op
							Taxa de correção		
1	4y7m / M	28	T7-T8	2	290 min	15	42° / 31° 26.2%	C / E	+
2	1y7m / F	11	T3-T6	4	275 min	32	105° / 27° 74.3%	A / A	+
3	8y9m / F	10	T5-T9	2	430 min	19	95° / 42° 56%	E / E	+
4	5y11m / F	53	T3-T6	4	530 min	20	110° / 78° 29%	C / D	+
5	2y11m / F	43	T6-T9	3	270 min	20	93° / 17° 81.7%	B / E	+

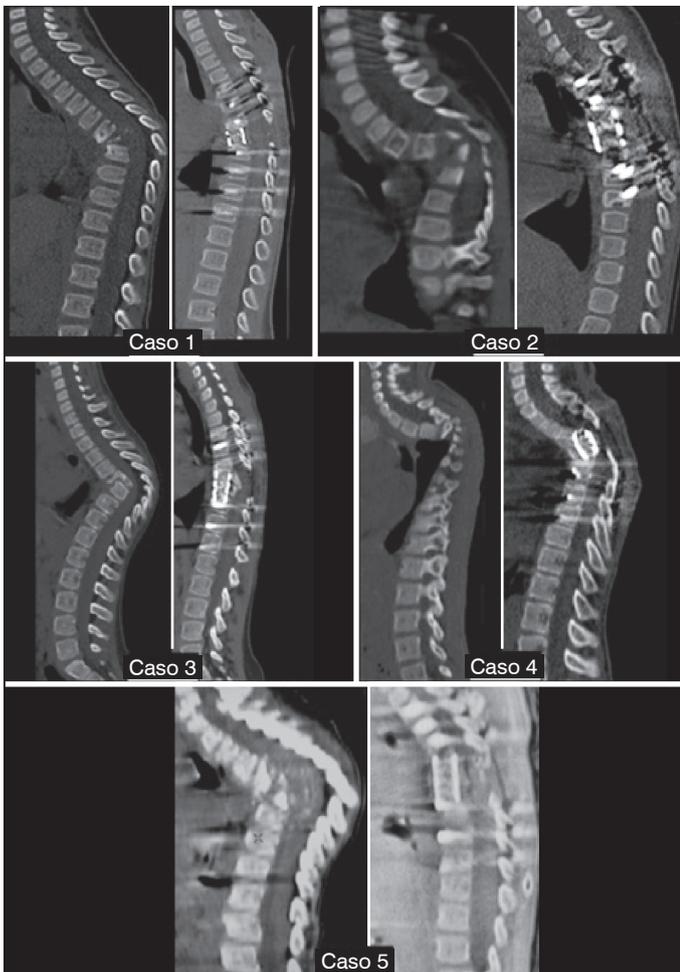


Figura 4. Reconstruções sagitais de TC pré-operatórias e com 6 meses de pós-operatório de todos os pacientes, evidenciando a consolidação óssea da artrodese.

DISCUSSÃO

Dentre as várias causas de deformidade cifótica grave, a TB vertebral tem se mostrado bastante comum, principalmente nos países em desenvolvimento. O processo infeccioso nesta patologia usualmente destrói as colunas anterior e média das vértebras acometidas assim como causa dano às placas de crescimento na criança, ao mesmo tempo que a coluna posterior mantém seu crescimento, resultando assim no desenvolvimento da cifose. Quando esta cifose atinge graus elevados, pode induzir a ocorrência de danos neurológicos e até paralisia, além de impacto estético importante.^{13,14} A maioria das TB vertebrais respondem bem ao tratamento medicamentoso e com o advento e disponibilidade das potentes drogas tuberculostáticas, o tratamento cirúrgico fica reservado aos pacientes com déficit neurológico, instabilidade vertebral e falha no tratamento conservador.¹ A gravidade da deformidade na TB vertebral depende da extensão da destruição óssea, do segmento vertebral acometido e da idade do paciente, sendo as deformidades mais graves vistas em crianças jovens e nas lesões envolvendo a coluna torácica e toracolombar. Nos últimos anos tem sido utilizado os critérios de instabilidade proposto por Rajasekaran,

estes auxiliam na decisão entre o tratamento clínico e cirúrgico, objetivando a prevenção de cifose e déficit. Este autor propôs os seguintes sinais radiológicos de coluna em risco: separação das articulações facetárias, retropulsão posterior do segmento doente, translação lateral da coluna vertebral e “toppling”. Cada um destes sinais soma 1 ponto, com o somatório máximo de 4 pontos. Pacientes com idade abaixo de 7 anos, destruição de mais de 2 corpos vertebrais e 2 ou mais sinais radiológicos de instabilidade são indicativos de intervenção cirúrgica.¹⁵ Nas crianças, a deformidade pode continuar a progredir durante o crescimento mesmo após a cura da infecção, sendo necessário o seguimento clínico e radiológico até a maturidade esquelética.¹⁶

Tradicionalmente, tratamento cirúrgico da TB vertebral é realizado através descompressão, debridamento e suporte mecânico por via anterior, podendo ser complementado por artrodese posterior. No passado, o reestabelecimento do suporte mecânico era realizado através de enxertos estruturais, geralmente de fíbula ou costela. Nas últimas décadas os implantes metálicos vantagens biomecânicas e menor adesividade do bacilo da tuberculose em implantes metálicos,^{17,18} possibilitando assim o uso de “cages” metálicos preenchidos por enxerto autólogo como suporte para a artrodese anterior. Estudos mostram que a abordagem anterior à coluna se associa com maior morbidade e maior comprometimento da função pulmonar pós-operatória.^{19,20} Utilizando-se a técnica de RCVP, é possível obter-se a descompressão circunferencial total e flexibilização, sem agregar a morbidade associada a uma toracotomia anterior. Bumpass e cols.²¹ relataram que, em pacientes pediátricos, a PVCR resulta numa pequena, mas significativa melhora nos testes de função respiratória, principalmente naqueles pacientes com maior potencial de crescimento pulmonar e da caixa torácica antes da cirurgia. Sabemos que, apesar dos excelentes resultados radiográficos, a RCVP é um procedimento tecnicamente complexo e desafiador, estando associado a uma taxa elevada de complicações, em torno de 59%.²²

Há poucos relatos na literatura referentes aos resultados de RCVP múltiplos níveis em crianças menores de 9 anos, principalmente por TB vertebral. Como limitações do presente trabalho podemos citar o número restrito de casos, a falta de um grupo controle e de um seguimento pós-operatório maior. A fusão da coluna torácica em crianças jovens pode comprometer o desenvolvimento pulmonar e o tamanho final da caixa torácica, sendo sempre uma preocupação pertinente.²³ Diante da gravidade dos casos e da presença de déficit neurológico já estabelecido em todos os pacientes do nosso estudo, optamos pela descompressão medular associada à artrodese posterior, envolvendo, no mínimo dois segmentos vertebrais proximais e distais, para fornecer estabilidade suficiente à ostetomia, alcançando uma coluna vertebral sem deformidade ou compressão medular. Sabemos da possibilidade de repercussões futuras na função respiratória dessas crianças, porém diante desse complexo contexto optamos por priorizar a resolução do déficit neurológico e da deformidade.

CONCLUSÃO

A RCVP múltiplos níveis se mostrou uma opção segura e eficaz no tratamento da cifose na TB vertebral em crianças jovens com déficit neurológico.

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. AGCB (0000-0002-8337-7676)*, LECTS (0000-0003-2631-5492)*, MGSP (0000-0002-5728-4273)*, ALLB (0000-0002-6517-4285)*, LRC (0000-0002-7705-546X)*, declaram que todos participaram ativamente na discussão dos resultados, revisão e aprovação da versão final do trabalho. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

- World Health Organization. Guidelines for treatment of tuberculosis [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2016 [cited 2015 Jul 27]. Available from: <http://www.who.int/tb/publications/2010/9789241547833/en/>.
- Gautam MP, Karki P, Rijal S, Singh R. Pott's spine and Pott's paraplegia. JNMA J Nepal Med Assoc. 2005;44(159):106–15.
- Macagno AE, O'Brien MF. Thoracic and thoracolumbar kyphosis in adults. Spine (Phila Pa 1976). 2006;31(suppl 19):s161–70.
- Pappou IP, Papadopoulos EC, Swanson AN, Mermer MJ, Fantini GA, Urban MK, et al. Pott disease in the

- thoracolumbar spine with marked kyphosis and progressive paraplegia necessitating posterior vertebral column resection and anterior reconstruction with cage. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(4):E123-7.
5. Smith-Peterson MN, Larsen CB, Aufranc OE. Osteotomy of the spine for correction of flexion deformity in rheumatoid arthritis. *Clin Orthop Relat Res*. 1969;66:6-9.
 6. Schettino LC, Carelli LE, Barbosa MO. Tuberculose vertebral: análise descritiva de uma série de casos submetidos a tratamento cirúrgico. *Coluna/Columna*. 2010;9(2):119-25.
 7. Boachie-Adjei O, Papadopoulos EC, Pellisé F, Cunningham ME, Perez-Grueso FS, Gupta M, et al. Late treatment of tuberculosis-associated kyphosis: literature review and experience from a SRS-GOP site. *Eur Spine J*. 2013;22 (Suppl 4):S641-6.
 8. Schwab F, Blondel B, Chay E, Demakakors J, Lenke L, Tropiano P, et al. The comprehensive anatomical spinal osteotomy classification. *Neurosurgery*. 2014;74(1):112-20.
 9. Suk SI, Kim JH, Kim WJ, Lee SM, Chung ER, Nah KH. Posterior vertebral column resection for severe spinal deformities. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(21):2374-82.
 10. Lenke LG, O'Leary PT, Bridwell KH, Sides BA, Koester LA, Blanke KM. Posterior vertebral column resection for severe pediatric deformity: minimum two-year follow-up of thirty-five consecutive patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(20):2213-21.
 11. Chang DG, Yang JH, Lee JH, Kim JH, Suh SW, Kim YH, et al. Pediatric Posterior Vertebral Column Resection (PVCR): Before and After Ten Years of Age. Greater Than 10-Year Follow-Up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(21):1271-8.
 12. American Spinal Injury Association. International standards for neurological classification of spine injury. Atlanta,GA: Author; 2008.
 13. Rajasekaran S, Vijay K, Shetty AP. Single-stage closing-opening wedge osteotomy of spine to correct severe post-tubercular kyphotic deformities of the spine: a 3-year follow-up of 17 patients. *Eur Spine J*. 2010;19(4):583-92.
 14. Wang Y, Zhang Y, Zhang X, Huang P, Xiao S, Wang Z, et al. A single posterior approach for multilevel modified vertebral column resection in adults with severe rigid congenital kyphoscoliosis: a retrospective study of 13 cases. *Eur Spine J*. 2008;17(3):361-72.
 15. Rajasekaran S. Buckling collapse of the spine in childhood spinal tuberculosis. *Clin Orthop Relat Res*. 2007;460:86-92.
 16. Rajasekaran S. Natural history of Pott's kyphosis. *Eur Spine J*. 2013;22(suppl 4):S634-40.
 17. Ha KY, Chung YG, Ryoo SJ. Adherence and biofilm formation of *Staphylococcus epidermidis* and *Mycobacterium tuberculosis* on various spine implants. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(1):38-43.
 18. Oga M, Arizono T, Takasita M, Sugioka Y. Evaluation of the risk of instrumentation as a foreign body in spinal tuberculosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(13):1890-4.
 19. Newton PO, Perry A, Bastrom TP, Lenke LG, Betz RR, Clements D, et al. Predictors of change in postoperative pulmonary function in adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study of 254 patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(17):1875-82.
 20. Kim YJ, Lenke LG, Bridwell KH, Cheh G, Sides B, Whorton J. Prospective pulmonary function comparison of anterior spinal fusion in adolescent idiopathic scoliosis: thoracotomy versus thoracoabdominal approach. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(10):1055-60.
 21. Bumpass DB, Lenke LG, Bridwell KH, Stallbaumer JJ, Kim YJ, Wallendorf MJ, et al. Pulmonary Function Improvement After Vertebral Column Resection for Severe Spinal Deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39(7):587-95.
 22. Lenke LG, Newton PO, Sucato DJ, Suffleberger HL, Emans JB, Sponseller PD, et al. Complications after 147 consecutive vertebral column resections for severe pediatric spinal deformity: a multicenter analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(2):119-32.
 23. Goldberg CJ, Gillic I, Connaughton O, Moore DP, Fogarty EE, Canny GJ, et al. Respiratory Function and Cosmesis at Maturity in Infantile-onset Scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28(20):2397-406.