

ARTIGO ORIGINAL/ORIGINAL ARTICLE/ARTÍCULO ORIGINAL

TRATAMENTO DA ESCOLIOSE EM CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL UTILIZANDO A PRÓTESE VERTICAL EXPANSÍVEL DE TITÂNIO PARA COSTELA (VEPTR)

TREATMENT OF SCOLIOSIS IN CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY USING THE VERTICAL EXPANDABLE PROSTHETIC TITANIUM RIB (VEPTR)

TRATAMIENTO DE LA ESCOLIOSIS EN NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL MEDIANTE LA PRÓTESIS VERTICAL EXPANSIBLE DE TITANIO PARA LAS COSTILLAS (VEPTR)

KIYOMORI DE QUENTAL TYBA¹, PAULO TADEU MAIA CAVALI², MARCUS ALEXANDRE MELLO SANTOS³, ALEXANDER JUNQUEIRA ROSSATO³, MAURICIO ANTONELLI LEHOCZKI³, MARCELO ITALO RISSO-NETO⁴, IVAN GUIDOLIN VEIGA⁴, ELCIO LANDIM⁵.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o uso da prótese vertical expansível de titânio (VEPTR) como opção de tratamento inicial da escoliose em crianças de baixa idade portadoras de paralisia cerebral. **Métodos:** Foram avaliados 10 pacientes portadores de paralisia cerebral (PC) tratados com VEPTR pelo grupo de escoliose da AACD de São Paulo. Caracterizavam-se por imaturidade esquelética e escoliose progressiva; sem deformidade grave no plano sagital. Realizamos avaliação da curva pelo método de Cobb no pré e pós-operatório e após dois anos de seguimento. **Resultados:** A correção obtida com o uso do VEPTR no pós-operatório imediato foi em média de 41,4% nas radiografias iniciais sem tração ($p = 0,005$) e 9,1% ($p = 0,055$) nas radiografias com tração. Após quatro meses de pós-operatório mantiveram-se ganhos de 27,2% com relação ao início. Houve correção da obliquidade pélvica de 10,2° no pré-operatório para 5,4° em média ($p = 0,007$). As complicações ocorreram em seis pacientes (60%) e em apenas um paciente foi necessária a retirada do VEPTR. **Conclusão:** O VEPTR é um método que obteve correção significativa no tratamento provisório das escolioses na PC, apesar de frequentes complicações de baixa morbidade.

Descritores: Escoliose/terapia; Fusão vertebral/métodos; Fusão vertebral/instrumentação; Próteses e implantes.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the use of vertical expandable prosthetic titanium rib (VEPTR) as an option for initial treatment of scoliosis in younger children with cerebral palsy. **Methods:** We evaluated 10 patients with cerebral palsy (CP) treated with VEPTR by the group of scoliosis of the AACD in Sao Paulo. The characteristics of the subjects were progressive scoliosis and skeletal immaturity without severe deformity in the sagittal plane. We evaluated the curve by the Cobb method pre-and postoperatively and after two years of follow up. **Results:** The correction achieved with the use of VEPTR in the immediate postoperative period was on average 41.4% on initial radiographs without traction ($p=0.005$) and 9.1% ($p=0.055$) in the traction radiographs. Four months after surgery the gains of 27.2% were maintained compared to the baseline. There was a correction of pelvic obliquity from 10.2° preoperatively to 5.4° on average ($p=0.007$). Complications occurred in six patients (60%), and only one patient required removal of the VEPTR. **Conclusion:** The VEPTR is a method that has obtained significant correction in the temporary treatment of Scoliosis in PC, despite frequent complications with low morbidity.

Keywords: Scoliosis/therapy; Spinal fusion/methods; Spinal fusion/instrumentation; Prostheses and implants.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el uso de la prótesis vertical expansible de titanio (VEPTR) como opción de tratamiento inicial para la escoliosis en niños pequeños con parálisis cerebral. **Métodos:** 10 pacientes con parálisis cerebral (PC) fueron evaluados y tratados con VEPTR por el grupo de escoliosis de la AACD en Sao Paulo. Caracterizados por escoliosis progresiva inmadurez esquelética, sin deformidad grave en el plano sagital. Se evaluó la curva por el método de Cobb en el preoperatorio, posoperatorio, y después de dos años de seguimiento. **Resultados:** La corrección, obtenida con el uso de VEPTR en el posoperatorio inmediato, fue en promedio 41,4% en relación a las radiografías iniciales sin tracción ($p = 0,005$) y 9,1% ($p = 0,055$) en comparación a las radiografías con tracción. Después de cuatro meses de la intervención fueron mantenidas mejoras de 27,2% con respecto a las iniciales. Hubo una corrección de la oblicuidad pélvica de 10,2 ° en el preoperatorio para 5,4 ° en promedio ($p = 0,007$). Las complicaciones ocurrieron en seis pacientes (60%), y sólo uno de ellos necesitó retirada de VEPTR. **Conclusión:** El VEPTR es un método que ha obtenido corrección significativa en el tratamiento temporal de la escoliosis en el PC, pesar de las complicaciones frecuentes con una baja morbilidad.

Descriptores: Escoliosis/terapia; Fusión espinal/métodos; Fusión espinal/instrumentación, Prótesis e implantes.

1. Estagiário da Disciplina de Cirurgia de Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente – AACD – São Paulo.

2. Médico Assistente da Disciplina de Cirurgia de Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, e do Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente – AACD – São Paulo.

3. Médico Assistente do Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente – AACD – São Paulo.

4. Médico Assistente da Disciplina de Cirurgia de Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

5. Professor e Chefe da Disciplina de Cirurgia da Coluna do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP e Chefe do Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente – AACD. São Paulo.

Trabalho realizado no Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente (AACD) São Paulo, SP, Brasil.

Correspondência: Av Prof. Ascendino Reis, 724, Ibirapuera. CEP 04027-000- SP, Brasil. Email: tybaortopedia@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

A paralisia cerebral (PC) é uma doença encefálica não progressiva, causada por lesão no cérebro nos primeiros estágios do seu desenvolvimento, resultando numa permanente deficiência motora¹.

A deformidade vertebral em pacientes com PC é de causa multifatorial, fraqueza muscular, espasticidade e controle muscular ineficiente²⁻¹¹, progredindo mesmo após a maturidade^{9,9}. Cerca de 20% a 25% dos casos de PC apresentam deformidades vertebrais, sendo 74% quadriparético espástico¹. Essas deformidades quando não tratadas resultam em curvas de grandes magnitudes acompanhadas de obliquidade pélvica (OP), e leva a complicações clínicas e de posicionamento^{9,12}.

O tratamento com órteses em pacientes com PC é pouco eficaz, pode provocar lesões de pele, aumentar o refluxo gastroesofágico e em alguns casos alterar o padrão respiratório^{13,14}. A correção cirúrgica com artrodese e instrumentação tem resultado significativo na melhora da qualidade de vida, proporciona correção da deformidade e previne sua progressão, porém de indicação restrita em crianças imaturas, menores de cinco anos compromete o comprimento do tronco e pode reduzir em até 50% da capacidade pulmonar no final da maturidade¹⁴.

Harrington descreveu pela primeira vez a estabilização da coluna sem fusão, com o intuito de permitir o desenvolvimento da coluna e impedir a progressão. Os resultados foram insatisfatórios com fusões parciais causadas pela dissecação subperiosteal da musculatura paravertebral, solturas e quebras do material de síntese. *Campbell* criou o dispositivo *Vertical Expandable Prosthetic Titanium Rib (VEPTR)* (*Synthes Spine Co*[®], *West Chester, Pennsylvania, USA*) ou Prótese Vertical Expansível de Titânio com o objetivo de tratar ou prevenir a Síndrome de insuficiência torácica (TIS). Este implante permite a estabilização indireta da coluna sem fusão, com fixação na costela, lâmina ou pelve possibilitando o alongamento do sistema. As deformidades do tórax ou coluna que diminui o volume torácico interferem diretamente no desenvolvimento pulmonar. Ao longo dos anos, a diminuição volumétrica do parênquima pulmonar e dos alvéolos leva a TIS¹⁵.

Hell *et al.*¹⁶ avaliaram seis pacientes com escoliose neuromuscular tratados com VEPTR evidenciando bons resultados clínicos e ortopédicos, porém há poucos relatos na literatura sobre o uso do VEPTR em pacientes com PC.

O objetivo deste estudo é avaliar o uso do VEPTR como opção de tratamento inicial da escoliose em crianças de baixa idade portadores de paralisia cerebral.

MATERIAIS E MÉTODOS

Entre os anos de 2005 a 2009, 12 pacientes com PC foram submetidos pelo Grupo de Escoliose da Associação de Assistência à Criança Deficiente de São Paulo (AACD) à tratamento de escoliose com VEPTR. Dez pacientes preencheram os critérios: Portadores de PC, imaturidade esquelética e escoliose progressiva documentada. Os pacientes que apresentavam deformidades graves no plano sagital ou não possuíam radiografias adequadas foram excluídos deste estudo.

Avaliação pré-operatória e pós-operatória

Neste estudo consideraram-se as variáveis: idade, sexo, tipo de Paralisia Cerebral, magnitude da escoliose pelo método de Cobb, flexibilidade da deformidade, obliquidade pélvica, correção da curva no pós-operatório imediato, valores do Cobb na primeira distração e após dois anos de seguimento; complicações pós-operatórias como infecções superficiais, profundas e soltura do material de síntese. Consideramos superficiais as infecções onde não havia exposições do material de síntese e que obtivemos cura com o uso de antibioticoterapia e curativos, sem a necessidade de procedimento cirúrgico. As infecções profundas necessitaram de tratamento cirúrgico e em um caso retirada do material de síntese.

Realizamos radiografias panorâmicas pré e pós-operatória nas incidências posterior-anterior, perfil em posição sentada e radiografias em tração para avaliar a flexibilidade da deformidade.

Na análise estatística foram utilizados os *softwares*: *SPSS V16*, *Minitab 15* e *Excel Office 2007*. Realizamos testes e técnicas estatísticas não paramétricas: teste de *Wilcoxon*, *Mann-Whitney* e *Friedman*.

Tabela 1. Dados pré-operatório dos pacientes.

Paciente	Sexo	Idade	Cobb	Cobb com Tração	Obliquidade pélvica
1	M	7	70°	55°	5
2	M	8	53°	35°	28
3	M	9	50°	30°	0
4	M	5	40°	25°	5
5	M	7	30°	15°	10
6	M	7	75°	60°	28
7	F	8	55°	30°	7
8	M	8	50°	35°	10
9	F	4	40°	20°	5
10	F	6	30°	13°	4

TÉCNICA CIRÚRGICA

Os pacientes foram submetidos à anestesia geral inalatória, posicionados em decúbito ventral com apoios de silicone torácico e ilíaco. Foi realizada montagem bilateral do tipo Costela-ilíaco (Figura 1) e encaminhados a UTI no pós-operatório imediato. Mantivemos a profilaxia antibiótica por 48h com cefalotina 100mg/kg/dia. A cada quatro meses aproximadamente os pacientes foram submetidos ao alongamento do sistema (Figura 2), realizado em centro cirúrgico, seguindo o mesmo protocolo de antibioticoterapia, sem necessidade de UTI. Não houve a necessidade de órteses ou proteções externas, retornando ao tratamento de reabilitação após a cicatrização da ferida operatória.

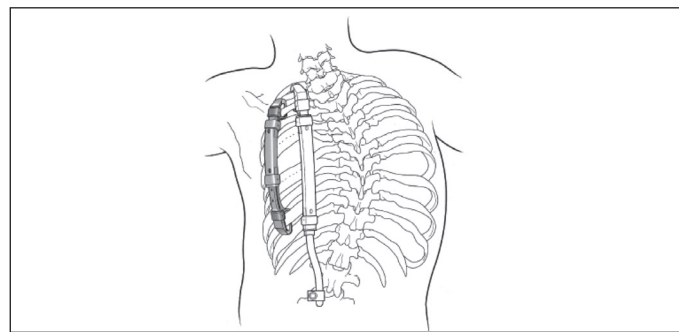


Figura 1. Montagem habitualmente realizada na concavidade da escoliose. *Campbell*¹⁵ 2004.

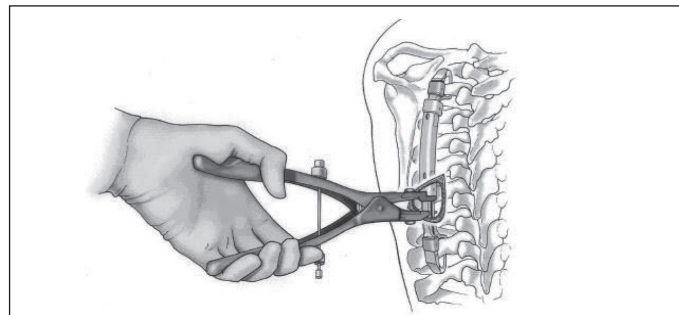


Figura 2. Distração do sistema. *Campbell*, 2004¹⁵

RESULTADOS

Dos dez pacientes estudados, 70% eram do sexo masculino e 30% do sexo feminino, a idade variou de quatro a nove anos, com média de 6,9 anos. Todos os pacientes tinham paralisia cerebral do tipo quadriparético espástico.

Os valores dos ângulos de Cobb encontrados nas radiografias pré-operatórias variaram de 30° a 75°, com média de 49,3°. A média dos valores de Cobb registrada nas radiografias com tração foi de 31,8°, com variação de 13° a 60°. A flexibilidade das curvas foi de 35,5%. A obliquidade pélvica inicial média foi de 10,2° (0° a 28°) (Figura 3).

No pós-operatório imediato os valores de Cobb variaram de 15° a 52° com média de 28,9°, houve correção de 41,4% em relação as radiografias iniciais sem tração ($p=0,005$) e ocorreram ganhos de 9,1% ($p=0,055$) sobre as radiografias com tração, com diferença estatisticamente significativa. A OP inicial apresentava 10,2° de média diminuindo para 5,4° no pós-operatório imediato ($p=0,007$). Após aproximadamente quatro meses foram obtidos novos dados durante o primeiro alongamento do sistema; onde o Cobb variou de 13° a 57° com média de 35,9°; houve perda de 14,2% de correção obtida no pós-operatório imediato, porém manteve ganhos totais de 27,2% ($p=0,007$) (Figura 4).

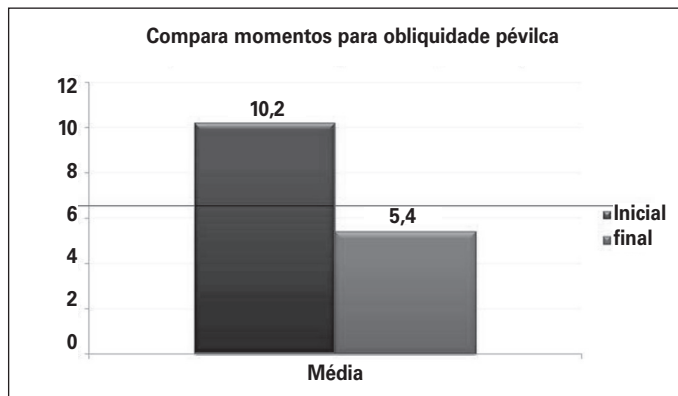


Figura 3. Compara Momentos para Obliquidade pélvica.

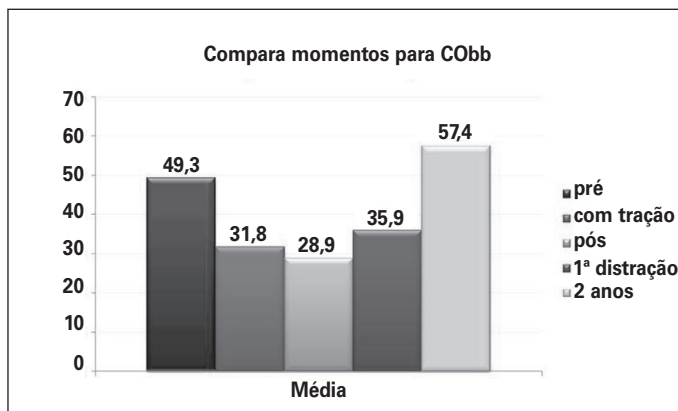


Figura 4. Compara Momentos para Cobb;

Dos dez pacientes estudados, sete tiveram seguimento por no mínimo dois anos, durante esse período houve progressão média de 6,3°. A maior progressão foi de 30° no paciente que por problemas clínicos, não foi realizado os alongamentos nas datas previstas e dois pacientes com o menor Cobb inicial de 30° manteve a correção de 50 e 40% respectivamente após os dois anos de seguimento (Figura 5).

As complicações ocorreram em seis pacientes (60%), sendo quatro infecções superficiais, e um dos pacientes também apresentou soltura do gancho da costela; estes pacientes foram tratados com antibioticoterapia endovenoso e curativo hospitalar, poste-

riormente antibioticoterapia oral. Dois pacientes evoluíram com soltura do gancho da costela, sendo necessária a recolocação. Um paciente evoluiu com infecção profunda, obteve cura após a retirada do VEPTR, estes pacientes apresentavam o Cobb superior à média geral, porém sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,073$) (Figura 6).

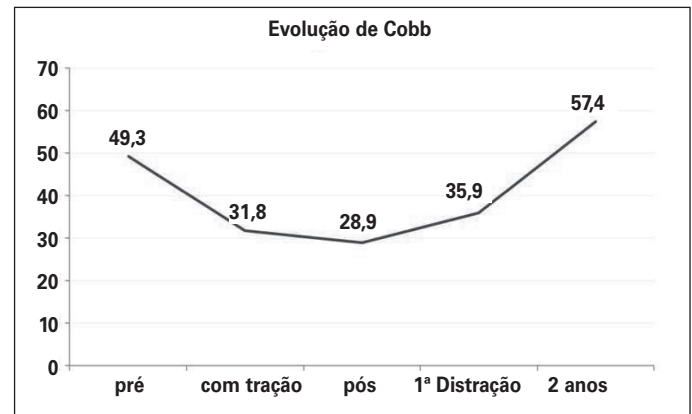


Figura 5. Evolução de Cobb.

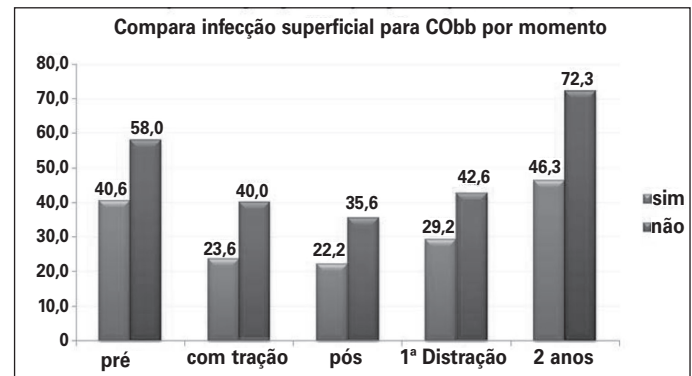


Figura 6. Compara Infecção Superficial para Cobb por Momento.

DISCUSSÃO

O VEPTR foi desenvolvido inicialmente para o tratamento da síndrome de insuficiência torácica causada por deformidades na coluna dorsal ou caixa torácica¹⁵, permitindo o desenvolvimento do tronco. Alguns estudos encontraram outras aplicações na escoliose congênita^{16,17}, e como tutor interno na escoliose neuromuscular¹⁸. É um desafio o tratamento das deformidades nestes pacientes, podendo haver progressão da curva após a maturidade^{5,8}. O uso de órtese é pouco eficaz, não muda a história natural, pode causar lesões de pele, aumento do refluxo gastroesofágico e diminui a mobilidade^{13,14}.

A artrodesse é o tratamento indicado nos pacientes com curvas progressivas, de grande magnitude ou quando há perda do balanço sagital e/ou coronal. O objetivo do tratamento é melhorar a qualidade de vida, o posicionamento sentado e as atividades da vida diária. Desde 1976 a instrumentação de Luque é utilizada. Allen e Ferguson descreveram o uso dessa instrumentação com a técnica de Galveston que possibilitou a melhor fixação e correção da OP, proporcionando melhor posicionamento¹⁹. O maior estudo envolvendo instrumentação segmentar em pacientes quadriparético espástico apresentou correção de 54% da escoliose no pós-operatório imediato, porém após quatro anos 33% apresentou progressão da deformidade; 75% dos pacientes que apresentaram perda da correção eram esqueleticamente imaturos⁹. Trabalhos realizados com instrumentação de terceira geração mostraram maiores correções,

com menor progressão da deformidade e nos pós-operatórios índices menores de complicações²⁰. Atualmente a artrodese com instrumentação pedicular é considerada o tratamento de escolha nas escolioses neuromusculares.

Campbell *et al.* mostra que a artrodese vertebral realizada em crianças de até 5 anos poderia reduzir até 50% a capacidade pulmonar no final da maturidade. Não sendo recomendada em crianças menores de oito anos¹⁵.

O uso do VEPTR é uma opção de tratamento sem fusão provisório para pacientes com PC imaturos, pois permite o crescimento do tronco, proporciona correção parcial das deformidades. Neste estudo os 10 pacientes obtiveram correção satisfatória no pós-operatório imediato com média de 41,4%, chegando em 66,7% em um caso; em oito pacientes foram superiores ao Cobb obtido com tração (Figura 4). Em um estudo realizado por Campbell *et al.*¹⁵ com 41 pacientes houve correção média de 33%; dados semelhantes foram encontrados em outros estudos com pacientes portadores de TIS^{21,22}. Após quatro meses houve perda de 14,2% de correção obtida inicialmente, porém manteve ganho de 27,2% em relação as radiografias pré-operatórias. Após dois anos de seguimento a progressão média foi de 6,3°, a maior progressão ocorreu em um paciente que por patologias clínicas não foi possível realizar os alongamentos. A perda da correção inicial é esperada, são realizados alongamentos do sistema de quatro a seis meses que permite a correção da deformidade ao longo dos anos com o crescimento do tronco de forma equilibrada. A diminuição da OP média de 10,2° inicial para 5,4° no pós-operatório imediato proporciona melhora na habilidade de sentar.

A progressão da deformidade é frequente e precoce¹, tratamos cirurgicamente dois pacientes com ângulo de Cobb de 30° que apresentavam intolerância ao uso de órtese, dificuldade para sentar e pouca idade.

Essa técnica é pouco invasiva e apresenta vantagens em relação as demais formas de instrumentação sem fusão. Permite um acesso paravertebral sem desperiostização da coluna, sem provocar a fusão vertebral. O alongamento é realizado através de simples procedimento com pequenas incisões sem a necessidade do uso de imobilização externa. A técnica com instrumentação sem fusão desenvolvida anteriormente por Harrington²³ (1962), Marchetti *et al.*²⁴ e Moe *et al.*¹⁷ na década de setenta e oitenta respectivamente não apresentou bons resultados. Muitos casos evoluíram com fusão vertebral devido a desperiostização, era necessário o uso de proteção externa e frequentemente apresentavam soltura dos ganchos nos extremos distais da instrumentação²³.

O VEPTR é um sistema que possui baixa capacidade de moldar os contornos sagitais anormais, contra-indicando o uso nesses casos.

REFERÊNCIAS

1. Tsirikos AI, Spielmann P. Spinal deformity in paediatric patient with cerebral palsy. *Curr Orthop Relat Res.* 2007; 21(2) :122-34.
2. Banta JV, Drummond DS, Ferguson RL. The treatment of neuromuscular scoliosis. *Instr Course Lect.* 1999;48:551-62.
3. Herring JA. Disorders of the brain. In: Herring JA, editor. *Tachjian's Pediatric Orthopaedics*. Philadelphia: WB Saunders; 2002. p. 1121-248.
4. Majd ME, Muldowny DS, Holt RT. Natural history of scoliosis in the institutionalized adult cerebral palsy population. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(13):1461-6.
5. Lonstein JE, Akbarnia A. Operative treatment of spinal deformities in patients with cerebral palsy or mental retardation. An analysis of one hundred and seven cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1983;65(1):43-55.
6. Madigan RR, Wallace SL. Scoliosis in the institutionalized cerebral palsy population. *Spine (Phila Pa 1976).* 1981;6(6):583-90.
7. Ferguson RL, Allen BL Jr. Considerations in the treatment of cerebral palsy patients with spinal deformities. *Orthop Clin North Am.* 1988;19(2):419-25.
8. Kalen V, Conklin MM, Sherman FC. Untreated scoliosis in severe cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 1992;12(3):337-40.
9. Comstock CP, Leach J, Wenger DR. Scoliosis in total-body-involvement cerebral palsy. Analysis of surgical treatment and patient and caregiver satisfaction. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998;23(12):1412-24.
10. Cassidy C, Craig CL, Perry A, Karlin LI, Goldberg MJ. A reassessment of spinal stabilization in severe cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 1994;14(6):731-9.
11. Lipton GE, Miller F, Dabney KW, Altiock H, Bachrach SJ. Factors predicting postoperative complications following spinal fusions in children with cerebral palsy. *J Spinal Disord.* 1999;12(3):197-205.
12. Benson ER, Thomson JD, Smith BG, Banta JV. Results and morbidity in a consecutive series of patients undergoing spinal fusion for neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998 Nov 1;23(21):2308-17.
13. Terjesen T, Lange JE, Steen H. Treatment of scoliosis with spinal bracing in quadriplegic cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2000;42(7):448-54.
14. Thomson JD, Banta JV. Scoliosis in cerebral palsy: an overview and recent results. *J Pediatr Orthop B.* 2001;10(1):6-9.
15. Campbell RM Jr, Smith MD, Mayes TC, Mangos JA, Willey-Courand DB, Kose N, *et al.* The

effect of opening wedge thoracostomy on thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(8):1659-74.

Apesar da diminuição da mobilidade torácica os ganhos da capacidade pulmonar são documentados^{15,17,18,24}. Neste estudo a taxa de complicações gerais foi de 60%, quatro infecções superficiais, sendo uma associada a soltura do gancho de costela, uma infecção profunda e dois pacientes evoluíram com soltura do gancho da costela sem infecção. O alto índice de complicações também visto em outros trabalhos. Campbell em 2004 mostrou um estudo realizado com 27 pacientes onde 81% evoluíram com complicações, principalmente com soltura do gancho da costela (26%), e infecção (11%)¹⁷. Outros trabalhos mostraram taxas entre 20% e 35% de complicações^{26,27}. Apesar do alto índice de complicações neste estudo, foi necessária a retirada do VEPTR em apenas um paciente, os demais foram tratados com a relocalização do gancho ou antibioticoterapia e curativos com boa evolução. Apesar de relativamente frequentes, as complicações tiveram baixa morbidade e foram contornáveis sem comprometimento da proposta terapêutica, exceto no paciente que necessitou da retirada do dispositivo de implante por infecção profunda. Estes pacientes apresentavam o Cobb superior à média geral, porém sem diferença estatisticamente significativa ($p=0,073$). Os maiores índices de infecção desse estudo podem ser explicados pelo estado nutricional desses pacientes que geralmente apresentam refluxo gastroesofágico ou outras patologias gastrointestinais, além da espasticidade e menor qualidade óssea. As taxas de soltura dos ganchos foram menores, quando não realizada a desperiostização da costela que diminui os índices de fraturas.

Sabemos que não se trata de um procedimento definitivo, porém alguns casos de baixa idade e esqueleticamente imaturos apresentam deformidades com repercussão funcional negativa. A artrodese nesses casos não permitiria o desenvolvimento do tórax não é a melhor escolha. Nesses casos acreditamos que o VEPTR possa ser uma boa opção de tratamento com correção parcial da curva, melhora do equilíbrio sentado; para que futuramente seja submetido à artrodese definitiva.

CONCLUSÃO

O VEPTR, embora desenvolvido originalmente para o tratamento da Síndrome de Insuficiência Torácica e deformidades congênicas da coluna vertebral, mostrou-se útil no tratamento provisório das escolioses paralíticas, apesar de freqüentes complicações de baixa morbidade. Correções iniciais significativas foram obtidas e mantidas com os sucessivos alongamentos do sistema, também observou-se melhora significativa da OP.

- effect of opening wedge thoracostomy on thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(8):1659-74.
16. Moe JH, Kharrat K, Winter RB, Cummine JL. Harrington instrumentation without fusion plus external orthotic support for the treatment of difficult curvature problems in young children. *Clin Orthop Relat Res.* 1984;(185):35-45.
17. Campbell RM Jr, Hell-Vocke AK. Growth of the thoracic spine in congenital scoliosis after expansion thoracoplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2003;85-A(3):409-20.
18. Hell AK, Campbell RM, Hefti F. The vertical expandable prosthetic titanium rib implant for the treatment of thoracic insufficiency syndrome associated with congenital and neuromuscular scoliosis in young children. *J Pediatr Orthop B.* 2005;14(4):287-93.
19. Allen BL Jr, Ferguson RL. The Galveston technique for L rod instrumentation of the scoliotic spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 1982 May-Jun;7(3):276-84.
20. Oliveira GC, Cavali PTM, Landim E, Santos MAM, Lehoczki MA. Instrumental de 3ª geração no tratamento de escoliose em pacientes com paralisia cerebral tetraparéticos – análise dos resultados clínico e radiográfico Coluna/Columna. 2007;6(4):201-210.
21. Motoyama EK, Deeney VF, Fine GF, Yang CI, Mutich RL, Walczak SA, *et al.* Effects on lung function of multiple expansion thoracoplasty in children with thoracic insufficiency syndrome: a longitudinal study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006;31(3):284-90.
22. Emans JB, Caubet JF, Ordonez CL, Lee EY, Ciarlo M. The treatment of spine and chest wall deformities with fused ribs by expansion thoracostomy and insertion of vertical expandable prosthetic titanium rib: growth of thoracic spine and improvement of lung volumes. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005 Sep 1;30(17 Suppl):S58-68.
23. Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am.* 1962 Jun;44-A:591-610.
24. Marchetti PG, Faldini A. End fusions in the treatment of some progressing or severe scoliosis in childhood or early adolescence. *Orthop Trans.* 1978; 2:271.
25. Liu JM, Shen JX. Advances in nonfusion techniques for the treatment of scoliosis in children *Orthop Surg.* 2010 Nov;2(4):254-9. doi: 10.1111/j.1757-7861.2010.00096.x.