

TÉCNICAS MODERNAS DE INSTRUMENTAÇÃO CERVICAL NO ESQUELETO IMATURO: AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE

MODERN TECHNIQUES OF CERVICAL INSTRUMENTATION IN IMMATURE SKELETON: VIABILITY ASSESSMENT

TÉCNICAS MODERNAS DE INSTRUMENTACIÓN CERVICAL EN EL ESQUELETO INMADURO: EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD

AYRANA SOARES AIRES¹, LUIS EDUARDO CARELLI TEIXEIRA DA SILVA¹, ALDERICO GIRÃO CAMPOS DE BARROS¹, GUSTAVO BORGES LAURINDO DE AZEVEDO¹, CLEITON DIAS NAVES¹

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

RESUMO

Objetivo: Este trabalho descreve o uso de materiais para instrumentação cervical moderna, avaliando sua viabilidade em crianças e adolescentes e as técnicas empregadas em diferentes casos. A eficácia das técnicas foi analisada através da melhora da dor, manutenção do arco de movimento, recuperação da estabilidade crânio-cervical, consolidação óssea e estenose de canal medular no seguimento pós-operatório. **Método:** Estudo retrospectivo dos parâmetros clínicos e radiológicos de 27 pacientes entre dois e 16 anos com doenças da coluna cervical. **Resultados:** Dois pacientes tinham luxação crônica em C1-C2, um tinha espondilolistese congênita do eixo, dois tinham luxação congênita C1-C2, três tinham tumores, um apresentou cifose pós-laminectomia, um tinha cifose pós-infecção, um tinha fratura, 11 eram síndromicos com instabilidades e cinco tinham escoliose congênita. Quanto às vias de acesso, dois foram abordados por via transoral, três por via anterior, 15 por via posterior, dois por via anterior e posterior e cinco foram tratados em três etapas (anterior, posterior e anterior). Com relação à técnica de estabilização cervical, em sete foram utilizadas técnica de Goel-Harms, em dois, distração facetária de Goel e em três, parafusos translaminares de Wright. Houve complicações em quatro casos, dois pacientes na instrumentação da massa lateral de C1 por posicionamento inadequado, um com fístula líquórica e um com infecção da ferida operatória. **Conclusão:** A instrumentação cervical moderna em pacientes pediátricos é uma técnica segura e eficaz para o tratamento de instabilidade cervical.

Descritores: Coluna vertebral; Pediatria; Instrumentação.

ABSTRACT

Objective: This study describes the use of materials for modern cervical instrumentation, evaluating its viability in children and adolescents, and the techniques used in different cases. The efficacy of the techniques was analyzed through improvement of pain, maintenance of cervical range of motion, recovery of craniocervical stability, bone consolidation, and spinal stenosis in the postoperative follow-up. **Method:** Retrospective study of the clinical and radiological parameters of 27 patients aged two to 16 years with cervical spine diseases. **Results:** Two patients had chronic dislocation in C1-C2, one had congenital axis spondylolisthesis, two had congenital dislocation in C1-C2, three had tumors, one had kyphosis after laminectomy, one had post-infection kyphosis, one had fracture, 11 were syndromic with instabilities, and five had congenital cervical scoliosis. As to surgical approaches, two patients were transorally operated, three by anterior approach, 15 by posterior approach, two by anterior and posterior approaches, and five were treated in three stages (anterior, posterior and anterior approaches). Regarding the technique of cervical stabilization, seven patients were treated by Goel-Harms technique, two received Goel's facet distraction, and three, Wright translaminar screws. There were complications in four cases. Two patients in the instrumentation of C1 lateral mass due to poor positioning, one with cerebrospinal fluid fistula and one with surgical wound infection. **Conclusion:** Modern cervical instrumentation in pediatric patients is a safe and effective technique for the treatment of cervical instability.

Keywords: Spine; Pediatrics; Instrumentation.

RESUMEN

Objetivo: Este trabajo describe el uso de materiales para instrumentación cervical moderna, evaluando su viabilidad en niños y adolescentes y las técnicas empleadas en diferentes casos. La eficacia de las técnicas fue analizada a través de la mejora del dolor, mantenimiento del rango de movimiento, recuperación de la estabilidad cráneo-cervical, consolidación ósea y estenosis del canal medular en el seguimiento postoperatorio. **Método:** Estudio retrospectivo de los parámetros clínicos y radiológicos de 27 pacientes entre dos y 16 años con enfermedades de la columna cervical. **Resultados:** Dos pacientes tenían luxación crónica en C1-C2, uno tenía espondilolistesis congénita del eixo, dos tenían luxación congénita C1-C2, tres tenía tumores, uno presentó cifosis post-laminectomía, uno tenía fratura, 11 eran síndromicos con inestabilidades y cinco tenían escoliosis congénita. En cuanto a las vías de acceso, dos fueron abordados por vía transoral, tres por vía anterior, 15 por vía posterior, dos por vía anterior y posterior y cinco fueron tratados en tres etapas (anterior, posterior y anterior). Con respecto a la técnica de estabilización cervical, en siete se utilizó la técnica de Goel-Harms, en dos, distracción facetaria de Goel y en tres, tornillos translaminares de Wright. Se observaron complicaciones en cuatro casos, dos pacientes en la instrumentación de la masa lateral de C1 por mal posicionamiento, uno con fístula de líquido cefalorraquídeo y uno con infección de la herida operatória. **Conclusión:** La instrumentación cervical moderna en pacientes pediátricos es una técnica segura y eficaz para el tratamiento de la inestabilidad cervical.

Descritores: Columna vertebral; Pediatría; Instrumentación.

INTRODUÇÃO

Lesões que acometem a coluna cervical de crianças e adolescentes são lesões relativamente raras, no entanto, quando presentes, representam um desafio pela complexidade do tratamento e possibilidade de complicações catastróficas.

Durante muitos anos, devido à limitação de materiais disponíveis e menor conhecimento biomecânico, muitas lesões eram tratadas de maneira conservadora ou utilizavam-se técnicas de artrodese *in situ*, ou fixações com fios sublaminares que exigiam uso de técnicas complementares, como o uso de imobilização externa. Entretanto, esse tipo de tratamento tinha como consequências: maiores taxas de pseudoartrose, perda de correção cirúrgica com deformidades subsequentes, além da morbidade adicional atribuída ao halo-veste e cirurgias de revisão.¹

Parafusos pediculares são biomecânicamente superiores a outros sistemas de estabilização vertebral e são considerados padrão ouro para estabilização das colunas torácica e lombar.² Embora a viabilidade e vantagens biomecânicas fornecidas por parafusos pediculares na coluna cervical de adultos tenham sido bem demonstradas, a sua utilização na coluna cervical dos pacientes com imaturidade esquelética não ganhou muita popularidade.^{3,4} Isto se dá devido às pequenas dimensões do pedículo, o volume de ossificação, o medo de lesão de estruturas neurovasculares, bem como a anatomia variável da vértebra.⁵

Diversos estudos biomecânicos têm demonstrado que parafusos pediculares oferecem fixação superior aos parafusos de massa lateral. Suas forças relativas de arrancamento em dois estudos foram de 1214 N vs. 332 N (13), e 667 N vs. 355 N (14).⁶

Estruturas ósseas e ligamentares reduzidas e variações anatômicas associadas a anomalias cervicais decorrentes de síndromes, frequentemente complicam a abordagem e limitam o uso de fixação interna. Artrodese cervical em crianças poderia limitar o potencial de crescimento e causar deformidade secundária.

Um amplo espectro de doenças podem levar a indicação de artrodese cervical em crianças, seja por instabilidade ou compressão. Dentre estas, destacam-se as anomalias congênicas e adquiridas. Como exemplo de anormalidades adquiridas temos a luxação cervical inveterada, tumores, cifoses pós-traumáticas e pós-infecciosas e síndrome de Grisel.⁷

Entre as condições congênicas destacam-se em nosso trabalho escolioses congênicas por hemivértebras, ausência do arco posterior de C1 e Hangman congênito.

Indicações para fusão incluem doenças agudas, onde a doença encontra-se em uma fase crítica e intervenção é essencial (fraturas, luxações, tumores), bem como doenças rapidamente progressivas, onde a evolução para instabilidade é imprevisível. Todos os tratamentos visam resolver a doença e obter estabilização da coluna cervical. Em tumores, o objetivo primário do tratamento é a excisão radical, com a estabilização da coluna. Tumores cervicais são menos frequentes em pacientes pediátricos do que na população adulta.

Artrodese cervical deve obter estabilização da coluna, a fim de prevenir e evitar lesões neurológicas, além de deformidades secundárias compensatórias.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi aprovado pelo comitê de ensino e pesquisa do INTO (046/2016). Foram acessados o banco de dados do Instituto Nacional de Traumatologia e Ortopedia nos últimos 10 anos, entre janeiro de 2006 e dezembro de 2016, além da revisão de prontuários de pacientes externos, totalizando 27 pacientes. Por se tratar de estudo retrospectivo dispensa termo de consentimento livre e esclarecido. Nós identificamos pacientes que ao longo desse período haviam sido submetidos a instrumentação cervical moderna e que tinham um *follow up* de pelo menos oito anos. Foram considerados critérios de inclusão: seguimento mínimo de dois anos, idade menor ou igual a 16 anos e realização de instrumentação cervical moderna. Critérios de exclusão foram: artrodese *in situ*, utilização de fios sublaminares e pacientes acima de 16 anos.

Foram identificados através da análise de prontuários 27 pacientes entre dois e 16 anos, idade média de oito anos, sendo 17 do sexo

feminino e 10 do sexo masculino, seguidos em média por seis anos, após realização de instrumentação cervical moderna. A escolha e revisão dos prontuários foi baseada na idade do paciente e aqueles que haviam sido submetidos à instrumentação cervical moderna.

Avaliações radiológicas incluíam radiografias simples da coluna cervical em AP, perfil e transoral em doenças da coluna cervical superior e radiografias em AP e perfil para doenças da coluna cervical subaxial. Tomografia computadorizada foi utilizada em cortes axiais, reconstruções sagitais e coronais para medição das estruturas vertebrais e análise da viabilidade da instrumentação, além do controle pós-operatório do correto posicionamento dos implantes.

Angiotomografias foram utilizadas nos casos de malformações congênicas da junção crânio-vertebral para estudo do trajeto e possíveis anomalias da artéria vertebral.

A ressonância magnética foi usada na avaliação dos casos de malformações, déficits neurológicos e tumores.

A instrumentação da coluna cervical subaxial por via posterior foi feita com o uso de parafusos em massa lateral.

Na coluna cervical alta foram utilizadas as técnicas de Goel-Harms para instrumentação de C1 e C2. Quando o diâmetro da massa lateral, *pars* interarticular, e do pedículo de C2 foram menor que 3,5 mm foi realizada a técnica de expansão pedicular progressiva, com brocas e fresas, como é feito na coluna lombar de esqueletos imaturos. Em um estudo recente, Rinella et al. demonstraram em um cadáver, masculino, pré-adolescente de nove anos de idade, que o pedículo pode ser expandido usando parafusos pediculares sucessivos alcançando diâmetros de até 8,5 mm. O diâmetro interior e exterior dos pedículos dilatados aumentaram 74% e 24% do diâmetro original respectivamente.⁸

Para coluna cervical anterior, quando houve necessidade de corpectomia foi utilizado cage tipo Mesh com diâmetro proporcional ao corpo vertebral do paciente para a reconstrução da coluna anterior.

Nos casos em que houve necessidade de estabilização complementar utilizamos placas bloqueadas de coluna cervical de adultos nas crianças acima de 10 anos. Em crianças abaixo de 10 anos, ou com diâmetro vertebral látero-lateral reduzido, utilizamos mini-placas de osteossíntese crânio-maxilo-facial. (Figura 1)

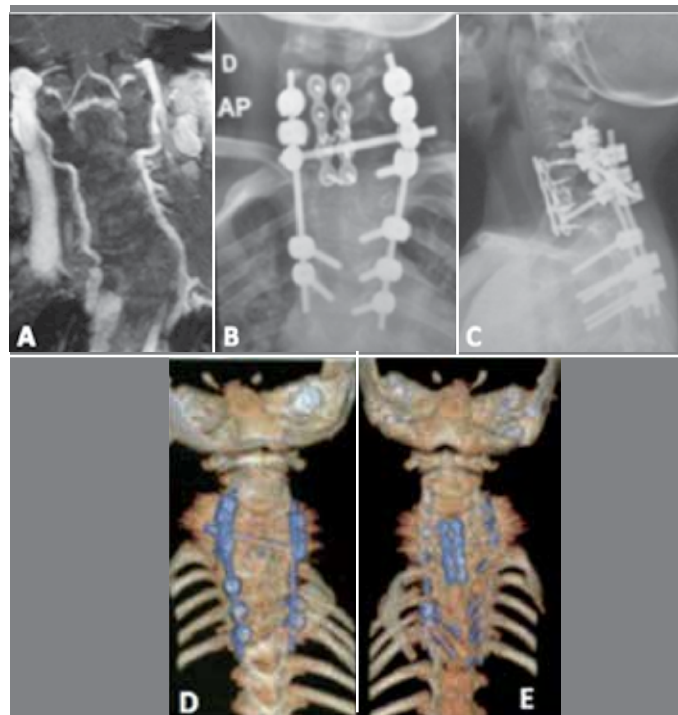


Figura 1. Utilização de Placa CMF e parafusos de massa lateral após ressecção de hemivértebra cervical. Imagem (A) RNM pré-operatória; (B) RX em AP pós-operatória; (C) RX em perfil pós-operatória; (D) TC pós-operatória; (E) TC pós-operatória.

Para instrumentação C1-C2 por via anterior (transoral) foi utilizada placa em T de Harms customizada para a idade do paciente.

Ao nível de C2, em alguns casos utilizamos parafusos de lâmina, conforme técnica descrita por Wright, no caso de ocorrência de sulco da artéria vertebral alargado ou anomalia da mesma.⁹ (Figura 2)

Na instrumentação do occipício foi utilizada a técnica de placas e parafusos colocados na região suboccipital de maneira semelhante à adultos.¹⁶

Foram utilizados cages por via posterior em um paciente com a técnica de distração facetária C1-C2 de Goel.^{10,11} (Figura 3)

Os diagnósticos incluídos foram: luxação cervical inveterada em dois pacientes, espondilolistese congênita do eixo em um paciente, luxação congênita C1-C2 (Hangman congênito) em dois pacientes, tumor em três pacientes, cifose pós laminectomia em um paciente, cifose pós infecciosa em um paciente, fratura em um paciente, síndromicos com instabilidades constavam 11 pacientes e escoliose congênita em cinco pacientes. (Tabela 1)

A avaliação do status neurológico foi feito através da escala de Frankel, sendo que dos 27 pacientes avaliados 24 eram Frankel E, um era Frankel D e dois eram Frankel C.

A artrodese foi realizada por via transoral (dois pacientes), via anterior isolada (três pacientes), via posterior isolada (15 pacientes), abordagem combinada em dois tempos (dois pacientes), e métodos combinados em três tempos (cinco pacientes).

Em dois casos onde foi necessária a realização de osteotomia de três colunas (VCR), pela qualidade óssea deficiente, houve suplementação do tratamento com o uso de halo-veste.

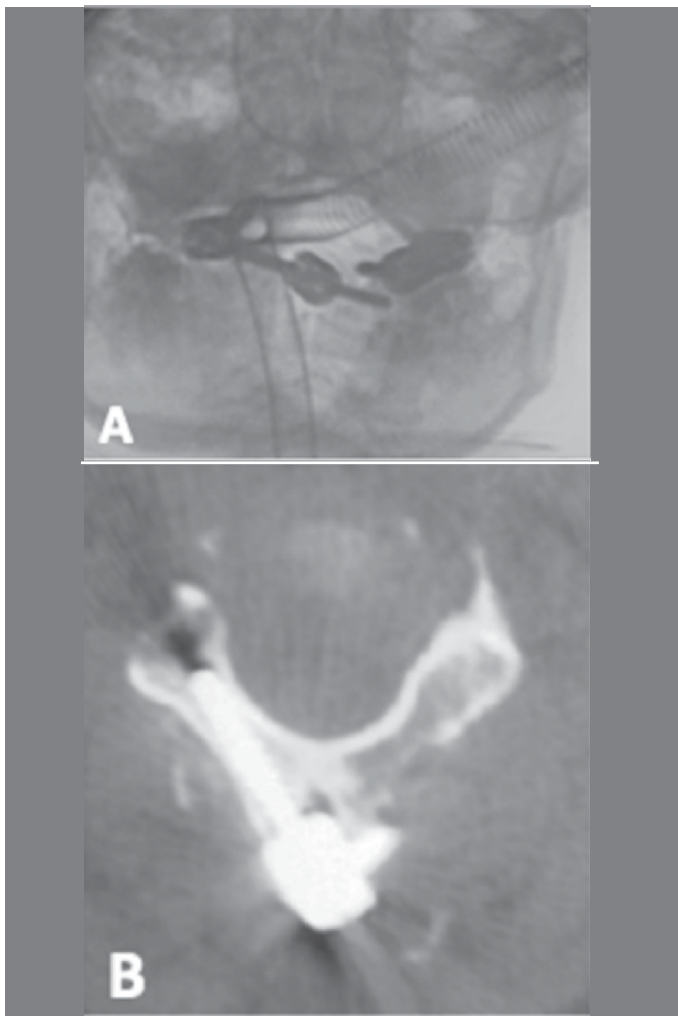


Figura 2. (A) Imagem de Radiografia e (B) Tomografia de pós operatório evidenciando parafuso em lâmina de C2.

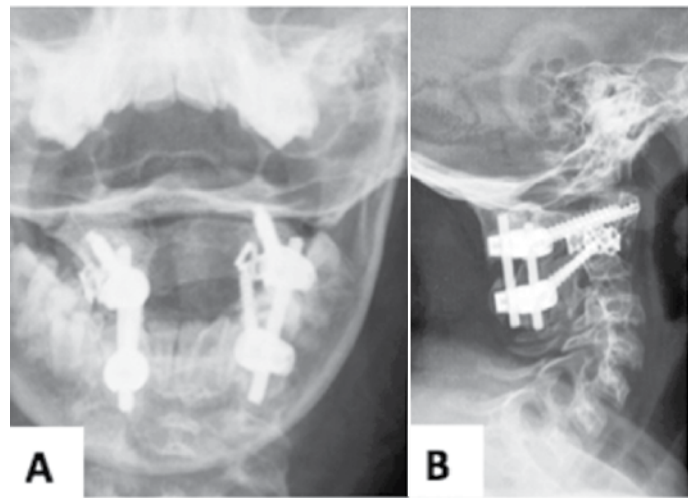


Figura 3. Radiografias (A) em AP e (B) em perfil no período pós operatórias evidenciando mesh cage em espaço articular C1-C2 para distração facetária.

RESULTADOS

Todos os pacientes evoluíram sem complicações de grande relevância. Considerou-se como complicações maiores relacionadas ao procedimento: estenose do canal medular, infecção profunda, osteomielite, limitação da amplitude de movimento cervical para execução de atividades da vida diária, pseudoartrose, perda de correção, déficit neurológico ou piora de déficit pré-existente e dor cervical. Em nossa série de casos foram constatadas complicações em quatro casos. Dois pacientes tiveram mau posicionamento do parafuso de massa lateral de C1. Em um dos casos foi feita a revisão cirúrgica devido à neuralgia occipital e no outro caso foi usado colar cervical até consolidação definitiva, com posterior retirada de material. Um paciente teve fístula liquórica, e outro infecção superficial de ferida operatória tratada com antibióticos.

Os exames radiográficos e tomográficos de controle pós operatório não demonstraram sinais de soltura de implante, perda de redução, ou sinais de reabsorção que indicassem pseudoartrose.

Doentes que se apresentavam clinicamente com dor cervical por instabilidade, após realização de estabilização e artrodese na junção craniocervical obtiveram melhora nos valores apontados na EVA, sem prejuízo para a amplitude de movimento da coluna cervical. Pacientes portadores de hemivértebras ou portadores de tumores, os quais apresentavam importante descompensação do equilíbrio coronal, evoluíram com compensação após ressecção de hemivértebra e tumor.

Muitos autores consideram na literatura que instrumentação rígida deve ser usada em crianças de 10 anos de idade, enquanto que pacientes na idade média de três anos, devem ser tratados com fios sublaminares.¹²⁻¹⁴ Dos pacientes avaliados foi possível a utilização de instrumentação moderna em crianças com dois anos de idade.

Considerando a última consulta ambulatorial, todos os pacientes obtiveram melhora clínica e radiológica.

Apenas um paciente que era portador de doença de Mórquio foi submetido a cirurgia para reposicionamento de parafuso por displasia óssea de C1.

A limitação na amplitude de movimento cervical, complicação relacionada a artrodese C0-C1 e C1-C2, não foi queixa relevante em nossos pacientes, o que acreditamos ser, em parte, pela capacidade compensatória de adaptação desses pacientes.¹⁵⁻¹⁷

DISCUSSÃO

Instrumentação cervical moderna em pacientes pediátricos permanece um tema controverso. A fixação com parafusos pediculares foi primeiro descrita por Roy-Camille em 1970. Ele foi o primeiro a usar tais instrumentais no tratamento de fraturas.

Tabela 1. Dados demográficos e cirúrgicos dos pacientes.

Caso nº	Idade (anos/sexo)	Diagnóstico	Cirurgia	Níveis de artrodese	Nº parafusos	Instrumentação	Seguimento
1	8/M	Grisel Inveterado	Artrodese C1-C2	1	4	Placa em T	9 anos
2	5/F	Hemivertebr C3	Ressecção de HV/ artrodese C2-C3	1	2	PD(C2)/ML(C3)	11 anos
3	7/M	Hangmann Congênito	Artrodese C2-C3	1	6	Placa cervical anterior	4 anos
4	12/M	Cifose pós tuberculose	VP:Artrodese C3-C5/ VA: Corpectomia C6 e C7	1	12	ML C3-C6	4 anos
5	2/F	Luxação cervical congénita	Corpectomia C6/C7	3	3	Placa CMF	2 anos
6	7/M	Tumor(Cifose pós- laminectomia)	Corpectomia C7	12	13	PD:C3-C4/T1-T9	10 anos
7	10/F	Instabilidade C1-C2	Artrodese C1-C2	1	4	ML:C1/PD:C2	6 anos
8	11/F	Tumor de C3	Corpectomia C3/ artrodeseC2-C4	2	4	Placa cervical anterior	6 anos
9	10/F	Os odontóide/ Mórquio IV	Artrodese C1-C2	1	3	Posterior Vertex	8 anos
10	9/M	MPS IV	Artrodese C1-C2	1	4	Posterior Vertex	4 anos
11	6/F	Cifose congênita	Hemivertebrectomia	6	12	Posterior Vertex	4 anos
12	7/F	Luxação congênita C1-C2	Artrodese C1-C2	1	4	Posterior Vertex	4 anos
13	6/F	MPS VI	Artrodese C1-C2	1	4	ML C1/PD C2	8 anos
14	8/M	MPS VI	Artrodese O C4+descompressão	4	10	Posterior Vertex	9 anos
15	10/F	MPS VI	Artrodese C1-C2	4	1	Posterior Vertex	9 anos
16	2/F	MPS VI	Artrodese O-C0	2	6	Posterior Vertex	6 anos
17	16/M	Fratura cervical	Corpectomia C6/ Artrodese C5-C7	2	4	Placa cervical anterior	8 anos
18	16/M	MPS I	Artrodese O-C4/ descompressão	4	12	Posterior Vertex	4 anos
19	12/F	Grisel inveterado	Osteotomia +artrodese C1-C2 VP	1	4	Posterior Vertex	5 anos
20	5/M	Hemivertebr cervical C6	VCR/ VP:C4-T5/ VA:CMF (2U)	8	16	Posterior Vertex	4 anos
21	2/F	Hemivertebr C3	Ressecção HV+artrodese C2-C3	2	10	CMF+ Vertex	8 anos
22	7/F	Hemivertebr (C6-C7-T1)	Artrodese C2-T4	9	12	Vertex	8 anos
23	6/M	Cifose congênita	Artrodese C4-T1	9	12	CMF+ Vertex	8 anos
24	9/M	Tumor de C5	Ressecção+ Artrodese C4-C6	4	6	Vertex	6 anos
25	5/F	MPS VI	Estenose do canal cervical	1	4	Vertex	4 anos
26	5/F	MPS VI	Artrodese C1-C2	1	4	Vertex	5 anos
27	5/F	Os Odontóide	Artrodese C1-C2	1	4	Vertex	8 anos

PD: pedículo; ML: massa lateral; CMF: crânio-maxilo-facial; VP: via posterior; VA: via anterior; O: occipito; VCR: vertebral column resection; HV: hemivértebra; CT:cortical; MPS: mucopolissacaridose.

Até o momento, não existem implantes de tamanho específico para uso em crianças. Dentre as técnicas para artrodese cervical nessa população, a mais utilizada é a de fixação com parafuso transarticular descrita por Margel.

No que diz respeito à anatomia da coluna cervical de pacientes pediátricos, existem diferenças anatômicas que tornam os procedimentos de instrumentação complexos e potencialmente sujeitos a complicações, considerando o pequeno tamanho de pedículos e massas laterais.¹⁸⁻²⁰

Tratamento de instabilidades da coluna cervical em crianças têm sido tradicionalmente conseguido, com uma combinação de técnicas de amarra posterior e órtese com halo externo.²¹⁻²³ Em nosso estudo, descrevemos técnicas que podem ser aplicadas nas mais diferentes doenças que cursam com instabilidade, e que acometem a coluna cervical de pacientes com imaturidade esquelética, auxiliando a desenvolver um fluxograma que abrange desde o tipo de instrumental apropriado a ser aplicado e considerações anatômicas, além de técnica individualizada para cada caso.

A utilização de osteossíntese com instrumentação moderna foi iniciada pelos serviços em questão desde 2007 e desde então temos obtido melhores resultados clínicos e maiores taxas de fusão, quando comparado com pacientes em que se usava anteriormente instrumentais como hastes e fios sublaminares. A despeito das dificuldades técnicas e anatômicas inerentes a esta classe de pacientes, não

apenas pelas dimensões reduzidas naqueles detentores de anatomia normal, como também pelas displasias inerentes aos pacientes síndromicos, nosso estudo pôde comprovar ser possível utilização de materiais desenvolvidos para adultos na faixa etária do estudo.

Instrumentação da coluna cervical de pacientes pediátricos tem se mostrado possível com maior segurança pela evolução dos recursos de imagem, tais como tomografia computadorizada e ressonância magnética, sendo que a primeira se mostra imprescindível para estudo da anatomia óssea e curso da artéria vertebral, podendo assim indicar a melhor técnica e o implante apropriado para cada caso.

Em nossa série de casos podemos evidenciar que de forma geral, os implantes de 3,5 mm são apropriados para utilização na coluna cervical de pacientes desde os dois anos de idade. Foi possível também, através do seguimento pós operatório e com a realização de tomografias seriadas confirmar que a utilização desse tipo de instrumental em pacientes com placas de crescimento abertas não induziria a complicações temidas tais como estenose do canal medular, considerando que as dimensões do canal medular estão próximas as dimensões do adulto, por volta dos oito anos de idade.²⁴

Para estabilização e artrodese atlantoaxial realizamos instrumentação da massa lateral do atlas, e do pedículo do áxis respeitando as considerações anatômicas acima apresentadas. Naqueles pacientes em que não foi possível instrumentação do pedículo de

C2, realizamos instrumentação da lâmina de C2, conforme técnica descrita por Wright.

Fizemos em nosso estudo uso de placas especiais adaptadas para corpo vertebral de tamanho reduzido em paciente com dois anos de idade, sendo que nos trabalhos mais recentes a instrumentação com placas cervicais anteriores encontra-se descrita para pacientes acima 12 anos de idade. Este método mostrou-se possível independente da faixa etária, levando em conta a doença tratada e a experiência do cirurgião com a anatomia local.

Foram ainda analisados 118 parafusos dos 161 instrumentados, e pudemos observar que todos os parafusos encontravam-se completamente contidos por osso. Avaliamos ainda, no seguimento, que teve uma média de 8,5 anos, que todos os pacientes tratados obtiveram menores valores pela escala visual analógica, sugerindo melhora clínica, além de ausência de limitação para

a amplitude de movimento da cabeça. Foi ainda observado por estudo tomográfico que nenhum paciente evoluiu com estenose do canal medular.

CONCLUSÃO

Instrumentação cervical moderna se mostrou segura e eficaz em pacientes com imaturidade esquelética, sendo recomendado uso desde os dois anos de idade, com altas taxas de fusão e baixas taxas de complicações, desde que seja feito um estudo da anatomia local, escolha do implante e técnica apropriada para cada caso.

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. ASA, LECTS e AGCB foram os principais contribuintes na elaboração do manuscrito. ASA, CDN, GBLA participaram dos procedimentos cirurgicos como auxiliares e, acompanharam os pacientes ambulatorialmente, além de reunirem dados clínicos e revisarem os prontuários. LECTS e AGCB foram os cirurgiões principais nos casos e obtiveram os dados clínicos e radiológicos pré, per e pós operatórios. A ideia do manuscrito foi idealizada por LECTS. ASA reuniu dados dos prontuários e redigiu o trabalho. AGCB atuou como co-orientador do trabalho, revisou literatura e corrigiu o trabalho.

REFERÊNCIAS

- Rajasekaran S, Kanna PR, Shetty TA. Intra-operative computer navigation guided cervical pedicle screw insertion in thirty-three complex cervical spine deformities. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2010;1(1):38-43.
- Ludwig SC, Kramer DL, Vaccaro AR, Albert TJ. Transpedicle screw fixation of the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;359:77-88.
- Abumi K, Kaneda K. Pedicle screw fixation for nontraumatic lesions of the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(16):1853-63.
- Abumi K, Itoh H, Taneichi H, Kaneda K. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report. *J Spinal Disord*. 1994;7(1):19-28.
- Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. A selected survey of ABS members. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1993;18(15):2231-8.
- Yilmaz G, Demirkiran G, Ozkan C, Daglioglu K, Pekmezci M, Alanay A, et al. The effect of dilation of immature pedicles on pullout strength of the screws: Part 2: In vivo study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(22):2378-83.
- Anderson RC, Ragel BT, Mocco J, Bohman LE, Brockmeyer DL. Selection of a rigid internal fixation construct for stabilization at the craniocervical junction in pediatric patients. *J Neurosurg*. 2007;107(1 Suppl):36-42.
- Schultz KD Jr, Petronio J, Haid RW, Rodts GE, Erwood SC, Alexander J, et al. Pediatric occipitocervical arthrodesis. A review of current options and early evaluation of rigid internal fixation techniques. *Pediatr Neurosurg*. 2000;33(4):169-81.
- Wright NM. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. *J Spinal Disord Tech*. 2004;17(2):158-62.
- Goel A. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. *J Neurosurg Spine*. 2004;1(3):281-6.
- Narváez JA, Hernández-Gañán J, Isern J, Sánchez-Fernández JJ. Rheumatic diseases of the spine: imaging diagnosis. *Radiologia*. 2016;58 Suppl 1:35-49.
- Rahimi SY, Stevens EA, Yeh DJ, Flannery AM, Choudhri HF, Lee MR. Treatment of atlantoaxial instability in pediatric patients. *Neurosurg Focus*. 2003;15(6):ECP1.
- Brockmeyer DL, Apfelbaum RI. A new occipitocervical fusion construct in pediatric patients with occipitocervical instability. Technical note. *J Neurosurg*. 1999;90(2 Suppl):271-5.
- Jones EL, Heller JG, Silcox DH, Hutton WC. Cervical pedicle screws versus lateral mass screws. Anatomic feasibility and biomechanical comparison. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(9):977-82.
- Wright NM. Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: case series and technical note. *J Spinal Disord Tech*. 2004;17(2):158-62.
- Abumi K, Takada T, Shono Y, Kaneda K, Fujiya M. Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate-rod systems. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1999;24(14):1425-34.
- Goel A. Treatment of basilar invagination by atlantoaxial joint distraction and direct lateral mass fixation. *J Neurosurg Spine*. 2004;1(3):281-6.
- Vaccaro AR, Betz RR, Zeidman SM, editors. Principles and practice of spine surgery. St. Louis: CV Mosby; 2003.
- Narváez JA, Hernández-Gañán J, Isern J, Sánchez-Fernández JJ. Rheumatic diseases of the spine: imaging diagnosis. *Radiologia*. 2016;58 Suppl 1:35-49.
- Hedequist D, Hresko T, Proctor M. Modern cervical spine instrumentation in children. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(4):379-83.
- Letts M, Slutsky D. Occipitocervical arthrodesis in children. *J Bone Joint Surg Am*. 1990;72(8):1166-70.
- Lowry DW, Pollack IF, Clyde B, Albright AL, Adelson PD. Upper cervical spine fusion in the pediatric population. *J Neurosurg*. 1997;87(5):671-6.
- Schultz KD Jr, Petronio J, Haid RW, Rodts GE, Erwood SC, Alexander J, et al. Pediatric occipitocervical arthrodesis. A review of current options and early evaluation of rigid internal fixation techniques. *Pediatr Neurosurg*. 2000;33(4):169-81.
- Ruf M, Harms J. Pedicle screws in 1- and 2-year-old children: technique, complications, and effect on further growth. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(21):E460-6.