

ARTIGO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

Características morfológicas da pars de C2 de humanos

Morphologic characteristics of C2 humans pars

Características morfológicas de la pars de C2 de humanos

Charles André Carazzo¹
Vinícius Monteiro de Paula Guirado²
Alexandre Meluzzi³
Edson Aparecido Liberti⁴
Mario Rubem Pena Dias⁵
Ricardo Bragança de Vasconcelos Fontes⁶
Mario Augusto Taricco⁷

RESUMO

Objetivo: avaliar a morfometria da pars da segunda vértebra cervical, verificar as variações existentes e prever sua segurança para a colocação de parafusos por meio de uma abordagem cervical posterior. **Métodos:** 58 vértebras foram obtidas para estudo anatômico (116 pars de C2) e foram medidas a altura e largura da pars, além do comprimento eixo-pedículo, largura e comprimento do pedículo, angulação sagital e medial. Todas as medidas foram separadas quanto aos seus lados direito e esquerdo; foi realizado o cálculo da média, variação, desvio padrão e a métrica foi comparada com os estudos prévios. **Resultados:** a largura média da pars de C2 foi de 9,5 mm; a altura, 9,5 mm; não houve diferença significativa entre os lados esquerdo e direito. O comprimento médio do pedículo foi de 10,5

ABSTRACT

Objective: to evaluate the morphometry of the pars of the second cervical vertebra, assess the variations existent and predict its safety for the placement of screws through a posterior cervical approach. **Methods:** 58 vertebrae were obtained for anatomic study (116 pars of C2) and measured the height and width of the pars, besides the length of the axis-pedicle, width and length of the pedicle, sagittal and medial angulations. All measurements were separated as to their right and left sides, completed the calculation of media, variation, standard deviation and compared to previous studies. **Results:** the medium width of the pars of C2 was 9.5 mm, the height, 9.5 mm, without significant difference between right and left sides. The medium length of the pedicle was 10.5 mm and the medium measurement found for the

RESUMEN

Objetivo: evaluar la morfometría de la pars de la segunda vértebra cervical, verificar las variaciones existentes y predecir su seguridad para la colocación de los tornillos por un abordaje cervical posterior. **Métodos:** 58 vértebras fueron obtenidas para el estudio anatómico (116 pars de C2) y fueron medidas su altura y el ancho de las pars, además de la largura eje-pedículo, ancho y largura del pedículo, ángulo sagital y medial. Todas las medidas fueron separadas según sus lados derecho e izquierdo, se realizó el cálculo de la media, variación, desvío estándar y comparados los valores con estudios previos. **Resultados:** el ancho promedio de la pars de C2 fue de 9.5 mm, la altura de 9.5 mm, sin diferencia significativa entre los lados izquierdo y derecho. La largura promedio del

Grupo de Coluna Vertebral, Divisão de Neurocirurgia, Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

¹Neurocirurgião; Estagiário do Grupo de Coluna Vertebral do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

²Neurocirurgião; Estagiário do Grupo de Coluna Vertebral do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

³Neurocirurgião; Estagiário do Grupo de Coluna Vertebral do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

⁴Livre-docente; Coordenador do Laboratório de Anatomia Humana da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

⁵Neurocirurgião; Assistente do Grupo de Coluna Vertebral do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

⁶Residente de Neurocirurgia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

⁷Livre-docente; Professor da Disciplina de Neurocirurgia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP – São Paulo (SP), Brasil.

mm; a medida média encontrada para o comprimento eixo-pedículo foi de 24,9 mm; a largura do pedículo foi de 2,8 mm. A angulação sagital encontrada foi de 19,6° e a horizontal foi de 28,5°. **Conclusões:** este estudo demonstra a viabilidade para a colocação de parafuso na *pars* de C2 em uma população caucasiana, destacando-se, porém, a grande variabilidade anatômica encontrada nas referidas medidas.

*length axis-pedicle was of 24.9 mm and the width of the pedicle was of 2.8 mm. The sagittal angulation found was of 19.6° and the horizontal was of 28.5°. **Conclusions:** this study demonstrates the viability of positioning screws in the *pars* of C2 in a Caucasian population, emphasizing, however, the great anatomic variability found in the referred measurements.*

*pedículo fue de 10.5 mm y la medida promedio encontrada para la largura eje-pedículo fue de 24.9 mm, además del ancho del pedículo que fue de 2.8 mm. El ángulo sagital encontrado fue de 19.6° y de la horizontal de 28.5°. **Conclusión:** este estudio demuestra la viabilidad para la colocación de tornillos en la *pars* de C2 en una población caucásica, pero destacándose la gran variabilidad anatómica encontrada en las medidas referentes.*

DESCRIPTORES: Vértebras cervicais/anatomia & histología; Coluna vertebral/cirurgia; Parafusos ósseos; Fusão vertebral/métodos; Humanos

KEYWORDS: Cervical Vertebrae/ anatomy & histology; Spine/surgery; Bone screws; Spinal fusion/methods; Humans

DESCRIPTORES: Vértebras cervicales/anatomía & histología; Columna vertebral/cirugía; Tornillos ósseos; Fusión vertebral/métodos; Humanos

INTRODUÇÃO

A maioria dos estudos anatômicos envolvendo a segunda vértebra cervical enfoca o dente do eixo, pelo interesse nas técnicas de fixação com parafuso anterior nos casos de fraturas desta estrutura anatômica. Entretanto, atualmente, as fixações cervicais posteriores são métodos comumente utilizados pelos cirurgiões de coluna para o tratamento de várias doenças.

A massa lateral é o local mais comumente escolhido para a colocação de parafusos nas reconstruções espinhais cervicais posteriores. Entretanto, devido à alta taxa de falência desta técnica (pullout), sua utilização permanece limitada¹. Isto tem feito dos pedículos cervicais uma alternativa para a fixação cervical posterior, oferecendo estabilização das três colunas e provando ser mais rígida que as outras técnicas¹.

A compreensão das características anatômicas quantitativas e qualitativas é essencial para a utilização das técnicas de colocação de parafusos pediculares.

As vértebras cervicais C1, C2 e C7 são consideradas atípicas por apresentarem características morfológicas peculiares não correspondentes com as demais C3, C4, C5 e C6. Esse dado reforça a necessidade de estudos anatômicos morfométricos específicos, principalmente quando se planeja utilizar reconstruções com instrumentais de fixação. Exemplo típico se aplica ao estudo dos pedículos da segunda vértebra cervical, no qual ainda existem controvérsias quanto à apropriada denominação anatômica. Alguns autores têm reportado que o pedículo conecta o corpo vertebral ao processo articular superior, enquanto outros definem o pedículo como a porção abaixo e

posterior em relação à faceta superior. Estas incorreções podem confundir estratégias e planejamentos cirúrgicos, influenciando resultados.

Considerando os estudos de Naderi et al.², em 2004, foi utilizado, neste trabalho, a definição de pedículo de C2 como a porção entre o corpo vertebral e o processo articular inferior, e o istmo ou *pars* como a porção que conecta o processo articular superior e inferior.

A *pars* de C2 apresenta grandes variações e peculiaridades anatômicas relacionadas à sintopia complexa entre artéria vertebral, medula espinhal e raízes nervosas, havendo poucos estudos anatômicos descritos na literatura mundial³⁻⁵. Em nosso meio, existe apenas um trabalho relacionando a anatomia de C2 à fixação transarticular⁶, porém não existem estudos direcionados à morfometria da *pars* de C2 relacionando às técnicas cirúrgicas existentes, sendo esta a primeira publicação que utiliza uma população sul-americana.

No presente estudo, investigou-se a *pars* de C2, avaliando as medidas morfométricas de interesse cirúrgico.

MÉTODOS

Cinquenta e oito cadáveres humanos contendo todas as vértebras cervicais foram obtidos do Museu de Anatomia Humana do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de São Paulo (USP). Estes espécimes eram esqueletos de humanos cuja idade variou de 17 a 58 anos na data de sua morte. Em nenhum dos espécimes foram encontradas evidências ao exame *post mortem* de infecção, neoplasia, trauma, doença degenerativa, deformidade ou malformação congênita. Foram utilizadas, para este estu-

do, as segundas vértebras cervicais dos espécimes, sendo as duas *pars* medidas manualmente por meio de um paquímetro (Mitutoyo, Tokyo, Japan; medidos em centésimos de milímetros) com acurácia de 0,1 mm e um goniômetro com acurácia de 1°.

Os pontos morfométricos foram estabelecidos para que fossem obtidas as seguintes medidas: comprimento do pedículo - distância entre a massa lateral-processo articular inferior e o corpo vertebral (Figura 1); largura da *pars*, que é a distância entre a borda interna do canal vertebral até a face externa do pedículo ao nível do forâmen transverso (Figura 2); altura da *pars*, que é a distância entre a face superior e inferior da *pars* no seu ponto médio (Figura 3); comprimento eixo-pedículo, que consiste na distância entre o ponto posterior de projeção do eixo do pedículo até o ponto mais anterior de projeção do eixo pedículo (Figura 4); largura do pedículo, que é a distância entre a borda medial do pedículo até a borda medial do forâmen vertebral (Figura 5); ângulo sagital, que consiste no ângulo medido entre o eixo da *pars* e a linha perpendicular do eixo do dente do eixo (Figura 6); e ângulo horizontal, que é o ângulo medido entre o eixo da *pars* e a linha média do corpo vertebral ao processo espinhoso (Figura 7).



Figura 1
Comprimento do pedículo.

Baseado nos 58 espécimes estudados, a média, a variação e o desvio padrão foram calculados e separados conforme os lados direito e esquerdo.

RESULTADOS

As respectivas medidas são mostradas nas Tabelas 1, 2 e 3. O comprimento do pedículo foi de $10,8 \pm 2,4$ mm para o pedículo direito e $10,5 \pm 2,0$ mm para o esquerdo. A média



Figura 2
Largura da *pars*.



Figura 3
Altura da *pars*.



Figura 4
Comprimento eixo-pedículo.



Figura 5
Largura do pedículo.

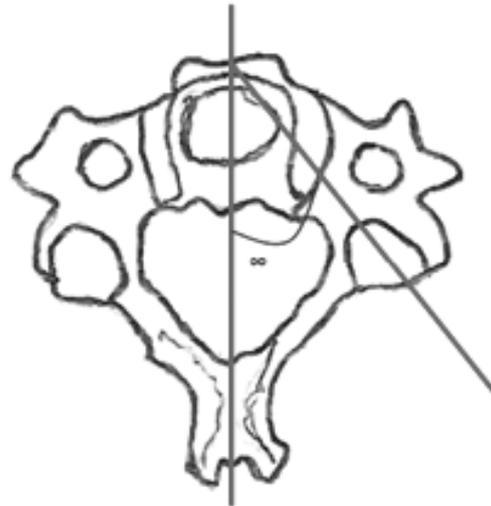


Figura 7
Ângulo medial.

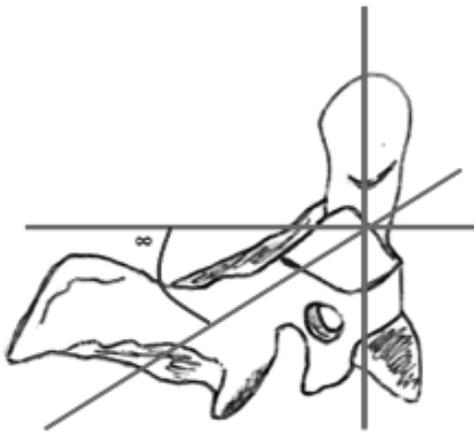


Figura 6
Ângulo sagital

da largura foi de $9,5 \pm 1,8$ mm e $9,7 \pm 2,1$ mm, respectivamente, nos lados direito e esquerdo. A altura da *pars* foi de $9,6 \pm 1,4$ mm para o lado direito e $9,3 \pm 1,5$ mm para o lado esquerdo (Tabela 1).

O comprimento eixo-pedículo encontrado no presente estudo foi, para o lado direito, de $25,1 \pm 2,1$ mm e, para o lado esquerdo, de $24,8 \pm 2,3$ mm. Com relação à distância do fôramen da vertebral para o canal vertebral, as medidas encontradas foram $5,8 \pm 1,3$ mm à direita e $5,9 \pm 1,4$ mm à esquerda (Tabela 2).

O ângulo sagital medido foi de $19,6 \pm 7$ e o ângulo medial foi de $28,8 \pm 3^\circ$ para o lado direito e de $28,3 \pm 2,5^\circ$ para o lado esquerdo (Tabela 3).

TABELA 1 - Medidas do comprimento do pedículo, largura da *pars* e altura da *pars*, (em mm)

Variabilidade dos dados	Comprimento do pedículo (mm)		Largura da <i>pars</i> (mm)		Altura da <i>pars</i> (mm)	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Média	10,8	10,5	9,5	9,7	9,6	9,3
Mínimo	4,6	5,4	6,8	6,0	6,6	6,9
Máximo	14,6	14,8	16	15	12,9	13,1
Desvio padrão	2,4	2,0	1,8	2,1	1,4	1,5

TABELA 2 - Medidas do comprimento eixo-pedículo e da largura do forâmen vertebral, em mm

Variabilidade dos dados	Comprimento eixo – pedículo (mm)		Largura do forame vertebral (mm)	
	Direita	Esquerda	Direita	Esquerda
Média	25,1	24,8	5,8	5,9
Mínimo	20,6	18,8	3	2,7
Máximo	30	30	7,9	9
Desvio padrão	2,1	2,3	1,3	1,4

TABELA 3 - Medidas do ângulo sagital e horizontal do eixo-pedículo, em graus

Variabilidade dos dados	Ângulo sagital (°)		Ângulo horizontal (°)	
	Angulação	Direita	Esquerda	
Média	19,6	28,8	28,3	
Mínimo	9	22	23	
Máximo	32	40	32	
Desvio padrão	7	3	2,5	

DISCUSSÃO

A nomenclatura anatômica da estrutura observada neste estudo tem sido motivo de debate entre muitos autores, pois, apesar de comumente ser denominada “pedículo de C2” pela maioria dos cirurgiões, os anatomistas a denominam *pars interarticularis*. Esta discrepância ocorre porque, em razão de sua localização anterior, o processo articular superior é parte do corpo de C2 e não uma verdadeira massa lateral. Entretanto, no desenvolvimento embrionário, esta área faz parte do arco neural e não do corpo de C2. Assim, um parafuso colocado através da *pars* de C2 até o processo articular superior é anatomicamente parafuso de *pars* e não de pedículo, que é a porção entre o corpo vertebral e o processo articular inferior².

A primeira citação conhecida sobre o uso do parafuso da *pars* de C2 é de Leconte, em 1964, que utilizou esta técnica para o tratamento de uma espondilolistese traumática⁷. Entretanto, somente após três décadas, iniciaram-se os primeiros estudos anatômicos e biomecânicos das *pars* cervicais e, também, as primeiras séries de casos em seres vivos.

Em 1991, Panjabi et al., estudando detalhadamente a anatomia quantitativa tri-dimensional de vértebras cervicais humanas em doze espécimes cadavéricos frescos, descreveu a possibilidade da colocação de parafusos pediculares⁸.

Em 1994, Kotani et al.¹, estudando modelos cadavéricos de bovinos, demonstraram, pela primeira vez, a maior estabilidade da fixação pedicular cervical comparada às construções anteriores e/ou posteriores convencionais para múltiplos níveis; Abumi et al. apresentaram primeiramente uma série de 13 pacientes aplicando a técnica de fixação pedicular cervical subaxial com sucesso⁹.

Estes três estudos sugeriram que a estabilização pedicular da coluna cervical não era somente anatomicamente

possível bem como biomecanicamente superior. Entretanto, Roy-Camille¹⁰, especificando a diferença técnica de fixação pedicular entre C3-C6 e C2, atentou para um risco inaceitável, nesta última, de lesão da artéria vertebral, medula e raízes nervosas, devido à sintopia dessas estruturas e à grande variação anatômica.

A *pars* de C2 é o que possui a maior largura transversal e a maior altura sagital da coluna cervical. Situa-se diretamente pósteromedial ao foramen transverso e percorre lateralmente pela faceta articular superior⁸.

Neste estudo, as dimensões médias verificadas, em relação à altura, à largura e ao comprimento eixo-pedículo, não diferem significativamente de estudos anteriores, conforme mostrado na Tabela 4. Foram encontradas diferenças variáveis em relação ao comprimento do pedículo, porém, isso se deve às diferentes formas utilizadas para a sua mensuração. Xu et al.¹¹, em seu trabalho, definiram o comprimento do pedículo como a distância entre o ponto mais anterior do eixo do pedículo até o ponto mais posterior da projeção do eixo do pedículo, o que determinou uma média de 25,5 mm. Este parâmetro foi denominado neste estudo como comprimento eixo-pedículo, assim como no estudo de Karaikovic et al.⁵. No critério utilizado no presente estudo como comprimento do pedículo (a distância entre a massa lateral e o corpo vertebral), foi encontrada uma medida média de 10,5 mm, o que não difere significativamente dos demais trabalhos já publicados.

Em relação às diferentes técnicas de instrumentação, Xu et al.¹¹ sugerem que o ponto de entrada do parafuso da *pars* de C2 seja 5 mm inferior à borda superior da lâmina e 7 mm lateral à borda lateral do canal espinhal (Figura 8), e que a angulação do parafuso deve ser de 30° medial e 20° cefálico (Figura 9)¹¹. Ebraheim et al.³ estudaram esse método e o

TABELA 4 - Comparação de aspectos morfológicos entre trabalhos realizados

Autores	Comprimento do pedículo (mm)	Altura da <i>pars</i> (mm)	Largura da <i>pars</i> (mm)	Comprimento eixo-pedículo (mm)	Largura do pedículo (mm)	Ângulo sagital (°)	Ângulo horizontal (°)
Panjabi et al. ⁸	-	10,2	8	-	-	-	-
Xu et al. ¹¹	25,5	7,3	8,2	-	-	20,2	33
Karaikovic et al. ⁵	7,45	10,5	6,7	25,6	-	37,7	39,2
Howington et al. ⁴	16,5	9,1	7,9	-	-	38,8	35,2
Taricco et al. (2009)	10,5	9,5	9,5	24,9	5,9	19,6	28,5

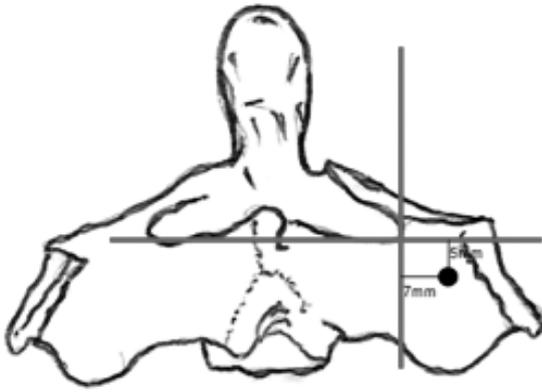


Figura 8
Projeção do ponto de entrada.

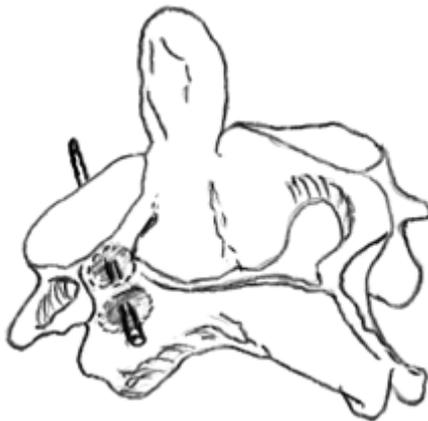


Figura 9
Eixo do pedículo.

compararam a uma outra técnica, utilizando o mesmo ponto de entrada; porém, a direção é guiada pelo aspecto medial e superior individual de cada *pars* sob visualização direta;

os autores notaram maior incidência de violação da parede lateral com o primeiro método, provavelmente devido a uma falha na angulação medial, definindo um maior risco de lesão vascular e nervosa. Já com o segundo método, o risco foi mínimo, sendo, então, sugerido por Ebraheim et al.³ como a técnica mais segura a ser utilizada³. Howington et al.⁴, em seu estudo, utilizaram a mesma técnica sugerida por Ebraheim et al. e verificaram que, para uma segura colocação do parafuso, este deve estar dirigido medialmente em uma angulação média de 35,2°, contrariando os dados previamente publicados por Xu et al.¹¹.

Nas medidas do presente estudo, porém, foram encontrados valores que corresponderam ao que Xu et al.¹¹ encontraram referente à angulação medial que a *pars* deve apresentar (Tabela 4). No entanto, destaca-se a grande variação anatômica encontrada nas medidas do presente e sugere-se, assim como Howington et al.⁴, que a colocação do parafuso na *pars* de C2 deva ser realizada sob visualização direta para maior segurança.

CONCLUSÕES

No presente estudo, foram apresentadas as medidas morfométricas da *pars* de C2 utilizando uma população caucasiana. As medidas do presente estudo não diferem dos demais trabalhos já publicados, corroborando a possibilidade para a colocação de parafuso na *pars* de C2 nesta população. Entretanto, chama atenção o fato de que grandes variações anatômicas foram encontradas nas aferições.

Realizou-se a medida da distância entre a borda medial do pedículo até a borda medial do forâmen vertebral (Figura 5) e verificou-se uma variação extremamente elevada (de 3 a 9 mm).

Sugere-se, assim como os demais autores, que a colocação segura e correta de parafuso pedicular na segunda vértebra cervical deve ser precedida de um minucioso estudo radiológico para determinar individualmente as medidas das *pars*.

REFERÊNCIAS

1. Kotani Y, Cunningham BW, Abumi K, McAfee PC. Biomechanical analysis of cervical stabilization systems. An assessment of transpedicular screw fixation in the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1994;19(22):2529-39.
2. Naderi S, Arman C, Güvençer M, Korman E, Senoğlu M, Tetik S, et al. An anatomical study of the C-2 pedicle. *J Neurosurg Spine*. 2004;1(3):306-10.
3. Ebraheim N, Rollins Jr JR, Xu R, Jackson WT. Anatomic consideration of C2 pedicle screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(6):691-5. Comment in: *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21(19):2301-2.
4. Howington JU, Kruse JJ, Awasthi D. Surgical anatomy of the C2 pedicle. *J Neurosurg*. 2001;95(1 Suppl):88-92.
5. Karaikovic E, Daubs M, Madsen R, Gaines RW Jr. Morphologic characteristics of human cervical pedicles. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1997;22(5):493-500. Comment in: *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(23):2640-1.
6. Carvalho MF, Pereira CU, Leite RF, Monteiro JTS. Análise Morfométrica do axis e suas relações com a fixação transarticular C1-C2 por meio de parafusos. *J Bras de Neurocirurg*. 2007;18(3):30-4.
7. Leconte P. Fracture et luxation des deux premières vertèbres cervicales. In: Judet R. *Luxation congénitale de la hanche. Fractures du cou-de-pied rachis cervical*. Actualités de Chirurgie Orthopédique de l'Hospital Raymond-Poincaré. Paris: Masson; 1964. v. 3. p. 147-66.
8. Panjabi MM, Duranceau J, Goel V, Oxland T, Takata K. Cervical human vertebrae: Quantitative three-dimensional anatomy of the middle and lower regions. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(8):861-9.

9. 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.
10. Roy-Camille R. Rationale and techniques of internal fixation in trauma of the cervical spine. In: Errico T, Bauer RD, Waugh T. *Spinal trauma.* Philadelphia: JB Lippincott; 1991. p. 163-91.
11. Xu R, Nadaud M, Ebraheim N, Yesting R. Morphology of the second cervical vertebra and the posterior projection of the C2 pedicle axis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20(3):259-63.

Correspondência

Mario Augusto Taricco
Avenida Dr. Enéas de Carvalho Aguiar,
255 – Cerqueira César
CEP: 05403-000 – São Paulo (SP),
Brasil.
E-mail: taricco@terra.com.br
