

# ANATOMIA DO SULCO DA ARTÉRIA VERTEBRAL

## VERTEBRAL ARTERY GROOVE ANATOMY

MAX FRANCO DE CARVALHO<sup>1</sup>, ROBERTA TEIXEIRA ROCHA<sup>1</sup>, JOÃO TIAGO SILVA MONTEIRO<sup>1</sup>, CARLOS UMBERTO PEREIRA<sup>1</sup>,  
HELTON LUIZ APARECIDO DEFINO<sup>2</sup>

### RESUMO

**Introdução:** Diversas técnicas cirúrgicas têm sido realizadas na região craniocervical devido a diversas patologias. Durante o acesso cirúrgico a essa região existe um risco potencial de lesão iatrogênica da artéria vertebral, relacionado ao acesso lateral amplo e à avaliação inadequada da anatomia local. Variações no trajeto da artéria vertebral ocasionam maior risco de lesão vascular. O estudo pré-operatório por imagem da anatomia da artéria vertebral e do seu sulco tem sido realizado para aumentar a segurança cirúrgica. **Objetivo:** Estudar a morfometria da artéria vertebral no atlas através da tomografia computadorizada do sulco da artéria vertebral (SAV) em 30 atlas isolados de cadáveres. **Materiais e Métodos:** O SAV e suas relações com a linha média foram avaliados através de oito medidas lineares e duas angulares, bilateralmente. A média, valor máximo e mínimo, e desvio padrão foram calculados para cada parâmetro. **Resultados:** O SAV apresentou uma maior largura e maior espessura do lado esquerdo ( $p < 0,05$ ). **Conclusão:** os nossos dados sugerem que a dissecação posterior e superior do arco posterior devem permanecer a uma distância lateral de 11,2mm e 7,4mm da linha média para que haja segurança no procedimento.

**Descritores:** Coluna vertebral. Atlas. Artéria vertebral. Fusão vertebral.

**Citação:** Carvalho MF, Rocha RT, Monteiro JTS, Pereira CU, Defino HLA. Anatomia do sulco da artéria vertebral. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2009; 17(1):50-4. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

### INTRODUÇÃO

A artéria vertebral, após emergir do processo transversos do eixo, flete-se posterior e lateralmente em direção ao forame costotransverso do atlas, formando o segmento suboccipital, que contorna o arco posterior do atlas.<sup>1</sup> O segmento suboccipital da artéria vertebral, após curto trajeto inclinado posterior à massa lateral do atlas, forma uma impressão sobre a superfície superior do arco do atlas, denominado sulco da artéria vertebral (SAV). O SAV estende-se horizontalmente da borda medial do forame transversos para a borda medial do arco posterior. Esse sulco pode ser visualizado facilmente em vértebras isoladas de cadáveres como uma área de depressão no arco posterior do atlas, posterior à massa lateral. O SAV marca com exatidão, nas vértebras isoladas, o local onde

### ABSTRACT

**Introduction:** Several surgical techniques have been carried through in the skull-cervical region due to various pathologies. During the surgical access to this region, a potential risk of iatrogenic injury of the vertebral artery exists, related to extended lateral access and the inadequate evaluation of the local anatomy. Variations in the groove of the vertebral artery lead to a greater risk of vascular injury during surgery. Preoperative image study of the vertebral artery anatomy and its groove has been realized to enhance surgical safety. **Objective:** to study the morphometry of atlas vertebral artery on computed tomography scan images of the vertebral artery groove (VAG) in 30 dry atlas. **Methods:** VAG and its relationship with the midline were evaluated through eight linear and two angular measures, bilaterally. The average, maximum and minimum values, and standard deviation were calculated for each parameter. **Results:** VAG has shown to be wider and thicker on the left side ( $p < 0,05$ ). **Conclusion:** our data suggest that the posterior and superior dissection of the posterior arch must be made at lateral distance of 11,2mm and 7,4mm to the midline in order to provide safety during the procedure.

**Keywords:** Spine. Atlas. Vertebral artery. Spinal fusion.

**Citation:** Carvalho MF, Rocha RT, Monteiro JTS, Pereira CU, Defino HLA. Vertebral artery groove anatomy. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2009; 17(1):50-4. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

pulsar a artéria vertebral. Algumas vezes a porção distal do SAV forma uma ponte óssea completa ou incompleta com a margem posterior da faceta articular superior do atlas, formando um forame. Essa estrutura anatômica é denominada: ponticulus posticus (PP), Kimmerle's variant, forame retroarticular superior, canal vertebral, canal retroarticular ou arco da artéria vertebral retrocondilar.<sup>2-7</sup> A presença parcial ou total do PP encontrada na literatura varia entre 5,14%<sup>8</sup> a 51%.<sup>9</sup>

O número de procedimentos na articulação atlantoaxial tem aumentado bastante com o desenvolvimento dos meios diagnósticos, melhor entendimento da biomecânica dessa área de transição e com o desenvolvimento dos métodos de fixação.<sup>10,11</sup> Os métodos de fixação variam desde a amarrilha, fixação com parafusos

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

1 - Departamento de Medicina da Universidade Federal de Sergipe.

2 - Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto-USP

Endereço para Correspondência: Rua: José Seabra Batista, no: 255; Condomínio: Tyrol; Edifício Innsbruck; Apto:1204, Jardins, Aracaju, Sergipe, Brasil. Email: [carvalhomax@hotmail.com](mailto:carvalhomax@hotmail.com)

Trabalho recebido em 10/09/07 aprovado em 06/01/08

transarticular, uso de ganchos, inserção de parafusos na massa articular ou translaminar no atlas. A lesão iatrogênica da artéria vertebral é a complicação transoperatória mais citada.<sup>12-16</sup> A lesão ocorre com maior frequência durante a fixação com parafusos transarticulares ou na massa lateral e raramente durante o acesso cirúrgico na junção craniocervical.<sup>17</sup>

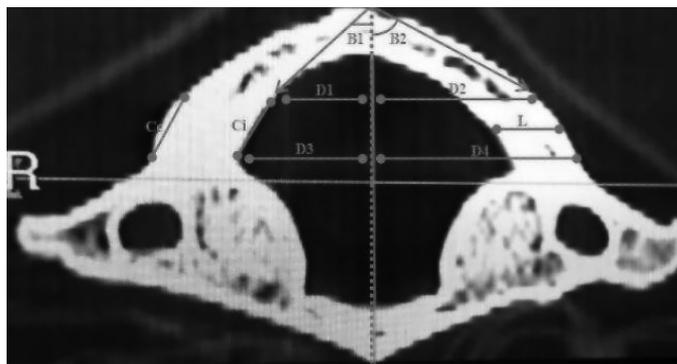
O objetivo desse estudo é descrever o SAV em atlas ressecados através de observações anatômicas e radiológicas com o uso de tomografia computadorizada helicoidal.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Trinta vértebras cervicais (C1 ou atlas) de cadáveres adultos não identificados foram obtidas através de doação da Empresa Municipal de Serviços Urbanos (EMURB) de Aracaju – Sergipe – Brasil, através de parecer nº. 047/2005. As vértebras foram provenientes de indivíduos de origem local, sepultados como indigentes, e não houve distinção quanto ao sexo, idade ou raça. Após dissecação, limpeza e fixação as vértebras foram numeradas para posterior análise através de medidas anatômicas manuais com paquímetro digital quadridimensional (Starret SR44, com precisão de 0,01mm) e radiológicas através de tomografia computadorizada helicoidal (Toshiba Asteion TSX – 021A/1A, cortes com espessura de 1mm).

Os parâmetros anatômicos medidos através da tomografia e do estudo anatômico foram: Comprimento interno do sulco (Ci), comprimento externo do sulco (Ce), largura do sulco (L), espessura do sulco (E), projeção medial proximal (D1), projeção lateral proximal (D2), projeção medial distal (D3), projeção lateral distal (D4). As medidas angulares do ângulo  $\beta_1$ , formado pela linha que passa pela borda interna do arco na porção inicial do sulco e pelo tubérculo posterior em relação à linha média, e do ângulo  $\beta_2$ , formado pela linha que passa na porção mais externa do arco posterior e pelo tubérculo posterior em relação à linha média, foram somente avaliadas pela tomografia computadorizada. (Figura 1)

Para avaliar a reprodutibilidade das mensurações realizadas, as medidas anatômicas foram realizadas por dois observadores, sem conhecimento dos resultados do primeiro observador. Foi selecionado aleatoriamente um subgrupo de cinco vértebras que



**Figura 1** – Estudo do SAV em imagem tomográfica: (Ci): distância ântero-posterior do SAV, (Ce): distância ântero-posterior, (L): distância entre a borda interna e a borda externa, (E): distância da face superior à face inferior, (D1): distância entre a borda interna do arco na porção inicial do sulco e a linha média longitudinal, (D2): distância entre a borda externa do arco na porção inicial do sulco e a linha média, (D3): distância entre a borda interna do arco na porção final do sulco e a linha média, (D4): distância entre a borda externa do arco na porção final do sulco e a linha média, ( $\beta_1$ ): ângulo formado pela linha que passa pela borda interna do arco na porção inicial do SAV e pelo tubérculo posterior em relação à linha média, ( $\beta_2$ ): ângulo formado pela linha que passa na porção mais externa do arco posterior e pelo tubérculo posterior em relação à linha média.

foram submetidas a novo exame tomográfico nos quais as medidas foram realizadas uma segunda vez pelo mesmo observador, sem conhecimento dos resultados da primeira mensuração. Para a análise da variação interobservador e intraobservador e com o estudo radiológico foi calculado o coeficiente de correlação intraclassas (CCI).<sup>18,19</sup>

A consistência entre as medidas realizadas pelos dois observadores e pela radiologia foi avaliada através do CCI<sup>18,19</sup> e do respectivo intervalo de confiança (95% de confiança). Para a comparação das variáveis avaliadas dos lados direito e esquerdo, foi adotado o modelo de regressão linear. Nos casos em que mais de uma medida era realizada em uma mesma vértebra por métodos (ou pesquisadores) diferentes (observadores 1 e 2 e radiologia), o modelo possibilitou o ajuste de uma reta para cada método. A igualdade dos lados foi avaliada pelo teste da hipótese de que o intercepto da reta era igual a zero e de que o coeficiente angular era igual a um.

## RESULTADOS

Baseados nos achados das medidas dos trinta atlas, foram calculadas a mediana, média, valor máximo, valor mínimo, desvio padrão e o coeficiente de correlação intraclassa. Tanto as medidas lineares quanto as angulares não demonstraram diferença estatística interobservador, intraobservador e a radiologia. A confiabilidade entre essas medidas é significativamente maior que zero. Todos os valores do coeficiente de correlação intraclassa foram próximos a 1, indicando serem as medidas confiáveis, tanto no estudo inter-observadores quanto no estudo intra-observadores. As medidas obtidas do comprimento interno e externo do SAV não apresentaram discrepância significativa entre os lados direito e esquerdo tanto no estudo anatômico como no estudo radiológico. A média observada do comprimento interno foi de  $7,58 \pm 1,50$  mm à direita da média dos observadores e  $7,80 \pm 1,48$  mm na radiologia. As médias observadas à esquerda foram de  $7,29 \pm 1,20$  mm da média dos observadores e  $7,53 \pm 1,24$  mm na radiologia. Para o comprimento externo do SAV, as médias observadas à direita da média dos observadores foram  $9,68 \pm 2,18$  mm e  $9,93 \pm 2,09$  na radiologia e as médias observadas à esquerda foram de  $9,54 \pm 1,77$  mm da média dos observadores e  $9,85 \pm 1,70$  mm na radiologia. (Tabela 1)

As medidas obtidas tanto da largura quanto da espessura do SAV apresentaram diferença significativa entre os lados direito e esquerdo tanto nos achados de ambos os observadores como no estudo radiológico. A média observada da largura foi de  $8,49 \pm 1,43$  mm à direita da média dos observadores e  $7,73 \pm 1,54$  mm na radiologia. As médias observadas à esquerda foram de  $8,78 \pm 1,49$  mm da média dos observadores e  $7,96 \pm 1,57$  mm na radiologia. A média observada da espessura à direita da média dos observadores foram  $3,87 \pm 0,83$  mm e  $3,82 \pm 0,82$  mm na radiologia e as médias observadas à esquerda foram de  $3,92 \pm 1,10$  mm da média dos observadores e  $3,81 \pm 1,06$  mm na radiologia. (Tabela 2)

As medidas das inclinações  $\beta_1$  apresentaram uma média de  $47,45^\circ \pm 6,24^\circ$  à direita e  $47,31^\circ \pm 6,06^\circ$  à esquerda. Foi observada diferença significativa entre os lados direito e esquerdo ( $p = 0,1826$ ). As medidas das inclinações  $\beta_2$  apresentaram uma média de  $63,51^\circ \pm 5,22^\circ$  à direita e  $62,95^\circ \pm 3,85^\circ$  à esquerda ( $p = 0,0001$ ). (Tabela 3)

Quanto à projeção D1, observamos resultados variante entre os lados direito e esquerdo tanto nos achados de ambos os observadores como no estudo radiológico ( $p = 0,1428$ ). As médias da projeção D1 observadas à direita no estudo anatômico foram  $10,96 \pm 2,03$  mm e  $11,20 \pm 2,07$  mm na radiologia; e à esquerda

**Tabela 1 - Comprimento interno e externo do sulco da artéria vertebral**

|                   | Comprimento interno |       |       |       |              |       |       |       | Comprimento externo |       |       |       |           |       |       |       |
|-------------------|---------------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|                   | D                   |       |       |       | E            |       |       |       | D                   |       |       |       | E         |       |       |       |
|                   | Obs1                | Obs2  | Méd   | Rad   | Obs1         | Obs2  | Med   | Rad   | Obs1                | Obs2  | Méd   | Rad   | Obs1      | Obs2  | Med   | Rad   |
| Mínimo            | 4,19                | 4,12  | 4,16  | 4,60  | 5,27         | 5,24  | 5,53  | 5,60  | 6,36                | 5,74  | 6,35  | 6,70  | 7,23      | 7,18  | 7,25  | 7,50  |
| Máximo            | 10,83               | 10,43 | 10,63 | 11,10 | 10,81        | 10,28 | 10,55 | 10,90 | 16,24               | 16,51 | 16,38 | 16,50 | 13,42     | 13,15 | 13,29 | 13,60 |
| Mediana           | 7,39                | 7,67  | 7,60  | 7,70  | 7,45         | 7,52  | 7,52  | 7,65  | 9,47                | 9,57  | 9,56  | 9,70  | 9,16      | 9,36  | 9,27  | 9,40  |
| Média             | 7,54                | 7,61  | 7,58  | 7,80  | 7,28         | 7,30  | 7,29  | 7,53  | 9,69                | 9,67  | 9,68  | 9,93  | 9,51      | 9,56  | 9,54  | 9,85  |
| DP                | 1,47                | 1,56  | 1,50  | 1,48  | 1,26         | 1,18  | 1,20  | 1,24  | 2,11                | 2,32  | 2,18  | 2,09  | 1,79      | 1,75  | 1,77  | 1,70  |
| CCI               | 0,99                |       |       |       | 0,99         |       |       |       | 0,99                |       |       |       | 0,99      |       |       |       |
| IC <sub>95%</sub> | [ 0,98;1]           |       |       |       | [ 0,98;0,99] |       |       |       | [ 0,97;0,99]        |       |       |       | [ 0,99;1] |       |       |       |
| P                 | <0.0001             |       |       |       | <0.0001      |       |       |       | <0.0001             |       |       |       | <0.0001   |       |       |       |

**Tabela 2 - Largura e espessura do sulco da artéria vertebral**

|                   | Largura      |       |       |      |              |       |       |       | Espessura    |      |      |      |              |      |      |      |
|-------------------|--------------|-------|-------|------|--------------|-------|-------|-------|--------------|------|------|------|--------------|------|------|------|
|                   | D            |       |       |      | E            |       |       |       | D            |      |      |      | E            |      |      |      |
|                   | Obs1         | Obs2  | Med   | Rad  | Obs1         | Obs2  | Med   | Rad   | Obs1         | Obs2 | Méd  | Rad  | Obs1         | Obs2 | Med  | Rad  |
| Mínimo            | 4,61         | 4,73  | 4,67  | 3,30 | 5,15         | 5,17  | 5,32  | 4,40  | 2,49         | 2,16 | 2,42 | 2,40 | 2,26         | 2,27 | 2,39 | 2,40 |
| Máximo            | 11,28        | 11,45 | 11,37 | 9,90 | 11,36        | 11,74 | 11,55 | 10,30 | 6,48         | 6,13 | 6,31 | 6,10 | 8,02         | 8,25 | 8,14 | 7,70 |
| Mediana           | 8,56         | 8,55  | 8,52  | 7,80 | 9,22         | 9,15  | 9,23  | 8,30  | 3,84         | 3,86 | 3,79 | 3,75 | 3,65         | 3,81 | 3,62 | 3,55 |
| Média             | 8,47         | 8,51  | 8,49  | 7,73 | 8,73         | 8,82  | 8,78  | 7,96  | 3,83         | 3,91 | 3,87 | 3,82 | 3,86         | 3,98 | 3,92 | 3,81 |
| DP                | 1,43         | 1,44  | 1,43  | 1,54 | 1,44         | 1,55  | 1,49  | 1,57  | 0,86         | 0,83 | 0,83 | 0,82 | 1,09         | 1,14 | 1,10 | 1,06 |
| CCI               | 0,90         |       |       |      | 0,95         |       |       |       | 0,98         |      |      |      | 0,99         |      |      |      |
| IC <sub>95%</sub> | [ 0,81;0,95] |       |       |      | [ 0,91;0,97] |       |       |       | [ 0,96;0,99] |      |      |      | [ 0,98;0,99] |      |      |      |
| P                 | <0.0001      |       |       |      | <0.0001      |       |       |       | <0.0001      |      |      |      | <0.0001      |      |      |      |

**Tabela 3 - Inclinações Gerais do atlas**

|         | Inclinação B1 |       | Inclinação B2 |       |
|---------|---------------|-------|---------------|-------|
|         | D             | E     | D             | E     |
| Mínimo  | 33,90         | 31,10 | 52,10         | 54,20 |
| Máximo  | 57,90         | 56,70 | 79,80         | 69,70 |
| Mediana | 49,35         | 48,35 | 64,00         | 63,45 |
| Média   | 47,45         | 47,31 | 63,51         | 62,95 |
| DP      | 6,24          | 6,06  | 5,22          | 3,85  |

11,27 ± 2,18 mm e 11,50 ± 2,14 mm na radiologia. (Tabela 4) As projeções D2, D3, e D4 não apresentaram diferença significativa entre os lados direito e esquerdo tanto no estudo anatômico quanto no estudo radiológico (p < 0,001). As medidas da projeção D2 mostraram uma média à direita de 18,83 ± 3,03 mm na média dos observadores e 19,06 ± 3,04 mm na radiologia; à esquerda foram observados uma média de 18,87 ± 2,43 mm e 19,07 ± 2,43 mm na radiologia. Na projeção D3 observamos uma média à direita de 14,18 ± 2,36 mm na média dos observadores e 14,46 ± 2,37 mm na radiologia; à esquerda foram observadas uma média de 14,26 ± 1,71 mm na média dos observadores e 14,54 ± 1,70 mm na radiologia. Na projeção D4 observamos uma média à direita de 23,01 ± 2,79 mm na média dos observadores e 23,19 ± 2,88 mm na radiologia; à esquerda foram observadas uma média de 23,85 ± 2,17 mm e 24,07 ± 2,20 mm na radiologia. (Tabela 4 e 5)

**Tabela 4 - Projeções Mediais Proximal e Distal do sulco da artéria vertebral**

|                   | D1        |       |       |       |           |       |       |       | D3        |       |       |       |           |       |       |       |
|-------------------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|                   | D         |       |       |       | E         |       |       |       | D         |       |       |       | E         |       |       |       |
|                   | Obs1      | Obs2  | Méd   | Rad   | Obs1      | Obs2  | Med   | Rad   | Obs1      | Obs2  | Méd   | Rad   | Obs1      | Obs2  | Med   | Rad   |
| Mínimo            | 7,32      | 7,49  | 7,47  | 7,40  | 7,63      | 7,68  | 7,66  | 7,90  | 10,53     | 10,82 | 10,68 | 10,90 | 11,46     | 11,19 | 11,33 | 11,70 |
| Máximo            | 14,73     | 14,91 | 14,73 | 15,00 | 15,16     | 15,76 | 15,46 | 15,90 | 23,46     | 23,82 | 23,64 | 24,00 | 19,34     | 19,31 | 19,33 | 19,50 |
| Mediana           | 10,41     | 10,81 | 10,52 | 10,75 | 11,26     | 11,13 | 11,33 | 11,50 | 13,94     | 14,04 | 13,98 | 14,20 | 14,07     | 14,16 | 14,12 | 14,45 |
| Média             | 10,90     | 11,01 | 10,96 | 11,20 | 11,23     | 11,30 | 11,27 | 11,50 | 14,15     | 14,21 | 14,18 | 14,46 | 14,24     | 14,28 | 14,26 | 14,54 |
| DP                | 2,06      | 2,01  | 2,03  | 2,07  | 2,13      | 2,24  | 2,18  | 2,14  | 2,33      | 2,40  | 2,36  | 2,37  | 1,72      | 1,70  | 1,71  | 1,70  |
| CCI               | 0,99      |       |       |       | 1,00      |       |       |       | 1,00      |       |       |       | 1,00      |       |       |       |
| IC <sub>95%</sub> | [ 0,99;1] |       |       |       | [ 0,99;1] |       |       |       | [ 0,99;1] |       |       |       | [ 0,99;1] |       |       |       |
| P                 | <0.0001   |       |       |       | <0.0001   |       |       |       | <0.0001   |       |       |       | <0.0001   |       |       |       |

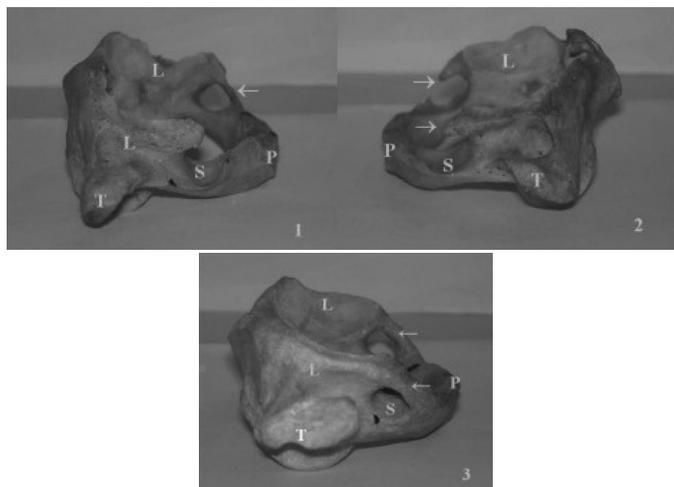
**Tabela 5 – Projeções Laterais Proximal e Distal do Sulco da artéria vertebral**

|                   | D2      |       |       |       |           |       |       |       | D4      |       |       |       |           |       |       |       |
|-------------------|---------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|
|                   | D       |       |       |       | E         |       |       |       | D       |       |       |       | E         |       |       |       |
|                   | Obs1    | Obs2  | Méd   | Rad   | Obs1      | Obs2  | Med   | Rad   | Obs1    | Obs2  | Méd   | Rad   | Obs1      | Obs2  | Med   | Rad   |
| Mínimo            | 11,14   | 11,18 | 11,16 | 11,30 | 14,08     | 14,13 | 14,11 | 14,40 | 13,29   | 13,94 | 13,62 | 13,50 | 19,95     | 19,37 | 19,66 | 19,70 |
| Máximo            | 23,64   | 23,94 | 23,79 | 24,10 | 23,91     | 23,36 | 23,64 | 24,10 | 26,38   | 26,74 | 26,56 | 26,20 | 27,43     | 27,58 | 27,43 | 27,60 |
| Mediana           | 18,16   | 18,60 | 18,38 | 18,40 | 18,39     | 18,57 | 18,43 | 18,95 | 23,91   | 23,95 | 23,99 | 24,30 | 23,81     | 23,88 | 23,79 | 24,10 |
| Média             | 18,78   | 18,88 | 18,83 | 19,06 | 18,81     | 18,91 | 18,87 | 19,07 | 22,93   | 23,09 | 23,01 | 23,19 | 23,81     | 23,88 | 23,85 | 24,07 |
| DP                | 3,05    | 3,02  | 3,03  | 3,04  | 2,47      | 2,40  | 2,43  | 2,43  | 2,83    | 2,75  | 2,79  | 2,88  | 2,14      | 2,23  | 2,17  | 2,20  |
| CCI               | 1,00    |       |       |       | 1,00      |       |       |       | 1,00    |       |       |       | 1,00      |       |       |       |
| IC <sub>95%</sub> | [ 1;1]  |       |       |       | [ 0,99;1] |       |       |       | [ 1;1]  |       |       |       | [ 0,99;1] |       |       |       |
| P                 | <0.0001 |       |       |       | <0.0001   |       |       |       | <0.0001 |       |       |       | <0.0001   |       |       |       |

A presença do PP foi observada em 12 dos atlas estudados (n=30). As vértebras foram classificadas em 5 tipos (Tabela 6): Tipo I (n=3), quando havia a presença do PP em ambos os lados de maneira completa formando um arco que delimitava um segundo forame com o SAV; tipo II (n=2), quando havia a presença do PP completa em apenas um dos lados; tipo III (n=4) quando havia a presença do PP em ambos os lados de maneira incompleta formando um semi-arco ou espícula óssea que delimitava um segundo forame com o SAV aberto; tipo IV (n=3) quando havia a presença do PP em apenas um dos lados de maneira incompleta e tipo V (n= 0) quando houvesse a presença de PP completo em um lado e incompleto contralateral. (Figura 2)

**Tabela 6 - Incidência de Ponticulus posticus**

| Presença do pontículo/ Tipo |          | D | E | Bilateral |
|-----------------------------|----------|---|---|-----------|
| Completo                    | Tipo I   | - | - | 3         |
|                             | Tipo II  | 2 | 0 | -         |
| Incompleto                  | Tipo III | - | - | 4         |
|                             | Tipo IV  | 3 | 0 | -         |



**Figura 2 – Atlas humanos ressecados apresentando ponticulus posticus. 2.1: PP tipo II, onde o PP está completamente presente em um dos lados, 2.2: PP tipo III, onde o PP está incompleto formando um semi arco ou espícula óssea delimitando um segundo forame com uma abertura, 2.3: PP tipo I, onde o PP está presente completo nos dois lados formando um arco que delimita um forame com o SAV. (→): Ponticulus, (P): Arco Posterior, (S): Sulco da artéria vertebral, (L): Massa Lateral, (T): Apófise Transversa.**

Nos cinco casos em que a estrutura foi classificada como unilateral, dois do tipo II e três do tipo IV, o acidente anatômico foi observado à direita. A tabela 6 descreve a incidência dos diferentes tipos encontrados no presente estudo. Não foi observado na série estudada nenhum caso em que havia a presença do PP completo em um lado e incompleto contralateral.

## DISCUSSÃO

Os altos valores dos coeficientes de correlação intraclasse entre as medidas radiológicas e as observações anatômicas feitas com o paquímetro nos permite inferir que a avaliação do SAV através da radiologia é método confiável e preciso para estudar o SAV e garantir que os procedimentos cirúrgicos não ultrapassem os limites mínimos de segurança estabelecidos.

Na morfologia do SAV observamos a presença uma ponte óssea com a margem posterior da faceta articular superior do atlas, formando uma forame, em 40% dos casos, denominado ponticulus posticus. No nosso estudo o PP foi observado de forma completa ou incompleta, sendo que possuía o arco completo em 42% (n=5) dos casos. Hasan et al.<sup>3</sup> após revisão da literatura encontraram uma incidência entre 5,84% a 51% da população estudada.

Em 58% (n=7) dos casos o ponticulus foi observado bilateralmente. Nos casos em que a presença do PP foi unilateral, esta estrutura localizou-se exclusivamente à direita. Embora nas séries de dissecções de Hasan et al.<sup>3</sup> e de Dhall et al.<sup>9</sup>, o PP foi encontrado com maior freqüência no lado esquerdo. Dhall et al.<sup>9</sup> acreditam que a maior incidência seria no lado esquerdo pela maior predominância de pessoas destras, já que o músculo esternocleidomastóideo direito seria mais forte e tenderia a inclinar a cabeça para o lado oposto.

O SAV fica localizado na porção anterior do arco posterior do atlas. Numa visão superior este apresenta um curso curvado de lateral para medial posterior a base da faceta atlantooccipital.<sup>20,21</sup> Em nosso estudo foi observado que o comprimento externo foi significativamente mais extenso que o comprimento interno ( $p < 0,05$ ). A média observada do comprimento interno foi de 7,58 mm à direita da média dos observadores e 7,80 mm na radiologia. As médias observadas à esquerda foram de 7,29 mm da média dos observadores e 7,53 mm na radiologia. Para o comprimento externo do SAV, as médias observadas à direita da média dos observadores foram 9,68 mm e 9,93 na radiologia e as médias observadas à esquerda foram de 9,54 mm da média dos observadores e 9,85 mm na radiologia.

Tan et al.<sup>22</sup> relataram a fixação do atlas através do arco posterior. O ponto de entrada seria a 19,01 mm lateral a linha média do arco posterior e 2,03 mm superior à borda inferior do arco posterior. A

espessura do sulco vertebral seria de  $9,51 \pm 2,09$  mm à direita e  $9,68 \pm 2,40$  mm à esquerda Nas 50 vértebras estudadas somente em 4 casos (8%) a espessura do arco posterior apresentou uma espessura menor que 4mm. Nesses casos a fixação deve ser realizada através da massa lateral ou transarticular. Ebraheim et al.<sup>23</sup> mediram as dimensões do sulco da artéria vertebral e observou que a espessura do sulco da artéria vertebral era de  $4,1 \pm 1,2$  mm. No nosso estudo a espessura da média dos observadores encontrada foi de  $3,87 \pm 0,83$  mm à direita e  $3,92 \pm 1,10$  mm à esquerda. Essas observações inviabilizariam a fixação através do arco posterior proposta por Tan et al.<sup>22</sup>

Ebraheim et al.<sup>23</sup> estudaram os parâmetros dimensionais do SAV em sua porção atlantal em 50 cadáveres de adultos jovens. Os autores observaram as larguras das entradas medial e lateral do SAV, e estabeleceram a média de 9,2 mm para os espécimes masculinos e de 8,8 mm para espécimes femininos para a primeira medida e 6,8 mm para os espécimes masculinos e de 5,6 mm para espécimes femininos, para a segunda medida.

Em nosso estudo observamos que o SAV apresentou uma maior largura e maior espessura do lado esquerdo ( $p < 0,05$ ) tanto nas medidas anatômica dos observadores quanto na radiologia. Possivelmente, devido a predominância da artéria vertebral que é dominante em 42% dos casos a esquerda, 32% a direita e simétrica em 26%.<sup>24</sup>

Em consequência da posição ventral da artéria vertebral dentro do sulco ósseo da superfície superior do arco posterior do atlas, a artéria vertebral se encontra vulnerável durante o acesso cirúrgico posterior da transição craniocefálica, especialmente durante a extensão lateral superior do arco de C1. Quanto à projeção D1, observamos resultados variantes entre os lados direito e esquerdo tanto nos achados de ambos os observadores como no estudo radiológico ( $p = 0,1428$ ). As médias da projeção D1 observadas à direita no estudo anatômico foram 10,96 e 11,20 mm na radiologia; e à esquerda 11,27 e 11,50 mm na radiologia. As medidas da projeção D2 mostraram uma média à direita de 18,83 mm na média dos observadores e 19,06 mm na radiologia; à esquerda foram observados uma média de 18,87 na média dos observadores e 19,07 mm na radiologia. Estes dados sugerem que a dissecação posterior do arco posterior deve permanecer a uma distância lateral de 11,2

mm da linha média, e que a dissecação superior do arco posterior deve permanecer dentro de 7,4 mm da linha média.

Stauffer et al.<sup>25</sup> recomendaram que a manipulação cirúrgica no arco posterior do atlas fosse feita a aproximadamente 10 mm da linha média posterior bilateralmente para impedir lesões da artéria vertebral durante dissecações mais profundas. Simpson et al.<sup>26</sup> afirmam que a exposição cirúrgica posterior do atlas não deve ultrapassar 15 mm da linha média nos adultos e 10 mm nas crianças. Ebraheim et al.<sup>23</sup> mostraram que distância da linha média posterior à borda do SAV no córtex interno do arco posterior do atlas era 10 mm para os espécimes masculinos e 9 mm para espécimes femininos, com um mínimo de 8 mm para ambos os gêneros e que a distância da linha média posterior à borda do SAV no córtex externo do arco posterior do atlas era 19 mm para os espécimes masculinos e 17 mm para espécimes femininos, com um mínimo de 12 mm para ambos os gêneros.

As medidas das inclinações  $\beta 1$  apresentaram uma média de  $47,45^\circ$  à direita e  $47,31^\circ$  à esquerda. Foi observada diferença significativa entre os lados direito e esquerdo ( $p > 0,05$ ). As medidas das inclinações  $\beta 2$  apresentaram uma média de  $63,51^\circ$  à direita e  $62,95^\circ$  à esquerda ( $p < 0,01$ ). Ebraheim et al.<sup>23</sup> estabeleceram o ângulo em relação à linha média posterior no plano sagital, correspondente a  $\beta 2$ , obtendo aproximadamente  $61^\circ$  para os espécimes masculinos e  $66^\circ$  para espécimes femininos.

## CONCLUSÃO

Baseado nas medidas das 30 vértebras cervicais C1, apresentamos um detalhado conjunto de dados anatômicos a respeito do sulco da artéria vertebral e sua relação com a linha média do arco posterior do atlas. Esta informação pode ser útil para evitar lesão na artéria vertebral durante a instrumentação posterior do atlas. Nosso estudo sugere que o ponticulus posticus é uma anomalia comum que pode ser facilmente confundido com um arco posterior do atlas alargado. Nós recomendamos que antes de inserir um parafuso no que aparenta ser um arco posterior alargado, o cirurgião deve rever as tomografias da coluna cervical para conferir se há o ponticulus posticus presente e para delimitar os limites mediais e laterais da exposição cirúrgica em que há segurança no procedimento, impedindo lesões na artéria vertebral.

## REFERÊNCIAS

- Gardner F, Gray JD, O'Rahilly F. Anatomia. Traduzido por Rogerio Benevito. Tradução de ??????. 2a. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1967.
- Ercegovac N, Davidovic R. Foramen arcuale atlantis as the etiological factor of vertebrobasilar insufficiency – decompression of the vertebral artery. *Vojnosanit Pregl.* 1970;27:435-41.
- Hasan M, Shukla S, Siddiqui MS, Singh D. Posterolateral tunnels and ponticuli in human atlas vertebrae. *J Anat.* 2001; 199:339-43.
- Lamberty BG, Zivanovic S. The retro-articular vertebral artery ring of the atlas and its significance. *Acta Anat.* 1973;85:113-22.
- Li S, Li W, Sun JY. Operative treatment for cervical vertigo caused by foramen arcuale. *Chung Hua Wai Ko Tsa Chih.* 1995;33:137-9.
- Sun JY. Foramen arcuale and vertigo. *Chung Hua Wai Ko Tsa Chih.* 1990;28:592-4.
- Wight S, Osborne N, Breen AC. Incidence of ponticulus posterior of the atlas in migraine and cervicogenic headache. *J.Manipulative Physiol Ther.* 1999;22:15-20.
- Maihotra VK, Tewari SP, Bajpai RN. Study of vertebral artery foramen of atlas vertebra. *J.Anat Soc India.* 1979;28:103-5.
- Dhall U, Chhabras S, Dhall JC. Bilateral asymmetry in bridges and superior articular facets of atlas vertebra. *J.Anat Soc India.* 1993;42:23-7.
- Nogueira-Barbosa, M. Reconstruções multiplanares da tomografia computadorizada no estudo da artrose atlanto-axial transarticular [dissertação]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo; 2004.
- Richter M, Schmidt R, Claes L, Puhl W, Wilke HJ. Posterior atlantoaxial fixation: biomechanical in vitro comparison of six different techniques. *Spine.* 2002;27:1724-32.
- Nogueira-Barbosa MH, Defino HLA. Multiplanar reconstructions of helical computed tomography in planning of atlanto-axial transarticular fixation. *Eur Spine J.* 2005;14: 493-500.
- Weidner A, Wahler M, Chiu ST, Christopher U. Modification of C1-C2 transarticular Screws fixation by image guided surgery. *Spine.* 2000;25:2668-74.
- Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, Nakamura T. The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae. *Spine.* 2005;30:2800-5.
- Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, Tuite G, Veres R, Crockard HA. Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *J Neurosurg.* 1997a;86:961-8.
- Madawi AA, Solanki G, Casey ATH, Crockard HA. Variation of the groove in the axis vertebra for the vertebral artery: implications for instrumentation. *J Bone Joint Surg Br.* 1997b;79:820-3.
- Inamasu J, Guiot BH. Iatrogenic vertebral artery injury. *Acta Neurol Scand.* 2005;112:349-57.
- Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull.* 1979;86:420-8.
- Prieto LLR, Casado A. Assessment of the reliability of clinical findings: the intraclass correlation coefficient. *Med Clin (Barc).* 1998;110:142-5.
- Çvadar S, Arisan E. Variations in the extracranial origin of the human vertebral artery. *Acta Anat (Basel).* 1989;135:236-8.
- Newton TH, Mani RL. The vertebral artery In: Newton TH, Potts DG. editors. *Radiol of Skull and Brain.* New York: Medibooks Book; 1974. p.1659-709.
- Tan M, Wang H, Wang Y, Zhang G, Yi P, Li Z et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass. *Spine.* 2003;28:888-95.
- Ebraheim NA, Xu R, Ahmad M, Heck B. The Quantitative anatomy of the vertebral artery groove of the atlas and its relation to the posterior atlantoaxial approach. *Spine.* 1998;23:320-3.
- Taveras JM, Spellman JP. *Angiography.* In: Taveras JM. *Neuroradiology.* 3th ed. Baltimore: Williams &Wilkins; 1996.
- Stauffer ES. Posterior atlanto-axial arthrodesis: the Gallie and Brooks techniques and their modifications. *Tech Orthop.* 1994;9:43-8.
- Simpson JM, Ebraheim NA, Jackson WT, Chung S. Internal fixation of the thoracic and lumbar spine using Roy-Camille plates. *Orthopedics.* 1993;16:663-72.