UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde Aplicadas ao
Aparelho Locomotor

NARCÉLIO MENDES FERREIRA FILHO

Estudo morfométrico do atlas

Ribeirão Preto

2018

NARCÉLIO MENDES FERREIRA FILHO

Estudo morfométrico do atlas

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero

Ribeirão Preto

2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ferreira Filho, Narcélio Mendes

Estudo morfométrico do atlas. Ribeirão Preto, 2018.

58 p.: il.; 30 cm.

Dissertação de Mestrado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

Orientador: Herrero, Carlos Fernando Pereira da Silva.

1. Tomografia computadorizada. 2. Atlas. 3. Anatomia. 4. Coluna cervical.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: FERREIRA FILHO, Narcélio Mendes

Título: Estudo morfométrico do atlas.

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto da Universidade
de São Paulo, para obtenção do título de
Mestre em Ciências.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Quero agradecer, em primeiro lugar, a Deus, pela força e coragem durante toda esta longa caminhada.

Ao meu pai **Narcélio Mendes**, por me ensinar a ser determinado e trabalhador. À minha mãe **Leila**, por ser o meu maior exemplo de caridade, paciência e amor ao próximo. Devo tudo que sou a eles.

À minha irmã **Alessandra**, por sempre me incentivar e apoiar, principalmente nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Fernando Herrero pela amizade e pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível essa jornada. Tenho com grande exemplo como pessoa e como profissional.

Ao Prof. Dr. Helton Luiz Aparecido Defino, pela oportunidade de ser seu aluno e de integrar a equipe de coluna do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto, durante a residência médica e pelos seus grandes ensinamentos.

Ao Dr. Bruno da Costa Ancheschi meu parceiro de em cirurgia de coluna, pela amizade e companheirismo, pela ajuda durante o desenvolvimento do meu trabalho e principalmente pelas risadas mesmo nos dias mais difíceis da residência.

À equipe da cirurgia de coluna do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto: Dr. Herton Costa pelas dicas no mestrado; Drs. Rafael Sugino e Raffaello Miranda pela parceria; Dr. Ricardo Arantes pela ajuda nas medidas tomográficas do trabalho.

Aos professores e funcionários da pós-graduação do Programa em Ciências da Saúde Aplicadas ao Aparelho Locomotor da FMRP-USP, em especial à secretária **Rita de Cássia Stela Cossalter**, pela paciência, pelas orientações e atenção oferecida.

Aos amigos e funcionários do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto e do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor (secretários, enfermeiros, auxiliares de enfermagem, instrumentadores e circulantes de sala cirúrgica) que durante esse trabalho, me deram palavras de incentivo e me apoiaram.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.
(Simone de Beauvoir)

RESUMO

FERREIRA FILHO, N. M. **Estudo morfométrico do atlas**. 2018. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

O tratamento cirúrgico das afecções que acometem a coluna cervical alta colocam em risco estruturas neurovasculares, como a artéria vertebral e a medula espinhal, durante a colocação de parafusos transarticulares em C1-C2 e parafusos de massa lateral em C1. O presente estudo visa determinar os parâmetros anatômicos do atlas (C1) em uma amostra da população brasileira, compará-los aos resultados já apresentados na literatura para outras populações e, assim, identificar e alterar as indicações dos implantes utilizados no tratamento das afecções da coluna cervical alta. Foi realizado um estudo observacional retrospectivo de um banco de dados prospectivo, incluindo 100 pacientes atendidos em um hospital terciário, entre janeiro de 2012 a dezembro de 2013. Foram utilizados cortes axiais e sagitais de tomografias computadorizadas. Os parâmetros estudados foram, no corte axial: o ponto de entrada do parafuso (DTPPE), o ângulo de segurança (ADSPA), o tamanho ideal do parafuso (TPA) e o tamanho da massa lateral entre os forames vertebral e transversos (DCVFT); no corte sagital foi medido o tamanho ideal do parafuso (TPS), o ângulo de segurança (ADSPS) e a espessura do arco posterior (EAP). Todos os parâmetros foram divididos de acordo com a idade, sexo e o lado esquerdo e direito. Resultados: O ponto de entrada dado pelo DTPPE foi $21,86 \pm 1,5$ mm a esquerda e $22,7 \pm 1,44$ mm a direita no sexo masculino; e $20 \pm 1,4$ mm a esquerda e $20,24 \pm 1,34$ mm a direita no sexo feminino. A zona de segurança (ADSPA) foi $23,68 \pm 6,12^\circ$ a esquerda e $24,0 \pm 5,82^\circ$ a direita no sexo masculino e $18,09 \pm 5,46^\circ$ a esquerda e $18,57 \pm 5,34^\circ$ a direita no sexo feminino. A espessura do arco posterior (EAP) encontrada no sexo masculino foi $8,95 \pm 1,75$ mm a esquerda e $8,92 \pm 2,22$ mm a direita, no sexo feminino encontramos uma espessura menor de $7,21 \pm 1,53$ mm a esquerda e $7,41 \pm 1,58$ a direita. Por meio de uma técnica original e reprodutível de avaliação de exames de tomografia computadorizada, os parâmetros anatômicos do Atlas encontrados na amostra da população estudada em nosso estudo foram semelhantes aos apresentados previamente na literatura. No entanto, foram observadas diferenças entre os sexos. Assim, recomendamos a utilização do exame de tomografia computadorizada como método de avaliação pré-operatória quando a fixação da massa lateral pelo arco posterior do Atlas for empregada.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada. Atlas. Anatomia. Coluna cervical.

ABSTRACT

FERREIRA FILHO, N. M. **Morphometric study of the atlas**. 2018. 58 f. Dissertation (Master) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2018.

The surgical treatment of conditions affecting the high cervical spine puts at risk neurovascular structures, such as the vertebral artery and the spinal cord, during the placement of transarticular screws in C1-C2 and lateral mass screws in C1. The present study aims to determine the anatomical parameters of the atlas (C1) in a sample of the Brazilian population, to compare them with the results already presented in the literature for other populations and thus to identify and change the indications of the implants used in the treatment of spinal affections cervical high. A retrospective observational study of a prospective database including 100 patients treated at a tertiary hospital between January 2012 and December 2013 was performed. Axial and sagittal sections of computed tomography were used. The parameters studied were, in the axial section: the screw entry point (DTPPE), the safety angle (ADSPA), the ideal screw size (TPA) and the lateral mass size between the vertebral and transverse foramina (DCVFT) ; in the sagittal cut, the ideal screw size (TPS), the safety angle (ADSPS) and the posterior arch thickness (EAP) were measured. All parameters were divided according to age, sex and left and right side. The entry point given by the DTPPE was 21.86 ± 1.5 mm on the left and 22.7 ± 1.44 mm on the right in the male; and 20 ± 1.4 mm on the left and 20.24 ± 1.34 mm on the right in the female. The safety zone (ADSPA) was $23.68 \pm 6.12^\circ$ on the left and $24.0 \pm 5.82^\circ$ on the right in the male sex and $18.09 \pm 5.46^\circ$ on the left and $18.57 \pm 5.34^\circ$ on the right in females. The posterior arch thickness (EAP) found in males was 8.95 ± 1.75 mm on the left and 8.92 ± 2.22 mm on the right, in females we found a thickness less than 7.21 ± 1.53 mm on the left and 7.41 ± 1.58 on the right. Using an original and reproducible technique for the evaluation of CT scans, the Atlas anatomical parameters found in the sample of the population studied in our study were similar to those previously reported in the literature. However, differences between the sexes were observed. Thus, we recommend the use of computed tomography (CT) examination as a preoperative evaluation method when lateral mass fixation by the posterior arch of the Atlas is used.

Keywords: Anatomy. Atlas. Cervical spine. Computed tomography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Cortes coronal (vistas anterior e posterior) e sagital da coluna vertebral.....	03
Figura 2 -	A- Vértebras cervicais agrupas (C2-T1) vista lateral; B – 2ª a 7ª vértebras cervicais – vista anterior; C – 1ª a 7ª vértebras cervicais – vista pósterio-lateral.....	03
Figura 3 -	Corte axial da primeira vértebra cervical – Atlas. Vista superior e vista inferior.....	04
Figura 4 -	Corte axial da primeira vértebra cervical – Atlas. Vista superior.....	05
Figura 5 -	Desenho esquemático demonstrando o trajeto da artéria vertebral desde a entrada pelo forame transversos até a penetração ao forame magno.....	05
Figura 6 -	A – Artrodese atlanto-axial pela técnica de Gallie; B – Artrodese atlanto-axial pela técnica de Brooks e Jenkins.....	06
Figura 7 -	A – Técnica de Magerl para artrodese atlanto-axial com o uso do parafuso transarticular; B – Técnica de Goel-Harms para artrodese-atlanto-axial com o uso do parafuso de massa lateral em C1.....	08
Figura 8 -	Corte tomográfico do atlas no plano axial. Presença de ambos os forâmens e processos transversos da mesma imagem.....	16
Figura 9 -	Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições.....	17
Figura 10 -	Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições.....	17
Figura 11 -	Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as medidas encontradas para o DTPPE, TPA e DCVFT.....	18
Figura 12 -	Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as linhas de segurança do parafuso e o ADSPA.....	18
Figura 13 -	: Reconstrução triplanar da tomografia do atlas. As linhas amarelas, azuis claras e rochas representam o posicionamento do corte tomográfico em cada plano. A linha amarela era posicionada sobre o ponto de entrada previamente encontrado no plano axial (Figura	

	A) e dessa forma obtinha o corte sagital (figura B) e coronal (Figura C) correspondentes.....	19
Figura 14 -	Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições.....	19
Figura 15 -	Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições e ponto de entrada ideal do parafuso.....	20
Figura 16 -	Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando as linhas de segurança para colocação do parafuso e o TPS.....	20
Figura 17 -	Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando o ADSPS e EAP....	21
Figura 18 -	Técnica de medição utilizada por Lee et al. para determinar a espessura do arco posterior. Foi medida espessura crânio-caudal mais fina do sulco da artéria vertebral.....	35
Figura 19 -	Técnica de medição utilizada para determinar a espessura do arco posterior (EAP), o tamanho do parafuso (TPS) e o ângulo de segurança do parafuso (ADSPS). Para a EAP foi considerada a espessura do arco posterior na sua parte distal e não do sulco da artéria vertebral. Para a determinação do ADSPS foi levado em consideração a colocação de um parafuso de 3,5 mm na parte mais fina do sulco da artéria vertebral.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada.....	24
Tabela 2 -	Ângulo de segurança do parafuso axial.....	25
Tabela 3 -	Tamanho do parafuso axial.....	25
Tabela 4 -	Distância do canal vertebral ao forame transversal.....	26
Tabela 5 -	Tamanho do parafuso sagital.....	27
Tabela 6 -	Ângulo de segurança do parafuso sagital.....	27
Tabela 7 -	Ângulo de segurança do parafuso sagital.....	28
Tabela 8 -	Os coeficientes de correlação intraclassa (CCI) com o respectivo intervalo de confiança de 95% (IC 95%) para estimativa de confiabilidade interobservador.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Parâmetros avaliados no plano axial nas imagens de TC.....	15
Quadro 2 -	Parâmetros avaliados no plano sagital nas imagens de TC.....	15

LISTA DE ABREVIATURAS

ADSPA	– ângulo de segurança do parafuso axial
ADSPAD	– ângulo de segurança do parafuso axial direito
ADSPA E	– ângulo de segurança do parafuso axial esquerdo
ADSPS	- ângulo de segurança do parafuso sagital
ADSPSD	- ângulo de segurança do parafuso sagital direito
ADSPSE	- ângulo de segurança do parafuso sagital esquerdo
CCI	- coeficiente de correlação interclasses
cm	- centímetros
C1	- primeira vértebra cervical
C2	- segunda vértebra cervical
C3	- terceira vértebra cervical
C4	- quarta vértebra cervical
C5	- quinta vértebra cervical
C6	- sexta vértebra cervical
C7	- sétima vértebra cervical
DCVFT	– distância do canal vertebral ao forame transverso
DCVFTD	– distância do canal vertebral ao forame transverso direito
DCVFTE	– distância do canal vertebral ao forame transverso esquerdo
DISH	– doença hiperostótica familiar
DP	– desvio padrão
DTPPE	– distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada
DTPPED	– distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada direito
DTPPEE	– distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada esquerdo
EAP	– Espessura do arco posterior
EAPD	– Espessura do arco posterior direito
EAPE	– Espessura do arco posterior esquerdo
FMRP	- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
FT	- forame transverso
IC	-intervalo de confiança
mm	- milímetros
TC	- tomografia computadorizada

TPA – tamanho do parafuso axial

TPAD – tamanho do parafuso axial direito

TPAE – tamanho do parafuso axial esquerdo

TPS – tamanho do parafuso sagital

TPSD – tamanho do parafuso sagital direito

TPSE – tamanho do parafuso sagital esquerdo

T1 - primeira vertebra torácica

USP - Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	01
1.1	Anatomia	02
1.2	Técnicas cirúrgicas	05
2	OBJETIVOS	09
2.	Objetivos	10
3	MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1	Casuística.....	12
3.2	Aquisição de imagens.....	12
3.3	Processamento e análise das imagens	13
3.4	Parâmetros avaliados	13
3.5	Metodologia de avaliação.....	13
3.6	Análise estatística	19
4	RESULTADOS	21
4.1	Parâmetros axiais.....	22
4.2	Parâmetros sagitais.....	24
4.3	Confiabilidade interobservador.....	26
5	DISCUSSÃO	28
6	CONCLUSÃO	34
	REFERÊNCIAS	36
	ANEXO A- Parecer Comitê de Ética em Pesquisa	41

INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Diversas doenças podem acometer a coluna vertebral. Dentre elas, as mais prevalentes são a doença degenerativa, as lesões traumáticas, as infecções e as neoplasias. Apesar de diferirem na forma de apresentação e, mais ainda, no método ideal de tratamento, em geral as afecções da coluna vertebral podem evoluir com compressões das estruturas neurais e instabilidade dos segmentos vertebrais. Devido a variação na apresentação clínica das doenças as modalidades de tratamento podem variar desde o repouso e imobilização com órtese, até a fixação cirúrgica e artrodese dos segmentos vertebrais.

O conhecimento da morfologia e anatomia das vértebras, das estruturas adjacentes, e suas variações são essenciais para a realização segura de procedimentos cirúrgicos na coluna vertebral.¹⁻³ Dentre os procedimentos cirúrgicos envolvidos no tratamento cirúrgico estão as técnicas de fixação, a descompressão das estruturas neurais e a realização da artrodese.

1.1 Anatomia

A coluna vertebral pode ser dividida em segmentos cervical, torácico, lombar e sacrococcígeo (Figura 1)⁴. A divisão é fundamentada nas características anatômicas das vértebras de cada segmento. A coluna cervical é formada por 7 vértebras, sendo que da terceira à sexta vértebra cervical encontramos características anatômicas semelhantes. Uma dessas características das vértebras cervicais é um maior diâmetro do canal vertebral em relação ao corpo. Acredita-se que isso se deva ao fato de sustentarem menos peso.⁵ Outra particularidade desta região anatômica é a presença dos processos unciformes, formados pelo prolongamento das bordas laterais da superfície superior de cada corpo. Além disso, nas vértebras cervicais existe a presença dos forâmens transversais (FT) por onde passam a artéria vertebral, a veia vertebral e o plexo simpático (Figura 2).

Coluna Vertebral – cortes coronais e sagital

Fonte: Putz e Pabst (2000)⁴

Figura 1 – Cortes coronal (vistas anterior e posterior) e sagital da coluna vertebral

Vértebras Cervicais

Fonte: A Netter (2000)⁶; B e C Putz e Pabst (2000)⁴

Figura 2 – A- Vértebras cervicais agrupas (C2-T1) vista lateral; B – 2ª a 7ª vértebras cervicais – vista anterior; C – 1ª a 7ª vértebras cervicais – vista pósterio-lateral

As duas primeiras vértebras da coluna cervical formam, juntamente com o occipício, um complexo sistema articular que permite a rotação da cabeça, denominado transição occipitocervical. A primeira vértebra cervical (C1), também conhecida como atlas, possui características anatômicas ímpares. O atlas é formado por um arco anterior e um arco posterior, constituindo um anel ao serem conectados por duas massas laterais (Figura 3). O arco anterior apresenta um tubérculo anterior que é o local de inserção do músculo longus colli. Na face posterior do arco anterior, uma depressão semicircular evidencia a articulação sinovial do processo odontóide. As massas laterais apresentam um tubérculo interno, que é o ponto de inserção dos ligamentos transversos do atlas, responsáveis pelo posicionamento do odontóide na superfície articular (Figura 4). O arco posterior consiste em lâminas modificadas e um processo espinhoso diminuído que recebe o nome de tubérculo posterior (Figura 3). Posterior às massas laterais, na superfície superior do arco posterior do atlas, dois sulcos lisos acomodam as artérias vertebrais à medida que entram na membrana atlanto-occipital posterior. Estas artérias perfazem um trajeto tortuoso a partir dos processos transversais de C1, realizando uma curva de aproximadamente 90 graus medialmente quando deixam o forame transversal e uma curva de 90 graus superiormente para penetrar na dura-máter e subsequentemente no forame magno (Figura 5). A segunda curva da artéria vertebral ocorre à cerca de 1,5 a 2 cm lateral à linha média, colocando-as em risco de lesão nas situações em que é necessária dissecação cirúrgica além deste ponto, ou nas situações que exigem a fixação da massa lateral do atlas.^{5,7}

Primeira Vértebra Cervical – Atlas

Fonte: Putz e Pabst (2000)⁴

Figura 3 - Corte axial da primeira vértebra cervical – Atlas. Vista superior e vista inferior

Primeira Vértebra Cervical – Atlas

Fonte: Putz e Pabst (2000)⁴

Figura 4 - Corte axial da primeira vértebra cervical – Atlas. Vista superior

Fonte: www2.aofoundation.org

Figura 5- Desenho esquemático demonstrando o trajeto da artéria vertebral desde a entrada pelo forame transverso até a penetração ao forame magno

1.2 Técnicas cirúrgicas

Diversas técnicas cirúrgicas foram descritas para tratar as afecções que acometem a região de transição occipitocervical. A artrodese C1-C2 é recomendada para o tratamento da instabilidade atlantoaxial, que pode ocorrer como consequência, por exemplo, de lesões traumáticas, anomalias congênitas e artrite reumatoide.⁸⁻¹⁰ Um aumento do intervalo anterior entre o arco anterior do atlas e o processo odontóide, evidenciado em exames radiográficos, sugere a presença de instabilidade entre C1-C2.⁵ A técnica de Gallie (1939)¹¹, foi desenvolvida para estabilizar a articulação C1-C2. Esse método de artrodese posterior

proporciona resistência à flexão e está indicada em condições instáveis, como a lesão do ligamento transverso ou a fratura do odontóide com desvio anterior. A artrodese de Gallie exige a passagem de um amarrilho sublaminar em C1 e precisa ser evitada em pacientes com fratura do arco de C1. Em C2, o amarrilho é passado em torno do processo espinhoso. Um enxerto ósseo é retirado do íliaco e moldado de forma a se encaixar no espaço inter-laminar de C1-C2 até o processo espinhoso do áxis. O amarrilho oferece pouca estabilidade rotacional ou à extensão e deve ser evitado nas fraturas com desvio posterior. Embora apresente limitações, esta técnica ainda é comumente utilizada devido a facilidade, segurança e custo.⁵ (Figura 6)

Outra técnica descrita para tratamento de lesões que acometem a transição occipitocervical foi descrita por Brooks e Jenkins em 1978.¹² A artrodese de Brooks pode ser realizada para lesões em extensão e quando a fixação mais rígida for obrigatória.¹³ Esta técnica é executada de forma semelhante à de Gallie, mas exige exposição adicional da lâmina inferior de C2. Amarrilhos duplos são passados sob o arco C1 e, em seguida, sob a lâmina de C2. São retirados dois enxertos ósseos retangulares do íliaco e presos pelos amarrilhos ao espaço já decorticado entre o arco de C1 e a lamina de C2.¹² (Figura 6)

Articulação Atlanto-axial

Visão em AP

Fonte: An e Cotler (1992)¹.

Figura 6- A – Artrodese atlanto-axial pela técnica de Gallie; B – Artrodese atlanto-axial pela técnica de Brooks e Jenkins

Em 1987, Magerl et al.¹⁴ apresentaram um método mais rígido de fixação com a inserção de um parafuso transarticular C1-C2. Esses parafusos proporcionaram maior rigidez, especialmente em rotação, e melhor manutenção da redução do que as fixações com amarrilhos.¹⁵ A colocação do parafuso é tecnicamente mais desafiadora expondo ao risco de

¹ An HS, Cotler JM. Spinal instrumentation. Philadelphia: Williams & Wilkins; 1992.

lesão a artéria carótida interna e a artéria vertebral.¹⁵ Fraturas irreduzíveis e variações anatômicas da artéria vertebral são contraindicações para parafusos transarticulares.¹⁴ Com a ajuda da fluoroscopia o parafuso é passado no lado medial da faceta inferior do eixo, direcionado ao istmo exposto cranialmente. O cirurgião progride rumo ao meio da faceta C1-C2 na visão anteroposterior e em direção ao anel anterior de C1 no perfil. Para fugir da artéria vertebral, o cirurgião direciona os parafusos 25 graus para a linha média e 25 graus cranialmente.¹⁶ Não se deve perfurar ou inserir parafusos além do arco anterior do atlas para evitar estruturas que se estendam verticalmente e anteriormente ao longo da massa lateral de C1, incluindo o nervo hipoglosso e a artéria carótida interna.^{15,17} Após exposição da articulação C1-C2, a decorticação é realizada. No entanto, devido ao plexo venoso localizado posterior à articulação C1-C2, alguns cirurgiões evitam essa etapa, aparentemente sem aumento do risco de pseudoartrose.¹⁸ A técnica de Magerl apresenta taxas de 85% a 98% de artrodese.^{19,20} Em comparação ao amarrilho atlantoaxial e a imobilização com halo-craniano no pós-operatório, a fixação do parafuso transarticular foi associada a um menor número de complicações e até 21 vezes menos pseudoartrose (Figura 7).^{21,22}

Em 2001, Harms e Melcher²³ divulgaram sua técnica em que parafusos eram inseridos nas massas laterais de C1 e nos pedículos de C2. As indicações para o uso da técnica de Harms são semelhantes às da técnica de Magerl, porém atualmente o uso do parafuso de massa lateral tem se tornado mais frequente.⁵ Para a inserção do parafuso de massa lateral, torna-se necessária a exposição e dissecação posterior da articulação atlantoaxial. O ramo primário dorsal de C2 cruza ínfero-lateralmente à articulação e pode ser afastado da trajetória do parafuso. No entanto o plexo venoso localizado nessa região pode acarretar um sangramento perigoso, em que a perda sanguínea estimada varia de 50 a 1500 mL (média de 540 mL), exigindo múltiplas tentativas de tamponamento hemostático.²⁴ Além disso, a disestesia pós-operatória devido ao afastamento do ramo primário dorsal de C2 é comum.²⁵ Para melhorar a visualização da articulação e facilitar a hemostasia, alguns autores realizam a secção do ramo primário dorsal de C2.¹⁸ Na introdução do parafuso a massa lateral deve ser palpada e obtida visualização direta ou por fluoroscopia.²⁶ É recomendado que os parafusos sejam direcionados retos ou com inclinação de 10 a 15 graus para medial, evitando-se assim a artéria carótida interna.^{25,27,28} O trajeto craniocaudal é realizado com cerca de 20 graus de inclinação superior (Figura 7).^{25,26}

Articulação Atlanto-axial

Visão em AP e Perfil

Fonte: www2.aofoundation.org

Figura 7- A – Técnica de Magerl para artrodese atlanto-axial com o uso do parafuso transarticular; B – Técnica de Goel-Harms para artrodese-atlanto-axial com o uso do parafuso de massa lateral em C1

Outra técnica descrita para auxiliar na introdução do parafuso de massa lateral de C1 é a ressecção de parte do arco posterior de C1, porém devido ao grande tamanho da massa lateral essa etapa é ignorada em 50% dos casos.²⁹ Deve-se ter cuidado adicional com a dissecação para lateral devido ao risco de lesão da artéria vertebral na porção do trajeto no sulco do arco de C1.⁵ Estudos prévios mostram que o comprimento dos parafusos utilizados na massa lateral giram em torno de 22 mm dentro da massa lateral e 11,4 mm para fora do osso. Com relação ao diâmetro, geralmente são utilizados parafusos com 3,5 mm, sendo que 93% dos casos seria possível utilizar parafusos de 4,0 mm de diâmetro.^{23,30}

Em comparação com os parafusos transarticulares de Magerl, a técnica de Harms fornece estabilização similar, exceto para extensão.³¹ Assim, nos casos em que existe a presença de instabilidade significativa em extensão, os autores recomendam o uso de enxerto interespinhoso.³¹ A maioria dos estudos conclui que a técnica de Harms é segura e efetiva com taxas de artrodese em 98% a 100% dos pacientes.^{18,23,24}

Apesar de diversos estudos do tratamento cirúrgico envolvendo técnicas de fixação de C1 terem sido previamente relatadas na literatura, poucos estudos foram dedicados a avaliação da anatomia cirúrgica de C1^{15,26,32,33}. Com o avanço da medicina e desenvolvimento de novos implantes e novas técnicas cirúrgicas, tem surgido o interesse por estudos morfométricos da coluna vertebral com o objetivo de compreender melhor a anatomia local e reduzir os riscos de lesões às estruturas neurovasculares durante o ato cirúrgico, principalmente os relacionados à instrumentação.

OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

Descrever as características morfométricas e anatômicas do atlas utilizando imagens de tomografia computadorizada por meio de uma técnica original e determinar a reprodutibilidade interobservador do método de avaliação empregado.

MATERIAIS E MÉTODOS

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Casuística

Trata-se de estudo observacional de um banco de dados prospectivo que foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (Ofício n 464/2015; data 05/02/2015; Anexo A). Foi solicitada e concedida a dispensa do termo de consentimento livre e esclarecido da pesquisa por se tratar de um estudo cujo objetivo foi analisar as características anatômicas de estruturas ósseas a partir de imagens de tomografia computadorizada adquiridas na Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Os exames de imagem foram solicitados para outros fins e a utilização das imagens neste estudo não acarretou prejuízo no tratamento pregresso ou futuro dos pacientes incluídos.

O desenho do estudo baseou-se na avaliação de imagens tomográficas da coluna cervical do nível da primeira vértebra, conhecida como atlas (C1). Retrospectivamente, selecionamos imagens tomográficas cervicais de 100 indivíduos (52 do sexo feminino e 48 do sexo masculino) que foram obtidas de pacientes atendidos na Unidade de Emergência do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – USP, no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2013. A idade média dos homens foi de 43 ± 17 anos (variação 18-83 anos) e a idade média das mulheres foi de 46 ± 20 anos (variação 21-85 anos).

Os critérios de exclusão utilizados neste estudo foram idade inferior a 18 anos, cirurgia prévia na coluna vertebral cervical, presença das doenças da coluna vertebral cervical como fraturas, tumores, infecções, espondilite anquilosante e doença hiperostótica familiar (DISH). Já os critérios de inclusão foram a idade superior a 18 anos e a ausência de doenças ou cirurgias prévias na coluna.

3.2 Aquisição de imagens

Os exames de imagem foram realizados por meio de um aparelho de tomografia computadorizada (Brilliance CT Big Bore 16-slice, Philips Healthcare, Cleveland, Ohio).

3.3 Processamento e Análise das imagens

As reconstruções das imagens obtidas a partir do aparelho de tomografia computadorizada foram realizadas utilizando-se cortes com uma espessura de 2 mm para o plano axial e 3 mm para os planos sagital e coronal. A leitura e reprodução das imagens, bem como suas reconstruções, foram obtidas por meio de programa de imagem OsiriX MD, versão 7.0.2 (Pixmeo SARL, Bernex, Suíça). O programa possui ferramentas de medições lineares e angulares, além de permitir visualizar simultaneamente os 3 planos (sagital, coronal e axial) das imagens. Foram selecionadas as imagens axiais e sagitais da primeira vértebra cervical (C1).

3.4 Parâmetros avaliados

Os parâmetros estudados foram divididos em medidas axiais e sagitais. Os parâmetros axiais incluíram a distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada do parafuso (DTPPE), o ângulo de segurança do parafuso (ADSPA), o tamanho do parafuso (TPA) e a distância do canal vertebral ao forame transverso (DCVFT). As medidas sagitais incluíram o tamanho do parafuso (TPS), o ângulo de segurança do parafuso (ADSPS) e a espessura do arco posterior (EAP).

3.5 Metodologia de avaliação

Dois investigadores independentes realizaram as medidas dos parâmetros relacionados utilizando o programa de imagem OsiriX MD, versão 7.0.2 (Pixmeo SARL, Bernex, Suíça), sendo que o investigador 2 avaliou as imagens de apenas 20 pacientes selecionados de forma aleatória (random.org).

A lista de terminologia de todos os parâmetros que foram medidos com suas respectivas abreviações e descrições está resumida nos Quadros 1 e 2. A metodologia de realização das medidas está ilustrada nas Figuras 8 a 17 (figuras obtidas no próprio trabalho). Os parâmetros lineares foram medidos em milímetros (± 1 mm), e os parâmetros angulares foram medidos e apresentados em graus. A média e desvio padrão foram calculadas para todas as dimensões estudadas.

Quadro 1 – Parâmetros avaliados no plano axial nas imagens de TC

Sigla	Descrição
DTPPEE	Distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada esquerdo
DTPPED	Distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada direito
ADSPAEE	Ângulo de segurança do parafuso axial esquerdo
ADSPAD	Ângulo de segurança do parafuso axial direito
TPAE	Tamanho do parafuso axial esquerdo
TPAD	Tamanho do parafuso axial direito
DCVFTE	Distância do canal vertebral ao forame transversal esquerdo
DCVFTE	Distância do canal vertebral ao forame transversal direito

Quadro 2 – Parâmetros avaliados no plano sagital nas imagens de TC

Sigla	Descrição
TPSE	Tamanho do parafuso sagital esquerdo
TPSD	Tamanho do parafuso sagital direito
ADSPSE	Ângulo de segurança do parafuso sagital esquerdo
ADSPSD	Ângulo de segurança do parafuso sagital direito
EAPSE	Espessura do arco posterior esquerdo
EAPD	Espessura do arco posterior direito

O desafio usual de transpor os dados diagnósticos de imagem em informação útil cirurgicamente envolve a dificuldade em delinear estruturas tridimensionais, tais como as medidas de C1, em duas dimensões. Para obter os dados de maneira mais clinicamente aplicável a partir das imagens de TC, utilizamos a avaliação multiplanar (axial, sagital e coronal) simultânea para a medida de todos os parâmetros.

Iniciamos a avaliação das imagens no plano axial, sendo o primeiro passo a identificação da imagem de C1, que apresentasse os forames e os processos transversos (Figura 8).

Figura 8- Corte tomográfico do atlas no plano axial. Presença de ambos os forames e processos transversos da mesma imagem

A seguir traçamos uma linha unindo a tuberosidade anterior a posterior, e a denominamos linha principal. A partir da linha principal posicionamos 4 linhas paralelas, sendo uma em cada extremidade do canal vertebral e uma sobre a extremidade medial de cada forame transverso, delimitando assim os limites das massas laterais de C1. No passo seguinte, desenhamos uma linha perpendicular às linhas prévias (Figura 9).

Figura 9- Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições

Na sequência, para cada massa lateral, traçávamos 2 linhas de 45° à linha principal na intersecção desta com a linha perpendicular formando um triângulo retângulo isósceles. Obtínhamos assim o ponto médio da massa lateral de cada lado. Consideramos a projeção desse ponto no arco posterior de C1, o ponto de entrada ideal para o parafuso da massa lateral de C1 (Figura 10).

Figura 10- Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições

A partir do ponto de entrada ideal desenhávamos, de cada lado, uma linha unindo esse ponto à tuberosidade posterior do atlas. A essa distância demos o nome de distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada do parafuso (DTPPE). No passo seguinte calculamos o tamanho do parafuso (TPA) medindo a distância entre o ponto de entrada ideal do parafuso e a cortical anterior da massa lateral. A seguir, medimos bilateralmente a distância entre as linhas paralelas que delimitam o canal vertebral e os forames transversos (DCVFT) e que representam a largura da massa lateral (Figura 11).

Figura 11- Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as medidas encontradas para o DTPPE, TPA e DCVFT

A seguir calculávamos o ângulo de segurança para introdução do parafuso. Tomamos por base o parafuso de 3,5 mm, que usualmente é utilizado na coluna cervical. Para isso desenhávamos 4 linhas de 1,75 mm cada (metade do diâmetro do parafuso de 3,5 mm) e a posicionamos nos limites do canal vertebral e forame transversal, delimitando-se assim a zona

de segurança. Ao ângulo formado entre o ponto de entrada ideal e os limites internos da linha de segurança demos o nome de ângulo de segurança do parafuso (ADSPA) (Figura 12).

Figura 12- Corte axial tomográfico do atlas demonstrando as linhas de segurança do parafuso e o ADSPA

A seguir fizemos a avaliação dos cortes sagitais da TC. O corte utilizado representava a linha do trajeto do parafuso encontrado na imagem axial supramencionada em cada lado (Figura 13).

Figura 13- Reconstrução triplanar da tomografia do atlas. As linhas amarelas, azuis claras e rochas representam o posicionamento do corte tomográfico em cada plano. A linha amarela era posicionada sobre o ponto de entrada

previamente encontrado no plano axial (Figura A) e dessa forma obtinha o corte sagital (figura B) e coronal (Figura C) correspondentes

No primeiro passo no plano sagital desenhávamos uma linha que tocava o arco posterior sobre o sulco da artéria vertebral e, em seguida, uma linha paralela a essa era posicionada na borda inferior do arco posterior. Similarmente a avaliação no plano axial, traçávamos assim uma linha perpendicular às duas primeiras e, após isso, duas linhas com 45° às linhas anteriores posicionada na intersecção. Obtínhamos assim o ponto médio do arco posterior, que consideramos o ponto de entrada ideal para o parafuso de massa lateral (Figuras 14 e 15).

Figura 14- Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições

Figura 15- Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando as linhas desenhadas para início das medições e ponto de entrada ideal do parafuso

O próximo passo, envolvia simular a colocação de um parafuso de 3,5 mm, assim traçamos as duas linhas de segurança emergindo do ponto de entrada do parafuso no arco posterior e localizadas a 1,75 mm da borda superior e inferior do arco posterior no sulco da artéria vertebral. Essas linhas formam o ângulo de segurança do parafuso (ADSPS). Consideramos como o tamanho do parafuso (TPS) a medida entre o ponto de entrada no arco

posterior e a borda anterior da massa lateral. A distância entre as linhas paralelas representava a espessura do arco posterior (EAP) (Figuras 16 e 17).

Figura 16- Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando as linhas de segurança para colocação do parafuso e o TPS

Figura 17- Corte sagital tomográfico do atlas demonstrando o ADSPS e EAP

3.6 Análise estatística

Um total de 200 massas laterais foram avaliadas. As médias e desvios padrões dos parâmetros lineares e angulares foram calculados para os pacientes do sexo masculino e feminino separadamente (Tabela 1). Mil e quatrocentas medidas foram realizadas e empregadas para determinar a diferença de todos os parâmetros dimensionais e angulares entre os sexos no mesmo nível vertebral. As médias e desvios padrões foram calculadas para as dimensões estudadas, e os valores das medidas foram comparadas utilizando o teste t de Student.

Para testar a distribuição normal da amostra de nosso estudo, empregamos o teste de Shapiro-Wilk, avaliamos o formato do histograma e comparamos a média e a mediana de todas as variáveis.

A confiabilidade interobservador foi estimada utilizando-se o coeficiente de correlação intraclass (CCI) para as medidas tomográficas. Foi aplicado um modelo de efeito misto de duas vias com consistência concordância. A confiabilidade foi considerada muito fraca para valores entre 0 e 0,2, fraca para valores entre 0,21 e 0,4, moderada para valores entre 0,41 e 0,6, substancial ou boa para valores entre 0,61 e 0,8 e quase perfeita ou muito boa para valores entre 0,81 e 1,0.³² Nós utilizamos um nível de significância de 5%. Os parâmetros foram armazenados em uma planilha e estudados por meio do programa STATA13® (StataCorp. 2013. StataStatistical Software: Release 13. CollegeStation, TX: StataCorp LP).

RESULTADOS

4 RESULTADOS

Foram selecionadas aleatoriamente imagens tomográficas de 100 pacientes, com média de idade de 44 anos $\pm$ 18 (variação 18 a 85), sendo 48 (48%) do sexo masculino e 52 (52%) do feminino. A média de idade entre os homens foi de 43 anos $\pm$ 17 (variação 18 a 83) e entre as mulheres de 46 $\pm$ 20 (variação 21 a 85). Para cada paciente foram realizadas as medidas do lado esquerdo e do direito. No total 1400 medidas foram realizadas.

4.1 Parâmetros axiais

Distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada

A média da distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada (DTPPE) encontrada no sexo masculino foi de 21,86 $\pm$ 1,5 mm a esquerda e 22,7 $\pm$ 1,44 mm a direita; e 20 $\pm$ 1,4 mm e 20,24 $\pm$ 1,34 mm respectivamente no sexo feminino (Tabela 1). Foi possível perceber uma maior distância encontrada nos pacientes do sexo masculino, tanto do lado esquerdo como do direito, e esta diferença foi estatisticamente muito significativa ($P < 0,0001$).

Tabela 1 – Distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada

Parâmetros	Masculino(48)		Feminino(52)	
	Media $\pm$ DP	Variação	Media $\pm$ DP	Variação
DTPPEE(mm)	21,86 $\pm$ 1,50	17,9-25,5	20,00 $\pm$ 1,40	16,6-22,6
DTPPED(mm)	22,70 $\pm$ 1,44	20-26,9	20,24 $\pm$ 1,34	17,7-22,7

Legenda: DTPPEE - distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada esquerdo; DTPPED - distância do tubérculo posterior ao ponto de entrada direito

Ângulo de segurança do parafuso axial

A média do ângulo de segurança do parafuso axial (ADSPA) encontrado no sexo masculino foi de $23,68 \pm 6,12^\circ$ a esquerda e $24,0 \pm 5,82^\circ$ a direita; e $18,09 \pm 5,46^\circ$ a esquerda e $18,57 \pm 5,34^\circ$ a direita no sexo feminino (Tabela 2). Foi identificado um ângulo de segurança para passagem do parafuso maior nos pacientes do sexo masculino, tanto do lado esquerdo como do direito. Essa diferença foi significativamente estatística ($P < 0,0001$).

Tabela 2 – Ângulo de segurança do parafuso axial

Parâmetros	Masculino(48)		Feminino(52)	
	Media $\pm$ DP	Variação	Media $\pm$ DP	Variação
ADSPA ^E ($^\circ$)	$23,68 \pm 6,12$	11,7-35,5	$18,09 \pm 5,46$	5,18-31,5
ADSPA ^D ($^\circ$)	$24,00 \pm 5,82$	9,1-35,7	$18,57 \pm 5,34$	5,27-29,7

Legenda: ADSPA^E - ângulo de segurança do parafuso axial esquerdo; ADSPA^D - ângulo de segurança do parafuso axial direito

Tamanho do parafuso axial

A média do tamanho do parafuso axial (TPA) encontrado no sexo masculino foi de $29,52 \pm 2,95$ mm a esquerda e $29,15 \pm 2,9$ mm a direita; e $27,81 \pm 2,38$ mm e $27,85 \pm 2,5$ mm respectivamente no sexo feminino (Tabela 3). Evidenciamos uma diferença estatística quando comparados os dois grupos ($P < 0,001$), sendo o TPA maior no grupo do sexo masculino.

Tabela 3 – Tamanho do parafuso axial

Parâmetros	Masculino(48)		Feminino(52)	
	Media $\pm$ DP	Variação	Media $\pm$ DP	Variação
TPAE (mm)	29,52 $\pm$ 2,95	24,9-46	27,81 $\pm$ 2,38	23,3-39,6
TPAD (mm)	29,15 $\pm$ 2,90	25-46,2	27,85 $\pm$ 2,50	22,7-39,6

Legenda: TPAE - tamanho do parafuso axial esquerdo; TPAD - tamanho do parafuso axial direito

Distância do canal vertebral ao forame transverso

A média da distância do canal vertebral ao forame transverso (DCVFT) encontrada no sexo masculino foi de 9,00 $\pm$ 1,44 mm a esquerda e 9,22 $\pm$ 1,49 mm a direita. No grupo do sexo feminino a média da DCVFT encontrada foi de 7,71 $\pm$ 1,23 mm a esquerda e de 7,77 $\pm$ 1,13 mm a direita (Tabela 4). Quando comparamos os valores encontrados, encontramos uma diferença estatística entre os grupos masculino e feminino ($P < 0,001$).

Tabela 4 – Distância do canal vertebral ao forame transverso

Parâmetros	Masculino(48)		Feminino(52)	
	Media $\pm$ DP	Variação	Media $\pm$ DP	Variação
DCVFTE(mm)	9,00 $\pm$ 1,44	5,5-12	7,71 $\pm$ 1,23	4,7-11,5
DCVFTD(mm)	9,22 $\pm$ 1,49	5,8-12,6	7,77 $\pm$ 1,13	4,6-10,7

Legenda: DCVFTE - distância do canal vertebral ao forame transverso esquerdo; DCVFTD - distância do canal vertebral ao forame transverso direito

4.2 Parâmetros sagitais

Tamanho do parafuso sagital

A média do tamanho do parafuso sagital (TPS) encontrada no grupo do sexo masculino foi de $30,27 \pm 2,19$ mm a esquerda e $29,51 \pm 1,83$ mm a direita, enquanto no grupo do sexo feminino as médias encontradas foram de $28,82 \pm 1,86$ e $28,16 \pm 2,03$ mm, respectivamente a esquerda e a direita (Tabela 5). Similarmente, notamos um TPS maior estatisticamente no grupo do sexo masculino ($P < 0,001$).

Tabela 5 – Tamanho do parafuso sagital

Parâmetros	Masculino(48)		Feminino(52)	
	Media $\pm$ DP	Variação	Media $\pm$ DP	Variação
TPSE (mm)	$30,47 \pm 2,19$	25,5-35,1	$28,82 \pm 1,86$	24,3-33,1
TPSD (mm)	$29,51 \pm 1,83$	26-34,3	$28,16 \pm 2,03$	22,9-33,1

Legenda: TPSE - tamanho do parafuso sagital esquerdo; TPSD - tamanho do parafuso sagital direito

Ângulo de segurança do parafuso sagital

A média do ângulo de segurança do parafuso sagital (ADSPS) encontrado no sexo masculino foi de $15,01 \pm 7,86^\circ$ a esquerda e $16,68 \pm 8,26^\circ$ a direita. No grupo do sexo feminino foi encontrado uma média de $15,55 \pm 7,04^\circ$ a esquerda e de $17,56 \pm 6,9^\circ$ a direita (Tabela 6). Não encontramos diferença estatística entre os grupos masculino e feminino quando comparados os valores do ADSPS.

Tabela 6 – Ângulo de segurança do parafuso sagital

Parâmetros	Masculino(48)		Feminino(52)	
	Media $\pm$ DP	Variação	Media $\pm$ DP	Variação
ADSPSE (°)	15,01 $\pm$ 7,86	0,8-36,1	15,55 $\pm$ 7,04	2,39-29,33
ADSPSD(°)	16,68 $\pm$ 8,26	3,3-33,2	17,56 $\pm$ 6,90	2,46-32,6

Legenda: ADSPSE - ângulo de segurança do parafuso sagital esquerdo; ADSPSD - ângulo de segurança do parafuso sagital direito

Espessura do arco posterior

A média da espessura do arco posterior (EAP) encontrada no sexo masculino foi de 8,95 $\pm$ 1,75 mm a esquerda e 8,92 $\pm$ 2,22 mm a direita. No grupo do sexo feminino encontramos um EAP de 7,21 $\pm$ 1,53 mm a esquerda e 7,41 $\pm$ 1,58 a direita (Tabela 7). A análise estatística evidenciou uma EAP maior no grupo do sexo masculino ($P < 0,001$).

Tabela 7 – Ângulo de segurança do parafuso sagital

Parâmetros	Masculino(48)		Feminino(52)	
	Media $\pm$ DP	Variação	Media $\pm$ DP	Variação
EAPE (mm)	8,95 $\pm$ 1,75	5,8-12,7	7,21 $\pm$ 1,53	4,27-10,42
EAPD (mm)	8,92 $\pm$ 2,22	4,8-13,5	7,41 $\pm$ 1,58	4,1-10,27

Legenda: EAPE - espessura do arco posterior esquerdo; EAPD - espessura do arco posterior direito

4.3 Confiabilidade interobservador

A confiabilidade interobservador encontrada foi muito boa para as medidas tomográficas referentes a DTPPEE (0,89), DPPPED (0,96), ADSPAEE (0,97), ADSPAD (0,91), TPAD (0,87), DCFVFTE (0,96), DCFVFTD (0,94), ADSPSE (0,84), boa para as medidas referentes a TPAE (0,62), TPSE (0,77), TPSD (0,63), ADSPSD (0,73) e moderada para as medidas tomográficas referentes a EAPE (0,55) e EAPD (0,45). Os valores de confiabilidade interobservador estão demonstrados na Tabela 8.

Tabela 8 - Os coeficientes de correlação intraclassa (CCI) com o respectivo intervalo de confiança de 95% (IC 95%) para estimativa de confiabilidade interobservador

Medidas tomográficas	CCI	IC 95%
DTPPEE	0,89	0,74-0,95
DTPPED	0,96	0,91-0,98
ADSPAEE	0,97	0,94-0,99
ADSPAD	0,91	0,79-0,96
TPAE	0,62	0,51-0,85
TPAD	0,87	0,67-0,94
DCFVFTE	0,96	0,90-0,98
DCFVFTD	0,94	0,85-0,97
TPSE	0,77	0,42-0,91
TPSD	0,63	0,08-0,85
ADSPSE	0,84	0,61-0,93
ADSPSD	0,73	0,33-0,89
EAPE	0,55	-0,12 até 0,82
EAPD	0,45	-0,37 até 0,78

Legenda: ADSPAEE - ângulo de segurança do parafuso axial esquerdo; ADSPAD - ângulo de segurança do parafuso axial direito; ADSPAEE - ângulo de segurança do parafuso axial esquerdo; ADSPAD - ângulo de segurança do parafuso axial direito; TPAE - tamanho do parafuso axial esquerdo; TPAD - tamanho do parafuso axial direito; DCFVFTE - distância do canal vertebral ao forame transversal esquerdo; DCFVFTD - distância do canal vertebral ao forame transversal direito; TPSE - tamanho do parafuso sagital esquerdo; TPSD - tamanho do parafuso sagital direito; ADSPSE - ângulo de segurança do parafuso sagital esquerdo; ADSPSD - ângulo de segurança do parafuso sagital direito; EAPE - espessura do arco posterior esquerdo; EAPD - espessura do arco posterior direito

DISCUSSÃO

5 DISCUSSÃO

Nossos resultados demonstraram que as características morfométricas do Atlas da população estudada são similares aos dados previamente relatados. Os poucos estudos existentes sobre as características anatômicas do atlas baseiam-se em espécimes de cadáveres.^{5,28,35,36} Até onde temos conhecimento, este é o primeiro estudo a cerca das características morfométricas do Atlas em uma amostra da população Latino Americana e que apresenta uma comparação com relação ao sexo.

A anatomia do Atlas de nossa população pode diferir de outras, assim os parâmetros anatômicos de C1 devem ser estudados para verificar se a fixação da massa lateral pode ser realizada e aceita como técnica padrão. Da mesma forma que outras diferenças anatômicas foram previamente descritas na literatura quando comparadas diferentes raças e etnias³⁷ acreditamos que os dados obtidos em estudos prévios devem ser utilizados com cautela pois podem não ser universalmente aceitos. Mesmo que estudos sobre as características da anatomia cirúrgica do atlas, utilizando espécimes cadavéricos tenham sido realizados, ainda existe controvérsia com relação a trajetória e ponto de entrada ideal do parafuso de massa lateral de C1.

Desde a sua descrição inicial o tratamento cirúrgico da instabilidade do complexo atlantoaxial passou por várias mudanças. As técnicas de amarrilho posteriores foram os primeiros métodos cirúrgicos padronizados para se obter a artrodese na região de transição occipitocervical. Gallie foi o responsável pela descrição da primeira técnica de amarrilho posterior em 1939.¹¹ Em 1978, Brooks e Jenkins¹² descreveram uma nova técnica com duplo amarrilho a qual era realizada a compressão. Alternativamente, com a técnica de um clampe de Halifax³⁸, ganchos sublaminares são unidos através de um parafuso. Em 1987 Magerl et al.¹⁴ descreveram a fixação posterior transarticular de C1-C2 com parafuso.²⁰ O uso de parafuso de massa lateral de C1 foi relatado em 1994 por Goel e Laheri³⁹ e posteriormente, em 2001 esta técnica se tornou mais popular quando associada por Harms e Melcher²³ à fixação de C2 por meio de barra. Por fim, a técnica de fixação de C1 através do arco posterior do atlas foi descrita em 2003 por Tan et al.³⁵ A fixação da massa lateral, seja pela técnica de Harms ou pela técnica descrita por Tan et al.³⁵ se mostrou biomecanicamente mais estável do que as técnicas de amarrilho posterior, para pacientes com instabilidade do complexo atlantoaxial.³⁵ No entanto, a justificativa do ponto de vista biomecânico tem que suplantiar os

riscos potenciais de lesão das estruturas neurovasculares circunjacentes, tais como o plexo venoso entre C1-C2, a raiz nervosa de C2, e a artéria vertebral.^{7,15,17,24,25}

Considerando a proporção de medidas detectadas em nossa análise, com dimensões do arco posterior compatíveis com o emprego do parafuso de 3,5 mm para a realização da fixação da massa lateral de C1 através do ponto de entrada no arco posterior, a avaliação pré-operatória dos parâmetros anatômicos do atlas deve ser realizada para avaliar a segurança e possibilidade de inserir o parafuso através do arco posterior.

A técnica de fixação através do arco posterior e massa lateral do atlas é similar a técnica de fixação com parafuso pedicular na coluna cervical subaxial, e de acordo com estudos prévios é possível de ser realizada na maior parte dos pacientes.^{7,35,36} Esta técnica é diferente da técnica de Harms, na qual o ponto de entrada é a própria massa lateral de C1.²⁴ O comprimento da porção do parafuso inserida no osso é maior na técnica descrita por Tan et al.³⁵

Ebraheim et al.⁴⁰ descreveram que a medida do arco posterior na porção mais estreita no sulco da artéria vertebral foi de $4,1 \pm 1,2$ mm e a distância da linha média a borda medial do forame foi $22,2 \pm 1,3$ mm. Os resultados evidenciados em nossa população mostraram que a espessura do arco posterior variou de 4,1 a 13,5 mm, com uma média no sexo masculino de $8,9 \pm 1,7$ mm e $8,9 \pm 2,2$ mm respectivamente a esquerda e a direita, e a média no sexo feminino variou de $7,2 \pm 1,5$ mm e $7,4 \pm 1,5$ mm a esquerda e a direita. A distância da linha média a borda medial do forame variou de 16,6 a 26,9 mm, com uma média no sexo masculino de $21,8 \pm 1,5$ mm e $22,7 \pm 1,4$ mm respectivamente a esquerda e a direita, e a média no sexo feminino variou de $20,0 \pm 1,4$ mm e $20,2 \pm 1,3$ mm a esquerda e a direita. A largura do arco posterior e a espessura da massa lateral são relativamente grandes para comportar um parafuso. A altura é muito menor do que a espessura do arco posterior na sua porção mais estreita e também menor do que a espessura do arco posterior no ponto de entrada do parafuso. Assim, a dimensão do parafuso é determinada pela altura do arco posterior na porção do sulco da artéria vertebral.

Tan et al.³⁵ descreveram o ponto de entrada com uma distância média localizada a $19,0 \pm 1,8$ mm lateral da linha média e $2,0 \pm 0,6$ mm superior a borda inferior do arco posterior. Encontramos valores maiores. Dado pelo DTPPEE e DTPPED, a distância da tuberosidade posterior do atlas ao ponto de entrada foi encontrada com um valor médio de $21,8 \pm 1,5$ e $22,7 \pm 1,4$ no sexo masculino e $20,0 \pm 1,4$ e $20,2 \pm 1,3$ no sexo feminino. Uma justificativa para o maior valor encontrado no nosso estudo se deve as diferenças na

metodologia de avaliação. Enquanto Tan et al.³⁵ traçaram uma linha partindo do tubérculo posterior do atlas que encontrava perpendicularmente uma outra linha que passava pelo ponto de entrada, nós traçamos uma linha reta unindo o tubérculo posterior ao ponto de entrada. Acreditamos que a forma como realizamos essa medida seja mais fácil de ser reproduzida e aplicada no momento da cirurgia, no entanto isso não foi testado em nosso estudo. Outra diferença na metodologia foi a definição da altura do ponto de entrada no arco posterior. Enquanto Tan et al.³⁵ definiram que o ponto de entrada ideal se encontrava no terço inferior da arco posterior do atlas e com isso sugeriram uma trajetória do parafuso perpendicular ao plano coronal e com 5° de inclinação cefálica, optamos por utilizar como ponto ideal a metade da espessura do arco posterior. Não avaliamos a direção do parafuso, mas sim a angulação de segurança para inserção do parafuso. Avaliado pelo ADSPAE e ADSPAD, o ângulo de segurança do parafuso axial encontrado teve um valor médio de $23,68 \pm 6,12$ mm e $24 \pm 5,82$ mm no sexo masculino e $18,09 \pm 5,46$ mm e $18,57 \pm 5,34$ mm no sexo feminino. No plano sagital o ângulo de segurança foi avaliado pelo ADSPSE e ADSPSD e foi encontrado um valor médio no sexo masculino de $15,01 \pm 7,86$ mm e $16,68 \pm 8,26$ mm, e um valor médio no sexo feminino de $15,55 \pm 7,04$ mm e $17,56 \pm 6,90$ mm. Gebauer et al.³⁶ descreveram o ângulo de segurança axial como sendo a zona que abrangia 33,6° no sexo masculino e 29,2° no sexo feminino e o ângulo de segurança sagital de $3,1 \pm 1,7^\circ$ no sexo masculino e $2,4 \pm 1,8^\circ$ no sexo feminino, sugerindo uma inclinação cefálica. Um fato que pode ser responsável pelo menor valor encontrado no ângulo de segurança axial do nosso estudo se deve por termos considerado a espessura de 3,5 mm do parafuso para delimitar a área de segurança. Acreditamos que nossa metodologia seja mais fidedigna e representativa com o ato cirúrgico.

Lee et al.⁷ em 2006, descreveram em seu artigo os principais motivos que o levaram a estudar a morfometria do atlas. As técnicas previamente aceitas com padrão (técnicas de Goel e Harms)^{18,23} introduziam o parafuso de C1 pela massa lateral. Nessa localização há um plexo venoso próximo ao nervo occipital maior e a lesão desse plexo causa um sangramento volumoso (média de 500 ml)²⁴ além de dificultar a passagem do parafuso. Outra complicação presente com a introdução do parafuso pela massa lateral de C1 é a compressão e manipulação do nervo occipital acarretando um quadro de disestesia local.^{7,15}

No mesmo artigo Lee et al.⁷ relataram que seriam necessários pelo menos 5 mm de espessura do arco posterior do atlas para a passagem com segurança (sem romper as margens corticais) de um parafuso de 3,5 mm. No seu artigo os autores encontraram que apenas 13,7% a população apresentava espessura maior do que 5 mm. Então descreveram a técnica do

entalhe, no qual a cortical inferior poderia ser violada. Por essa técnica demonstraram que 85,2% da população estudada poderia receber o parafuso pelo arco posterior do atlas. Nesse artigo também foi encontrada uma diferença significativamente estatística entre os sexos, estando o sexo feminino em maior risco de lesão da artéria vertebral.⁷ Em nosso estudo os valores encontrados diferiram do estudo do Lee et al.⁷ e um dos motivos propostos para tal diferença seria a metodologia utilizada. No estudo americano foi realizada a medida do arco posterior no sulco da artéria vertebral em espécimes cadavéricos através de um paquímetro (Figura 18), já no nosso estudo foi realizada as medidas através de tomografia computadorizada, sendo encontrada a espessura do arco posterior no ponto de entrada do parafuso (Figura 19). Tan et al.³⁵ em 2003 descreveram as medidas em 50 amostras cadavéricas de origem asiática. Foi encontrado uma média de 4,58 mm de espessura para o arco posterior no suco da artéria vertebral, com 8% sendo inferior a 4,0 mm. Encontramos em nosso estudo que a espessura do arco posterior esquerdo (EAPE) e direito (EAPD) no sexo masculino foi de $8,95 \pm 1,75$ e $8,92 \pm 2,22$ variando de 4,8 a 13,5 mm. No sexo feminino encontramos em EAPE de $7,21 \pm 1,53$ e um EAPD de $7,41 \pm 1,58$ com variação de $4,1 \pm 10,42$. Foi encontrado uma diferença significativamente estatística entre os sexos. Apesar de não termos avaliados a medida da espessura do arco posterior no sulco da artéria vertebral em nosso estudo, levamos em consideração essa espessura ao delimitar o ângulo de segurança do parafuso quando consideramos a espessura total de 3,5 mm (Figura 19). Com isso achamos ser possível realizar a técnica de introdução do parafuso pelo arco posterior em toda a amostra estudada. Lee et al.⁷, para justificar a diferença encontrada no seu estudo e no estudo de Tan et al.³⁵ aventaram a hipótese do encolhimento das amostras cadavéricas, uma vez que as amostras do estudo americano foram extraídas de um museu e estavam guardados por cerca de 50 anos e sabidamente a população americana é maior que a asiática. Foi aventada a hipótese de a população de 50 anos atrás ser menor que do a população atual. Porém nenhum estudo foi realizado para comprovação.

Nosso estudo apresenta limitações que merecem menção. Primeiro, este é um estudo retrospectivo. A segunda limitação é a ausência de uma avaliação clínica da técnica de fixação da massa lateral em nosso estudo, uma vez que o emprego dos métodos de tratamento poderá enfatizar a importância da avaliação pré-operatória por meio da realização do exame de tomografia computadorizada.

Fonte: Lee et al. (2006)⁷.

Figura 18- Técnica de medição utilizada por Lee et al.⁷ para determinar a espessura do arco posterior. Foi medida espessura crânio-caudal mais fina do sulco da artéria vertebral

Figura 19- Técnica de medição utilizada para determinar a espessura do arco posterior (EAP), o tamanho do parafuso (TPS) e o ângulo de segurança do parafuso (ADSPS). Para a EAP foi considerada a espessura do arco posterior na sua parte distal e não do sulco da artéria vertebral. Para a determinação do ADSPS foi levado em consideração a colocação de um parafuso de 3,5 mm na parte mais fina do sulco da artéria vertebral

CONCLUSÃO

6 CONCLUSÃO

Por meio de uma técnica original e reprodutível de avaliação de exames de tomografia computadorizada, os parâmetros anatômicos do atlas encontrados na amostra da população estudada em nosso estudo foram semelhantes aos apresentados previamente na literatura. No entanto, foram observadas diferenças entre os sexos. Assim, recomendamos a utilização do exame de tomografia computadorizada como método de avaliação pré-operatória quando a fixação da massa lateral pelo arco posterior do atlas for empregada.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

1. Constantin P, Lucretia C. Relations between the cervical spine and the vertebral arteries. *Acta Radiol Diagn (Stockh)*. 1971; 11:91-6.
2. Hutchinson EC, Yates PO. The cervical portion of the vertebral artery; a clinic-pathological study. *Brain*. 1956;79:319-31.
3. Virtama P, Kivalo E. Impressions on the vertebral artery by deformations of the unco-vertebral joints; post-mortem angiographic studies. *Acta Radiol*. 1957;48:410-2.
4. Putz R, Pabst R. Sobotta atlas de anatomia humana. 21a ed. Vol. 2, Tronco, vísceras e extremidade inferior. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
5. Herkowitz HN, Garfin SR, Eismont FJ, Bell GR, Balderston R. Rothman-Simeone the spine. 6th ed. Philadelphia: Saunders; 2011. Vol. 1.
6. Netter FH. Atlas de anatomia humana. 2a ed. Porto Alegre: Artmed; 2000.
7. Lee MJ, Cassinelli E, Riew KD. The feasibility of inserting atlas lateral mass screws via the posterior arch. *Spine*. 2006;31:2798-801.
8. Tokuhashi Y, Matsuzaki H, Shirasaki Y, et al. C1-C2 intra-articular screw fixation for atlantoaxial posterior stabilization. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25:337-41.
9. Stevens JM, Kendall BE, Crockard HA, et al. The odontoid process in Morquio-Brailsford's disease: the effects of occipito-cervical fusion. *J Bone Joint Surg Br*. 1991;73:851-8.
10. Shirasaki N, Okada K, Oka S, et al. Os odontoideum with posterior atlantoaxial instability. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16:706-15.
11. Gallie WE. Fractures and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg*. 1939;46:495-9.
12. Brooks AL, Jenkins EB. Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am*. 1978;60:279-84.
13. An HS. Internal fixation of the cervical spine: current indications and techniques. *J Am Acad Orthop Surg*. 1995;3:194-206.
14. Magerl F, Grob D, Seeman P. Stable dorsal fusion of the cervical spine (C2-T1) using hook plates. In: Kehr P, Weidner A, editors. *Cervical spine*. New York: Springer-Verlag; 1987. p. 217-21.
15. Montesano PX, Juach EC, Anderson PA, et al. Biomechanics of cervical spine internal fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1991;16(3 Suppl):S10-S16.

16. Lee JH, Jahng TA, Chung CK. C1-2 transarticular screw fixation in high-riding vertebral artery: Suggestion of new trajectory. *J Spinal Disord Tech.* 2007;20:499-504.
17. Ebraheim NA, Misson JR, Xu R, et al. The optimal transarticular c1-2 screw length and the location of the hypoglossal nerve. *Surg Neurol.* 2000;53:208-10.
18. Aryan HE, Newman CB, Nottmeier EW, et al. Stabilization of the atlantoaxial complex via C-1 lateral mass and C-2 pedicle screw fixation in a multicenter clinical experience in 102 patients: Modification of the Harms and Goel techniques. *J Neurosurg Spine.* 2008;8:222-9.
19. Sasso RC, Jeanneret B, Fischer K, et al. Occipitocervical fusion with posterior plate and screw instrumentation: a long-term follow-up study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1994;19:2364-8.
20. Magerl F, Seemann PS. Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A, editors. *Cervical spine.* New York: Springer-Verlag; 1987. p. 322-7.
21. Reilly TM, Sasso RC, Hall PV. Atlantoaxial stabilization: clinical comparison of posterior cervical wiring technique with transarticular screw fixation. *J Spinal Disord Tech.* 2003;16:248-53.
22. Taggard D, Kraut MA, Clark CR, et al. Case-control study comparing the efficacy of surgical techniques for C1 C2 arthrodesis. *J Spinal Disord Tech.* 2004;17:189-94.
23. Harms J, Melcher RP. Posterior C1–C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine.* 2001;26:2467-71.
24. Stulik J, Vyskocil T, Sebesta P, et al. Atlantoaxial fixation using the polyaxial screw-rod system. *Eur Spine J.* 2007;16:479-84.
25. Hong X, Dong Y, Yunbing C, et al. Posterior screw placement on the lateral mass of atlas: An anatomic study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29:500-3.
26. Yeom JS, Buchowski JM, Park KW, et al. Lateral fluoroscopic guide to prevent occipitocervical and atlantoaxial joint violation during C1 lateral mass screw placement. *Spine J.* 2009;9:574-9.
27. Wang M, Samudrala S. Cadaveric morphometric analysis for atlantal lateral mass screw placement. *Neurosurgery.* 2004;54:1436-40.
28. Murakami S, Mizutani J, Fukuoka M, et al. Relationship between screw trajectory of C1 lateral mass screw and internal carotid artery. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008;33:2581-5.
29. Rocha R, Safavi-Abbasi S, Reis C, et al. Working area, safety zones, and angles of approach for posterior C-1 lateral mass screw placement: a quantitative anatomical and morphometric evaluation. *J Neurosurg Spine.* 2007;6:247-54.

30. Yoshida M, Neo M, Fujibayashi S, et al. Comparison of the anatomical risk for vertebral artery injury associated with the C2-pedicle screw and atlantoaxial transarticular screw. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31:E513-E517.
31. Hott JS, Lynch JJ, Chamberlain RH, et al. Biomechanical comparison of C1-2 posterior fixation techniques. *J Neurosurg Spine*. 2005;2:175-81.
32. Christensen DM, Eastlack RK, Lynch JJ, Yaszemski MJ, Currier BL. C1 anatomy and dimensions relative to lateral mass screw placement. *Spine*. 2007;32:844-8.
33. Doherty BJ, Heggeness MH. The quantitative anatomy of the atlas. *Spine*. 1994;19:2497-500.
34. Fleiss J, Cohen J. The equivalence of weighted kappa and the intraclass correlation coefficient as measures of reliability. *Educ Meas Psychol*. 1973;33:613-9.
35. Tan M, Wang H, Wang Y, et al. Morphometric evaluation of screw fixation in atlas via posterior arch and lateral mass. *Spine*. 2003;28:888-95.
36. Gebauer M, Barvencik F, Briem D, et al. Evaluation of anatomic landmarks and safe zones for screw placement in the atlas via the posterior arch. *Eur Spine J*. 2010;19:85-90.
37. Herrero CF, Nascimento AL, Maranhão DAC, et al. Cervical pedicle morphometry in a Latin American population - A Brazilian study. *Medicine*. 2016;95:25(e3947).
38. Moskovich R, Crockard HA. Atlantoaxial arthrodesis using interlaminar clamps: an improved technique. *Spine*. 1992;17:261-7.
39. Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)*. 1994;129:47-53.
40. 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.

ANEXO A

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ribeirão Preto, 05 de fevereiro de 2015

Ofício nº 464/2015
CEP/MGV

Prezado Senhor,

O trabalho intitulado **"ESTUDO MORFOMÉTRICO DA COLUNA VERTEBRAL CERVICAL" - Versão 2, de 10/11/2014**, foi analisado "AD REFERENDUM" pelo Comitê de Ética em Pesquisa, e enquadrado na categoria: **APROVADO**, bem como o **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Maiores de 18 anos - Versão 2, de 10/11/2014**, de acordo com o Processo HCRP nº 14224/2014.

De acordo com Carta Circular nº 003/2011/CONEP/CNS, datada de 21/03/2011, o sujeito de pesquisa ou seu representante, quando for o caso, deverá rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE - apondo sua assinatura na última do referido Termo; o pesquisador responsável deverá da mesma forma, rubricar todas as folhas do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE - apondo sua assinatura na última página do referido Termo.

Este Comitê segue integralmente a Conferência Internacional de Harmonização de Boas Práticas Clínicas (IGH-GCP), bem como a Resolução nº 196/96 CNS/MS.

Lembramos que devem ser apresentados a este CEP, o Relatório Parcial e o Relatório Final da pesquisa.

Atenciosamente,

DR^a. MARCIA GUTMARÃES VILLANOVA
Coordenadora do Comitê de Ética em
Pesquisa do HCRP e da FMRP-USP

Ilustríssimo Senhor

ANDERSON LUIS DO NASCIMENTO

Depto. de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Campus Universitário - Monte Alegre
14048-900 Ribeirão Preto SP
Comitê de Ética em Pesquisa do HCRP e FMRP-USP
FWA-00002733; IRB-00002186 e Registro PB/CONEP nº 5440
(16) 3602-2228
cep@hcrp.usp.br

www.hcrp.usp.br