

UM OU DOIS PARAFUSOS NA FRATURA DO PROCESSO ODONTOIDE? AVALIAÇÃO POR TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

ONE OR TWO SCREWS IN THE FRACTURE OF THE ODONTOID PROCESS? EVALUATION BY COMPUTED TOMOGRAPHY

UNO O DOS TORNILLOS EN LA FRACTURA DEL PROCESO ODONTOIDES? EVALUACIÓN POR TOMOGRAFÍA AXIAL COMPUTADORIZADA

CARLOS ALEXANDRE BOTELHO DO AMARAL¹, EDGAR TAIRA NAKAGAWA¹, LEONARDO TERNIS FERREIRA², JOSÉ SERGIO FRANCO³, ROBINSON ESTEVES SANTOS PIRES⁴, FLÁVIO CAVALLARI⁵, PEDRO JOSÉ LABRONICI^{6,7}

RESUMO

Objetivo: Avaliar a área óssea do processo odontoide, por meio de tomografia computadorizada e sua relação com a área de um e dois parafusos em indivíduos do sexo masculino e feminino. **Métodos:** Foram analisadas 188 tomografias computadorizadas de adultos. A área do istmo foi selecionada e o diâmetro transversal foi medido a 1,2 mm da base do odontoide. **Resultados:** Após a colocação de um parafuso, a área do odontoide permanece com 82% de osso livre, tanto para homens quanto para mulheres. Com dois parafusos, 45,6% das mulheres, passaram a ter área óssea livre do processo odontoide entre 50% e 75%, e 54,4% ficaram acima de 75%. Entre os homens este percentual foi de 26,6% entre 50% a 75% de área óssea livre e 73,4% acima de 75% (valor de $p = 0,07$). Após a colocação de dois parafusos, a área óssea foi, em média, 77,3% nos homens e 75,4% nas mulheres. Utilizando o teste t de Student, as diferenças entre as médias de homens e mulheres dos percentuais da área óssea livre são significativamente menores nas mulheres (valor de $p = 0,0012$). **Conclusão:** O planejamento no pré-operatório, por meio de TC, pode ajudar na escolha do número de parafusos no processo odontoide. A escolha deve ser criteriosa, especialmente quando for necessária a utilização de dois parafusos no gênero feminino.

Descritores: Processo odontoide; Tomografia computadorizada por raios X; Parafusos ósseos; Coluna vertebral.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the bone area of the odontoid process through computed tomography and its relation with the area of one and two screws in the male and female subjects. **Methods:** 188 CT scans of adults were analyzed. The isthmus area was selected and the transverse diameter was measured at 1.2 mm from the base of odontoid. **Results:** After placement of a screw, the odontoid area remains with 82% of free bone for both men and women. With two screws, 45.6% of women, had a free bone area of the odontoid process between 50% and 75% and 54.4% were above 75%. 26.6% men had percentage from 50% to 75% of free bone area and 73.4% above 75% ($p=0.07$). After the placement of two screws, the bone area was, in average, 77.3% in men and 75.4% in women. Using the Student t-test, the differences between the average of percentage of free bone area in men and women are significantly lower in women ($p=0.0012$). **Conclusion:** The pre-operative planning through CT can help to choose the number of screws in the odontoid process. The choice should be particularly careful when using two screws in women.

Keywords: Odontoid process; Tomography, X-ray computed; Bone screws; Spine.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el área ósea del proceso odontoides por medio de la tomografía axial computarizada, y su relación con el área de uno y dos tornillos en individuos del sexo masculino y femenino. **Métodos:** Fueron analizadas 188 tomografías axiales computarizadas de adultos. Se seleccionó el área del istmo y el diámetro transversal fue medido en 1,2 mm de la base del odontoides. **Resultados:** Después de la colocación de un tornillo, el área de la odontoides queda con 82% de hueso libre, tanto en hombres como en mujeres. Con dos tornillos, el 45,6% de las mujeres tuvieron área de hueso libre en el proceso odontoides entre el 50% y el 75%, y 54,4% estaban por encima del 75%. Entre los hombres este porcentaje fue del 26,6% desde el 50% al 75% de área de hueso libre y el 73,4% por encima del 75%, ($p = 0,07$). Después de la colocación de dos tornillos, el área de hueso fue, en promedio, el 77,3% de los hombres y el 75,4% de las mujeres. Utilizando la prueba t de Student, las diferencias entre las medias de hombres y mujeres del porcentaje de área de hueso libre son significativamente más bajas en las mujeres ($p = 0,0012$). **Conclusión:** La planificación quirúrgica mediante TC puede ayudar a elegir el número de tornillos a usar en el proceso odontoides. La elección debe ser cuidadosa, especialmente cuando se utilizan dos tornillos en las mujeres.

Descriptores: Apófisis odontoides; Tomografía computarizada por rayos X; Tornillos óseos; Columna vertebral.

1. Hospital Santa Teresa, Grupo de Coluna Vertebral do Serviço de Ortopedia e Traumatologia Prof. Dr. Donato D'Ángelo, Petrópolis, RJ, Brasil.
2. Hospital Santa Teresa, Ortopedia e Traumatologia do Serviço de Ortopedia e Traumatologia Prof. Dr. Donato D'Ángelo, Petrópolis, RJ, Brasil.
3. Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de Ortopedia e Traumatologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
4. Universidade Federal de Minas Gerais e Hospital Felício Rocho. Belo Horizonte, MG, Brasil.
5. Hospital São Vicente de Paula, Grupo de Coluna Vertebral do Serviço de Ortopedia e Traumatologia, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
6. Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brasil.
7. Faculdade de Medicina de Petrópolis, Petrópolis, RJ, Brasil.

Trabalho realizado no Serviço de Ortopedia e Traumatologia Prof. Dr. Donato D'Ángelo, Hospital Santa Teresa, Petrópolis, RJ e Faculdade de Medicina de Petrópolis, Petrópolis, RJ, Brasil.
Correspondência: Av. Roberto Silveira, 187, apto 601. 25685-040, Petrópolis, RJ. plabronici@globo.com

INTRODUÇÃO

As fraturas do processo odontoide são responsáveis por 50% a 60% de todas as fraturas de C2, 7% a 27% das fraturas da coluna cervical e 1% a 2% de todas as fraturas da coluna vertebral.¹ São lesões causadas, mais frequentemente, por mecanismo de hiperextensão ou hiperflexão.²⁻⁴ Pela classificação de Anderson e d'Alonso, as fraturas da odontoide do tipo II são as lesões mais frequentes da coluna cervical somando 65% a 74% dos traumas principalmente na população geriátrica, e frequentemente ocorrem por traumas de baixa energia.^{5,6}

O tratamento das fraturas do processo odontoide incluem técnicas de estabilização anterior e posterior. A fixação anterior é largamente utilizada como opção de tratamento para determinadas fraturas do tipo II e III mantendo a capacidade do movimento de rotação entre os segmentos C1 e C2.^{7,8}

Segundo a literatura, ainda existe controvérsia entre a fixação com um ou dois parafusos para o tratamento cirúrgico.⁸⁻¹¹ A tomografia computadorizada de reconstrução auxilia na aferição da medida do diâmetro e comprimento do processo odontoide e avalia a qualidade óssea. Isto permite um planejamento pré-operatório do comprimento e número de parafusos necessários.⁶ Entretanto, estudos morfológicos sugerem que em uma grande quantidade de pacientes, as dimensões do processo odontoide seriam insuficientes para acomodar dois parafusos de 3,5 mm de diâmetro e que, portanto, somente um parafuso seria o ideal.¹⁰

O objetivo deste estudo é avaliar a área óssea do processo odontoide, por meio de tomografia computadorizada, e sua relação com a área de um e dois parafusos nos gêneros masculino e feminino.

MATERIAL E MÉTODOS

No período entre janeiro de 2014 a fevereiro de 2015 foram analisadas 188 tomografias computadorizadas (TC) no arquivo do Hospital Santa Teresa, Petrópolis, Rio de Janeiro. Todos os exames foram realizados com o aparelho de tomografia multicanais modelo SOMATON Emotion 6 (Siemens Medical System) com o paciente na posição supina e pescoço em hiperextensão, segundo protocolo de 1,25mm de espessura, colimação de 1,0mm, com incremento de 0,8mm. Os cortes foram adquiridos no modo espiral, com cobertura de 15 cm, em 27 segundos, seguido de reconstrução multiplanar (MPR) nos planos axial, sagital e coronal do processo odontoide utilizando filtro B-60 (ósseo moderado). A técnica utilizada foi de 130 KV 150 Mas. Os exames foram realizados em janela óssea (W 1500, C 450). Esses exames foram analisados a partir do arquivo do Serviço de Radiologia do Hospital Santa Teresa, e foram realizados por outros motivos e não apresentavam fraturas do odontoide. Nenhum desses pacientes foi submetido a tratamento cirúrgico neste trabalho. Somente foram analisadas as áreas do parafuso na odontoide por meio da tomografia. Por este motivo não foi aplicado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e também não houve necessidade de aprovação do Comitê de Ética.

Os critérios de exclusão foram as tomografias computadorizadas de pacientes menores de 18 anos, pacientes com alterações degenerativas que pudessem interferir na medição, com alterações congênitas, com fraturas do processo odontoide e com doença inflamatória crônica da coluna cervical. A área do istmo foi selecionada, por ser a região mais comum de fratura. O diâmetro transversal no istmo foi medido à 1,2 mm da base do odontoide. (Figura 1) As medidas incluindo as duas corticais externas do processo odontoide foram realizadas por uma régua digital de visualização do computador, por meio da reconstrução nos planos axial e frontal. Para cada paciente foi calculada a área ocupada pelo parafuso de raio de $R_p = 1,75$ mm (diâmetro de 3,5 mm) dada por $AP = \pi \cdot R_p^2$. O istmo foi aproximado para uma superfície circular e a medida transversal foi adotada como sendo o diâmetro desta superfície. A área da superfície foi calculada por $A_i = \pi \cdot R_i^2$, onde R_i é o raio do istmo, ou seja, a metade da medida transversal. Foi analisado, o percentual de área do processo odontoide no istmo após a colocação de um parafuso (P_1) e após a colocação de dois parafusos

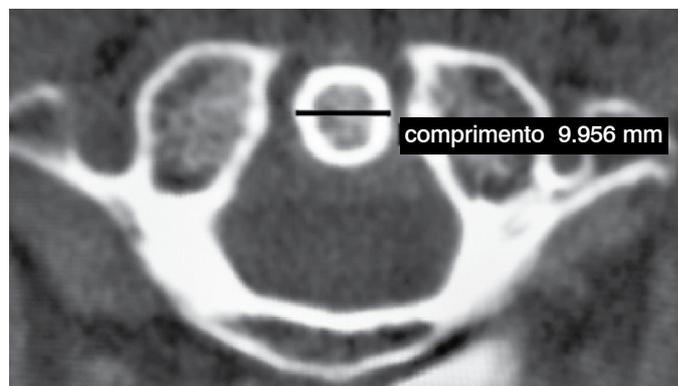


Figura 1. Imagem de corte tomográfico medindo o processo odontoide.

(P_2) que foram determinadas por:

$$P_1 = \frac{A_i - A_p}{A_i} \cdot 100 \quad \text{e} \quad P_2 = \frac{A_i - 2 \cdot A_p}{A_i} \cdot 100$$

Em nenhuma tomografia havia fratura da coluna cervical. A área de um e dois parafusos de 3,5 mm foi medida na odontoide de cada tomografia e subdividida nos gêneros masculino e feminino.

Metodologia estatística

Para caracterização da amostra e análise do comportamento destas variáveis os dados foram sintetizados por meio de estatísticas descritivas e distribuições de frequências. Na análise inferencial, a significância de diferenças de classificações dos percentuais entre grupos foram investigadas pelo teste Qui-Quadrado. Na Análise Inferencial Quantitativa, a hipótese de normalidade das distribuições foi verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Uma vez confirmada a distribuição normal, grupos independentes foram comparados pelo teste *t* de Student. A igualdade das variâncias, necessária para execução dos testes *t* de Student sem correção foi avaliada pelo teste de Levene. Todas as discussões foram realizadas considerando nível de significância máximo de 5% (0,05), ou seja, adotou-se a seguinte regra de decisão nos testes: rejeição da hipótese nula sempre que o p-valor associado ao teste fosse menor que 0,05.

RESULTADOS

Os percentuais de área livre no processo odontoide após a colocação de um parafuso permanece com 82% de osso, tanto para homens quanto para mulheres. Com dois parafusos, a perda óssea foi maior, principalmente para as mulheres (com menos área óssea). A Tabela 1 demonstra que entre as mulheres, 45,6% passaram a ter área óssea livre do processo odontoide entre 50% e 75%, e 54,4% ficaram acima de 75%. Entre os homens este percentual foi de 26,6% entre 50% a 75% de área óssea livre e 73,4% acima de 75%, estatisticamente significativo quando utilizamos o teste Qui-Quadrado (p-valor=0,07).

Tabela 1. Percentuais de área óssea do processo odontoide após a colocação de dois parafusos.

p-valor 0,007	Gênero		Total
	Feminino	Masculino	
De 50% a 75%	36 (45,6%)	29 (26,6%)	65 (34,6%)
Acima de 75%	43 (54,4%)	80 (73,4%)	123 (65,4%)
Total	79 (100%)	109 (100%)	188 (100%)

Fonte: Hospital Santa Teresa, Petrópolis/RJ.

A Tabela 2 demonstra a distribuição, por gênero, dos percentuais de osso do processo odontoide após a colocação de um e dois parafusos.

Quando colocado um parafuso, a área óssea foi em média 88,6% nos homens e 87,7% nas mulheres. A mediana para as mulheres também é menor. A Figura 2 demonstra distribuições destes valores na amostra. Como mostra o gráfico, apesar de ter dois valores discrepantes na distribuição dos percentuais do grupo masculino, para ambos os gêneros, a distribuição dos valores é bem homogênea (coeficiente de variação muito baixo, igual a 0,02). Quando comparados pelo teste *t* de Student, observa-se que as diferenças entre as médias de homens e mulheres dos percentuais da área do processo odontoide, após a colocação de um parafuso, são significativamente menores para as mulheres (p -valor=0,0012). De fato, os intervalos de confiança para a média dos dois grupos não se interceptam.

Tabela 2. Distribuição dos percentuais de área do processo odontoide após a colocação de um e dois parafusos, por gênero.

Estatísticas	Percentual de área livre do osso com um parafuso		Percentual de área livre do osso com dois parafusos	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Média	88,6	87,7	77,3	75,4
Intervalo de confiança para a média	(88,3; 89,0)	(87,3; 88,1)	(76,5; 78,0)	(74,5; 76,2)
Mediana	88,8	87,9	77,6	75,8
Desvio padrão	2,0	1,9	4,0	3,8
Mínimo	83,0	82,7	66,1	65,4
Máximo	92,5	92,1	85,0	84,2
Varição entre o mínimo e máximo	9,5	9,4	19,0	18,8
Coefficiente de variação	0,02	0,02	0,05	0,05
p -valor do teste de normalidade	0,060	0,200	0,060	0,200
p -valor do teste <i>t</i> de Student comparando por gênero	0,0012		0,0012	

Fonte: Hospital Santa Teresa, Petrópolis/RJ.

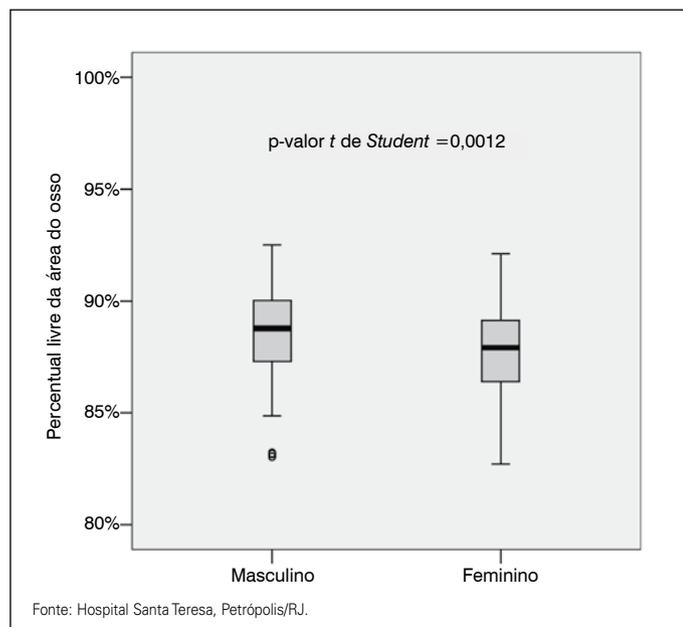
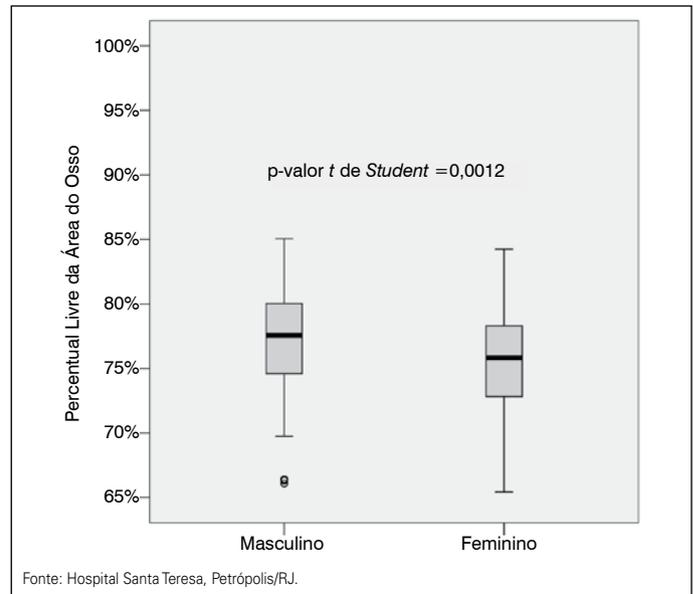


Figura 2. Distribuição dos percentuais de área do processo odontoide após colocação de um parafuso, por gênero.

Quando analisada a distribuição do percentual de área do processo odontoide após a colocação de dois parafusos, a área de osso foi, em média, 77,3% nos homens e 75,4% nas mulheres. A mediana para as mulheres também foi menor.

A Figura 3 demonstra dois valores discrepantes na distribuição dos percentuais do grupo masculino, mas para ambos os gêneros a distribuição dos valores é bem homogênea (coeficiente de variação muito baixo, igual a 0,05). Quando comparados os percentuais de área do processo odontoide de homens e mulheres, pelo teste *t* de Student, observa-se que as diferenças entre as médias de homens e mulheres dos percentuais da área óssea, após a colocação de dois parafusos, mesmo que pequenas, são significativamente menores para as mulheres (p -valor=0,0012). De fato, os intervalos de confiança para a média dos dois grupos não se interceptam.



Fonte: Hospital Santa Teresa, Petrópolis/RJ.

Figura 3. Distribuição dos percentuais de área do processo odontoide após a colocação de dois parafusos, por gênero.

DISCUSSÃO

Neste estudo analisamos, por meio de TC, a área do processo odontoide após o uso de um e dois parafusos nos gêneros masculino e feminino.

Existem vários estudos na literatura que avaliam a morfologia do processo odontoide.¹² Daher *et al.*¹² estudaram a morfometria do processo odontoide na população brasileira utilizando a TC e medindo o menor diâmetro nas reconstruções sagital e transversal. Relatarem diâmetro < 9 mm no plano transversal em 30% da população.

A fixação com parafusos na região anterior da coluna cervical tornou-se o tratamento de escolha, principalmente para as fraturas do processo odontoide.¹³⁻¹⁵ Esta técnica fornece estabilização imediata, restaura a articulação C1-2 e preserva a função, especialmente a rotação. Além disso, a fixação com parafuso na região anterior na fratura do processo odontoide alcança altas taxas de consolidação com poucas complicações, especialmente em pacientes jovens (< 60 anos). Soejima *et al.*¹⁶ demonstraram que a TC é útil para a medição do diâmetro transversal do processo odontoide, e a fixação com dois parafusos corticais de 3,5 mm, seria possível na maioria dos homens e mulheres analisadas.

Embora o parafuso na região anterior de C2 seja utilizado para o tratamento das fraturas do tipo II do processo odontoide, a fixação com um ou dois parafusos ainda é tema de discussão. A fixação anterior do processo odontoide com parafuso foi descrita originalmente utilizando-se dois parafusos.¹⁷ Posteriormente, estudos biomecânicos feitos em cadáver e estudos comparando clinicamente a utilização de um ou dois parafusos demonstraram não

haver diferença clínica, biomecânica ou radiográfica com relação aos parafusos. Estudos anatômicos mostraram que é necessário um diâmetro transversal mínimo do processo odontoide de 9 mm para que se possa acomodar dois parafusos de 3,5 mm. Entretanto, investigações radiográficas relataram que 66% dos pacientes não apresentam este diâmetro.¹⁸ Dantas *et al.*¹⁹ utilizaram apenas um parafuso canulado, por considerar o risco de introduzir o segundo parafuso maior que o seu benefício.

Estudos recentes ressaltam que a fixação com dois parafusos apresenta altas taxas de consolidação e aumento da rigidez quando a coluna cervical sofre uma carga em extensão.^{20,21} Além disso, a fixação com dois parafusos 3,5 mm (*versus* um de 4,0 mm) oferece uma grande área para perfurar o osso cortical no topo da odontoide o que aumenta a fixação, especialmente em pacientes osteoporóticos. Portanto, o pré-requisito para a utilização de dois parafusos é estimar o espaço disponível. Chang *et al.*²² relataram que a utilização de apenas um parafuso canulado de Herbert 4,5 mm na estabilização das fraturas do processo odontoide do tipo II aumentou a rigidez torcional quando comparado com a utilização de dois parafusos de 3,5 mm na região anterior da odontoide.

Este estudo demonstrou que a área óssea do processo odontoide após a colocação de um parafuso permanece com 82% de osso livre, tanto para homens quanto para mulheres. Com dois parafusos, a perda da área óssea é maior, principalmente para as mulheres que, tem uma área menor: 45,6% das mulheres passam a ter área óssea do processo odontoide entre 50% e 75%, e 54,4% apresentam mais de 75%. Entre os homens somente 26,6% passam a ter área óssea do processo odontoide entre 50% e 75%, e 73,4% acima de 75%, frequência significativamente menor do que as mulheres (p -valor=0,07).

Quando analisamos a distribuição por gênero dos percentuais da área óssea no processo odontoide, com um parafuso a média é de 88,6% nos homens e 87,7% nas mulheres. Porém, quando foram comparados pelo teste *t* de Student observa-se que, as diferenças entre as médias de homens e mulheres dos percentuais da área óssea do processo odontoide, foram significativamente menores para as mulheres (p -valor=0,0012). Conclui-se então que, em média, a área óssea após a colocação de um parafuso é significativamente menor para as mulheres. De maneira análoga, quando analisada a distribuição do percentual da área óssea do processo odontoide após a colocação de dois parafusos, a média é de 77,3% nos homens e de 75,4% nas mulheres. Quando comparados os percentuais de área do processo odontoide de homens e mulheres, pelo teste *t* de Student, observa-se que as diferenças entre as médias de homens e mulheres dos percentuais da área óssea, mesmo que pequenas, são significativamente menores para as mulheres (p -valor=0,0012). Conclui-se então que, em média, a área livre óssea após a colocação de dois parafusos é significativamente menor para as mulheres.

CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou que o planejamento no pré-operatório, por meio de TC, pode ajudar na escolha do número de parafusos no processo odontoide. A escolha deve ser criteriosa quando for necessária a utilização de dois parafusos no gênero feminino.

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

REFERÊNCIAS

- Clark CR, White AA 3rd. Fractures of the dens. A multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67(9):1340-8.
- Butler JS, Dolan RT, Burbridge M, Hurson CJ, O'Byrne JM, McCormack D, et al. The long-term functional outcome of type II odontoid fractures managed non-operatively. *Eur Spine J.* 2010;19(10):1635-42.
- Grauer JN, Shafi B, Hillbrand AS, Harrop JS, Kwon BK, Beiner JM, et al. Proposal of a modified, treatment-oriented classification of odontoid fractures. *Spine J.* 2005;5(2):123-9.
- Hsu WK, Anderson PA. Odontoid fractures: update on management. *J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18(7):383-94.
- Malik SA, Murphy M, Connolly P, O'Byrne J. Evaluation of morbidity, mortality and outcome following cervical spine injuries in elderly patients. *Eur Spine J.* 2008;17(4):585-91.
- Puchwein P, Jester B, Freytag B, Tanzer K, Maizen C, Gumpert R, et al. The three-dimensional morphometry of the odontoid peg and its impact on ventral screw osteosynthesis. *Bone Joint J.* 2013;95-B(4):536-42.
- Pal D, Sell P, Grevitt M. Type II odontoid fractures in the elderly: an evidence-based narrative review of management. *Eur Spine J.* 2011;20(2):195-204.
- Henry AD, Bohly J, Grosse A. Fixation of odontoid fractures by an anterior screw. *J Bone Joint Surg Br.* 1999;81(3):472-7.
- Lee SH, Sung JK. Anterior odontoid fixation using a 4.5-mm Herbert screw: The first report of 20 consecutive cases with odontoid fracture. *Surg Neurol.* 2006;66(4):361-6.
- Heller JG, Alson MD, Schaffler MB, Garfin SR. Quantitative internal dens morphology. *Spine (Phila Pa 1976).* 1992;17(8):861-6.
- Schaffler MB, Alson MD, Heller JG, Garfin SR. Morphology of the dens. A quantitative study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1992;17(7):738-43.
- Daher MT, Daher S, Nogueira-Barbosa MH, Defino HL. Computed tomographic valuation of odontoid process: implications for anterior screw fixation of odontoid fractures in an adult population. *Eur Spine J.* 2011;20(11):1908-14.
- Fountas KN, Kapsalaki EZ, Karampelas I, Feltes CH, Dimopoulos VG, Machinis TG, et al. Results of long-term follow-up in patients undergoing anterior screw fixation for type II and rostral type III odontoid fractures. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(6):661-9.
- Müller EJ, Wick M, Russe O, Muhr G. Management of odontoid fractures in the elderly. *Eur Spine J.* 1999;8(5):360-5.
- Song KJ, Lee KB, Kim KN. Treatment of odontoid fractures with single anterior screw fixation. *J Clin Neurosci.* 2007;14(9):824-30.
- Soejima FK, Maçaneiro CH, Lauffer RF, Rodacki MA. Análise do diâmetro transversal do processo odontoide com uso da tomografia computadorizada. *Coluna/Columna.* 2010;9(4):413-6.
- Nakanish T, Sasaki T, Tokita N. Internal fixation for the odontoid fracture. *Orthop Trauma Surg.* 1980;23:399-406.
- Jenkins JD, Coric D, Branch CL Jr. A clinical comparison of one- and two-screw odontoid fixation. *J Neurosurg.* 1998;89(3):366-70.
- Dantas FL, Prandini MN, Caires AC, Fonseca GA, Raso JL. Management of odontoid fractures using anterior screw fixation: analysis of 15 cases. *Arq Neuropsiquiatr.* 2002;60(3-B):823-9.
- Nourbakhsh A, Patil S, Vannemreddy P, Ogen A, Mukherjee D, Nanda A. The use of bio-absorbable screws to fix Type II odontoid fractures: a biomechanical study. *J Neurosurg Spine.* 2011;15(4):361-6.
- Dailey AT, Hart D, Finn MA, Schmidt MH, Apfelbaum RI. Anterior fixation of odontoid fractures in an elderly population. *J Neurosurg Spine.* 2010;12(1):1-8.
- Chang KW, Liu YW, Cheng PG, Chang L, Suen KL, Chung WL, et al. One Herbert double-threaded compression screw fixation of displaced type II odontoid fractures. *J Spinal Disord.* 1994;7(1):62-9.