

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO**

RAFAEL SERAGIOLI

Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical por meio de sequência volumétrica entre os equipamentos de ressonância magnética de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla.

Ribeirão Preto

2015

RAFAEL SERAGIOLI

Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical por meio de sequência volumétrica entre os equipamentos de ressonância magnética de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla.

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Médicas.
Área de Concentração: Diagnóstico por Imagem.

Orientador: Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira Barbosa

Ribeirão Preto

2015

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.

FICHA CATALOGRÁFICA

Seragioli, Rafael.

Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical por meio de sequência volumétrica entre os equipamentos de ressonância magnética de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla / Rafael Seragioli; Orientador: Marcello Henrique Nogueira Barbosa – Ribeirão Preto, 2015.

45 páginas, 2 figuras, 11 tabelas.

Dissertação de mestrado (Programa de Pós-graduação em Medicina – Área de Concentração: Diagnóstico por Imagem) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

1) Ligamento denteado; 2) Ressonância magnética; 3) Cosmic.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aluno: Rafael Seragioli

Título: Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical por meio de sequência volumétrica entre os equipamentos de ressonância magnética de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla.

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

Área de Concentração: Diagnóstico por Imagem.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Roberto e Sonia, pois sem seus esforços jamais estaria na condição na qual me encontro hoje, com a possibilidade de conquistar mais um objetivo, o título de mestrado.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família pelo constante apoio e incentivo durante toda a jornada desde o início da faculdade.

Agradeço minha mãe e irmã por sempre renovarem as minhas energias quando me fazem uma de suas visitas.

Agradeço ao meu pai, que embora não esteja mais presente, sempre fez o possível para garantir o melhor que pôde aos seus filhos.

Agradeço à minha mãe, dona Sonia, que sempre cuidou, criou e esteve ao lado dos filhos. Incansável e trabalhadora, é fonte de inspiração para seguir adiante e enfrentar os novos desafios que surgirem. Jamais serei capaz de retribuir tudo o que fez por mim.

Agradeço aos meus braços direitos, professores Marcello Nogueira-Barbosa e Marcelo Novelino Simão, que me auxiliaram com a realização deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de residência, pelas experiências que vivenciamos durante o último ano e as amigas que se formaram.

Agradeço a toda a equipe do musculoesquelético do HCRP, pelo ano de grande aprendizado, não só acadêmico mas também pessoal e profissional.

Agradeço a clínica radiológica CEDIRP, que gentilmente permitiu o uso de seus arquivos de imagens e instalações para a realização deste estudo, bem como todos os radiologistas ali presentes por me recepcionarem sempre muito bem.

EPIGRAFE

“Valeu a pena? Tudo vale a pena

Se a alma não é pequena.

Quem quer passar além do Bojador

Tem que passar além da dor.”

Fernando Pessoa



RESUMO

Seragioli, R. **Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical por meio de sequência volumétrica entre os equipamentos de ressonância magnética de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla.** Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2015.

Introdução: Os ligamentos denteados são extensões da pia-máter em cada lado da medula espinhal, totalizando cerca de 20 a 21 pares de estruturas fibrosas que se conectam com a dura-máter, ancorando a medula espinhal. Esses ligamentos são importantes referências anatômicas para cirurgias envolvendo estruturas no interior do canal vertebral e, portanto, muito bem conhecidos por cirurgiões que abordam o canal vertebral. No entanto, não encontramos a descrição deste ligamento em estudos de ressonância magnética (RM). **Objetivo:** Nosso objetivo foi avaliar a detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical por meio de imagens de RM em sequências de aquisição volumétrica e com alta resolução espacial, e comparar a frequência de detecção desses ligamentos nos equipamentos de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla. **Resultados:** Foram avaliados 116 exames de ressonância magnética da coluna cervical, sendo observada alta frequência de detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical utilizando sequência volumétrica 3D COSMIC, tanto no equipamento de 1,5 Tesla quanto no equipamento de 3,0 Tesla. Não houve diferença estatisticamente significativa quando comparamos a frequência de detecção dos ligamentos entre os equipamentos de RM de 1,5T e 3,0 T.

Palavras chave: ligamento denteado; ressonância magnética; 3D COSMIC.

ABSTRACT

Seragioli, R. **Comparison between the frequency of detection of the dentate ligament in cervical spine by means of volumetric sequence between the magnetic resonance equipment of 1,5 Tesla and 3,0 Tesla.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2015.

Introduction: Denticulate ligaments are extensions of the pia mater on each side of the spinal cord, totaling about 20 to 21 pairs of fibrous structures that connect with the dura mater, anchoring the spinal cord. These ligaments are important anatomical references for surgeries involving structures inside the spinal canal and therefore well known to surgeons who approach the spinal canal. To our knowledge, there is no previous study on the feasibility to detect the denticulate ligaments using MRI. **Objective:** Our aim was to evaluate the detection of denticulate ligaments in the cervical spine using high resolution magnetic resonance imaging (MRI), and to compare the frequency of detection of these ligaments in 1.5 Tesla and 3.0 Tesla equipment. **Results:** We evaluated 116 MRI scans of the cervical spine and observed high frequency of detection of the denticulate ligaments in the cervical spine using the volumetric sequence 3D COSMIC on both the 1,5 Tesla and 3,0 Tesla MR equipments. There was no statistically significant difference in the frequency of detection of the ligaments between the MRI equipments.

Keywords: denticulate ligament; magnetic resonance imaging; 3D COSMIC.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Imagem 3D COSMIC em RM de 1,5 T	pag 27
Figura 2-	Imagem 3D COSMIC em RM de 3,0 T	pag 27
Figura 3-	3D COSMIC em RM de 3,0 T e 1,5 T	pag 38
Figura 4-	3D COSMIC em RM de 3,0 T nos níveis C3 e C7	pag 39

LISTA DE TABELAS

-
- Tabela 1-** Dados demográficos por equipamento..... pag 31
- Tabela 2-** Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical entre os equipamentos de RM de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla na avaliação do observador 1..... pag 31
- Tabela 3-** Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical entre os equipamentos de RM de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla na avaliação do observador 2..... pag 32
- Tabela 4-** Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 1,5 Tesla na avaliação do observador 1..... pag 33
- Tabela 5-** Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 3,0 Tesla na avaliação do observador 1..... pag 33
- Tabela 6-** Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 1,5 Tesla na avaliação do observador 2..... pag 33
- Tabela 7-** Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 3,0 Tesla na avaliação do observador 2..... pag 33
- Tabela 8-** Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 1,5 Tesla na avaliação do observador 1..... pag 34
- Tabela 9-** Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 3,0 Tesla na avaliação do observador 1..... pag 34
- Tabela 10-** Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 1,5 Tesla na avaliação do observador 2..... pag 35
- Tabela 11-** Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 3,0 Tesla na avaliação do observador 2..... pag 35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- RM: *ressonância magnética*
- T: Tesla
- 3D: tridimensional
- COSMIC: *Coherent Oscillatory State Acquisition for the Manipulation of Imaging Contrast*
- C2D: ligamento denteado direito no nível cervical C2
- C2E: ligamento denteado esquerdo no nível cervical C2
- C3D: ligamento denteado direito no nível cervical C3
- C3E: ligamento denteado esquerdo no nível cervical C3
- C4D: ligamento denteado direito no nível cervical C4
- C4E: ligamento denteado esquerdo no nível cervical C4
- C5D: ligamento denteado direito no nível cervical C5
- C5E: ligamento denteado esquerdo no nível cervical C5
- C6D: ligamento denteado direito no nível cervical C6
- C6E: ligamento denteado esquerdo no nível cervical C6
- C7D: ligamento denteado direito no nível cervical C7
- C7E: ligamento denteado esquerdo no nível cervical C7

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	pag 19
2. OBJETIVOS	pag 22
2.1 Objetivo principal.....	pag 23
2.2 Objetivo secundário.....	pag 23
3. MATERIAIS E MÉTODOS	pag 24
3.1 Em relação aos exames selecionados	pag 25
3.2 Em relação à aquisição das imagens	pag 25
3.3 Em relação à avaliação dos exames	pag 26
3.4 Em relação à avaliação estatística	pag 28
4. RESULTADOS	pag 29
5. DISCUSSÃO	pag 36
6. CONCLUSÃO	pag 41
7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	pag 43

1. INTRODUÇÃO

Ligamentos denteados são extensões da superfície lateral da pia-máter da medula espinhal, com formato triangular, cujos ápices se inserem na dura-máter lateralmente. Em posição mediana dentro do canal vertebral, entre as raízes anterior e posterior dos nervos espinhais, dividem o canal vertebral em compartimentos anterior e posterior⁽⁴⁾.

Existem cerca de 20 a 21 pares de ligamentos distribuídos pela medula espinhal, nos níveis cervical, torácico e lombar⁽¹⁵⁾, até o nível de L1-L2. Estudos em cadáveres não identificaram ligamentos denteados abaixo do nível de L1-L2⁽¹⁾.

O primeiro ligamento denteado tem origem ao nível da junção cervico-medular, com inserção lateral no côndilo occipital ao nível da articulação atlanto-occipital. O último ligamento denteado é encontrado ao nível de L1-L2, sendo mais espesso que os demais, direcionando-se caudalmente para juntar-se ao filum terminale.

A distribuição desses ligamentos pode não obedecer um padrão regular e uniforme. Há estudos em cadáveres demonstrando que pode ocorrer em indivíduos, em determinado nível vertebral, ausência de ligamentos ou então ausência de ligamento homólogo contralateral ou mesmo duplicações ligamentares⁽¹⁾.

Os ligamentos denteados são compostos por fibras colágenas, recobertos por pia-mater e aracnóide. No nível cervical os ligamentos apresentam formato triangular, apresentando prolongamentos fibrosos na região do ápice ligamentar que os inserem à dura-mater. Além disso, na região cervical, os ligamentos apresentam projeções intramedulares, possibilitando melhor ancoramento medular⁽⁴⁾. No nível torácico há alguma divergência na literatura quanto ao formato dos ligamentos denteados, com estudos em cadáveres descrevendo formato triangular e outros descrevendo formato em Y⁽¹⁾, ligados medialmente à medula por tecido conectivo frouxo, sem projeções intramedular, inserindo-se diretamente na dura-mater lateralmente⁽⁴⁾.

Atualmente, acredita-se que a principal função dos ligamentos denteados esteja relacionada à estabilização da medula espinhal dentro do canal medular, restringindo os movimentos principalmente no eixo crânio-caudal, contrapondo a teoria vigente durante anos de que a mielopatia espondilótica fosse decorrente da fixação da medula e restrição dos movimentos no eixo antero-posterior, visto que foi demonstrado que não há restrição significativa do deslocamento antero-posterior da medula espinhal⁽¹⁴⁾. Hoje, a grande importância clínica dos ligamentos denteados consiste em servir como pontos de reparo anatômico para cirurgias envolvendo a medula espinhal e o canal vertebral^{(2) (7)}. Há, ainda, relatos de torcicolo espasmódico secundário a compressão do nervo espinhal acessório pelo ligamento denteado⁽⁹⁾.

Não encontramos estudos publicados nas línguas inglesa ou portuguesa dedicados a descrever estes ligamentos nas imagens de RM.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Primário

O estudo tem como objetivo principal comparar, de modo retrospectivo, a frequência de detecção dos ligamentos denteados na coluna cervical entre equipamentos de ressonância magnética de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla, utilizando uma sequência volumétrica para aquisição de imagens, no caso, a sequência 3D COSMIC.

2.2. Objetivo secundário

Como objetivo secundário vamos avaliar a concordância interobservador na detecção dos ligamentos denteados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Em relação aos exames selecionados

Foram rastreados no arquivo digital da clínica radiológica CEDIRP os exames de RM de coluna cervical, realizados sequencialmente nos períodos entre 01 de janeiro de 2011 a 31 de janeiro de 2011 e entre 01 de janeiro de 2012 a 31 de janeiro de 2012.

Critérios de inclusão: foram incluídos no estudo os pacientes com exame de ressonância magnética da coluna cervical realizado no período pré-estabelecido e que continham a sequência 3D COSMIC da coluna vertebral cervical no protocolo do exame.

Critérios de exclusão: foram excluídos da pesquisa os pacientes cujas imagens de RM evidenciaram sinais de cirurgia prévia ou tumores envolvendo a coluna vertebral cervical; pacientes cujas imagens apresentavam má qualidade técnica como por exemplo artefatos de movimento ou de susceptibilidade magnética com prejuízo da avaliação do exame; pacientes cujos exames de RM não continham a sequência 3D COSMIC disponível para avaliação.

3.2. Em relação à aquisição de imagens

Os exames de ressonância magnética foram realizados utilizando-se da sequência volumétrica tridimensional 3D COSMIC (*Coherent Oscillatory State Acquisition for the Manipulation of Imaging Contrast*) em equipamentos de ressonância magnética modelo GE Medical Systems Sigma de 1,5 Tesla (TR: 5,7 ms; TE: 2,8 ms ; FOV: 18x16 cm; espessura: 2,0 mm ; tempo de aquisição: 2 min 20 seg ; matriz: 288 x 224 ; NEX: 0,7) e modelo GE Medical

Systems Discovery de 3,0 Tesla (TR: 5,0 ms; TE: 1,4 ms; FOV: 18x18 cm ; espessura: 2,0 mm; tempo de aquisição: 2 min 12 seg ; matriz: 288 x 256 ; NEX: 0,7).

Os pacientes realizaram exames no equipamento de 1,5 Tesla ou 3,0 Tesla de maneira randômica, independente de idade, sexo, indicação do exame ou quaisquer outros critérios.

3.3. Em relação à avaliação dos exames

A avaliação retrospectiva dos exames foi realizada de maneira isolada e independente por dois radiologistas, um deles com 18 meses de experiência e outro com 17 anos de experiência na avaliação da coluna vertebral pelo método de ressonância magnética.

Os ligamentos denteados foram avaliados em cada nível cervical entre C2 e C7, de cada lado da medula espinhal (direito e esquerdo), no plano axial junto à emergência das raízes neurais.

A caracterização do ligamento denteado foi definida como a estrutura linear de baixo sinal visualizada entre a emergência das raízes neurais, com origem no equador da medula espinhal. Para considerar a detecção de um ligamento denteado, foi considerada essencial a caracterização da emergência das raízes neurais e a visualização do ligamento localizado na sua topografia habitual entre as raízes neurais anterior e posterior da medula espinhal (Figura 1). Foram considerados não detectados os ligamentos não visualizados e os ligamentos em níveis cervicais cuja a caracterização inequívoca do ligamento entre as raízes neurais não foi satisfatória (Figura 2).

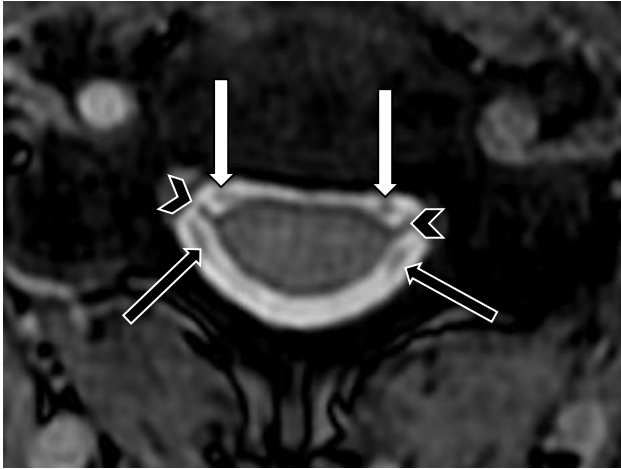


Figura 1. Imagem 3D COSMIC em RM de 1,5 T, evidenciando as raízes neurais ventrais (setas brancas) e dorsais (setas pretas), com o ligamento dentado (pontas de seta) interposto, caracterizando a identificação dos ligamentos bilateralmente.

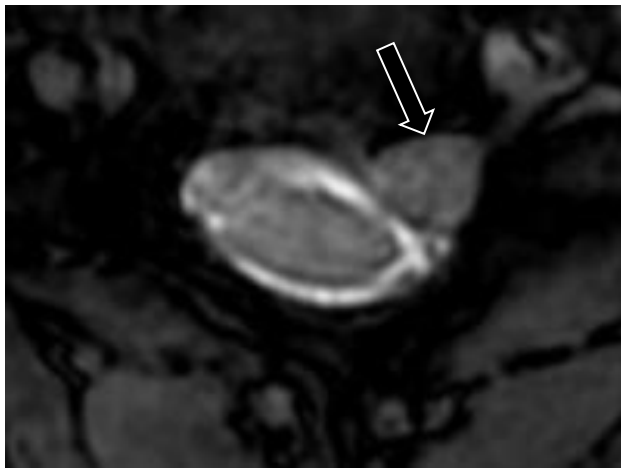


Figura 2. Imagem 3D COSMIC em RM de 3,0 T, evidenciando hérnia discal extrusa paramediana à esquerda (seta), reduzindo as dimensões do canal vertebral e recesso lateral esquerdo, dificultando a nítida caracterização das raízes neurais e, conseqüentemente, a identificação dos ligamentos dentados.

3.4. Em relação à avaliação estatística

Para a avaliação estatística foi utilizado o software de avaliação estatística SAS (Statistical Analysis System version 9.2).

Foram calculadas as frequências de detecção dos ligamentos denteados em cada nível cervical para cada equipamento. Foram comparadas as amostras de exames realizados no equipamento de 1,5 Tesla com as realizadas no equipamento de 3,0 Tesla. Com o intuito de testar a hipótese de alterações degenerativas da coluna cervical e consequente estreitamento do canal vertebral influenciarem na avaliação dos ligamentos denteados, as amostras foram, ainda, divididas em faixas etárias (inferior a 50 anos e superior a 50 anos) e realizada a comparação da frequência de detecção entre os equipamentos para essas faixas etárias. Comparou-se também a frequência de detecção entre os diferentes níveis cervicais no mesmo aparelho de ressonância magnética.

Foi utilizado o teste exato de Fisher para determinar significância estatística na relação da frequência de detecção entre os equipamentos e o teste de Cohen kappa para determinar concordância entre os observadores.

4. RESULTADOS

Foram identificados no arquivo digital da clínica radiológica referida um total de 169 pacientes que realizaram exame de ressonância magnética da coluna cervical realizados nos períodos entre 01 de janeiro de 2011 a 31 de janeiro de 2011 e entre 01 de janeiro de 2012 a 31 de janeiro de 2012. Deste total, 116 pacientes foram incluídos no estudo. Foram excluídos do trabalho 53 pacientes, sendo que 40 deles não continham sequência 3D COSMIC nos exames de imagem, 12 deles apresentavam artefatos que prejudicavam a avaliação adequada do exame e 1 deles apresentava lesão expansiva no interior do canal vertebral.

Foram identificados entre 83% (observador 1) e 84% (observador 2) do total de ligamentos possíveis ($p < 0,0001$, $k = 0,30$, IC95% 0,23 – 0,38). Observou-se dependência interobservador nos equipamentos de 1,5 T ($p < 0,0001$, $k = 0,37$, IC95% 0,28 – 0,46) e 3,0 T ($p < 0,0001$, $k = 0,30$, IC95% 0,18 – 0,42).

Dos pacientes avaliados, 47 (42,2 %) são do sexo masculino e 69 (57,7 %) são do sexo feminino. A idade média populacional foi de 49,75 anos, com desvio padrão de 14,6 anos para mais ou para menos (Tabela 1).

A população avaliada no equipamento de 1,5 Tesla contabilizou 65 pacientes, 31 (47,7%) do sexo masculino e 34 (52,3%) do sexo feminino, sendo a média de idade de 49,47 anos, com desvio padrão de 14,0 anos para mais e para menos (Tabela 1).

A população avaliada no equipamento de 3,0 Tesla contabilizou 51 pacientes, 18 (35,3%) do sexo masculino e 33 (64,7%) do sexo feminino, com idade média de 50,11 anos e desvio padrão de 15,39 anos para mais e para menos (Tabela 1).

Tabela 1. Dados demográficos por equipamento

Grupo	Sexo Masculino	Sexo Feminino	Média de Idade	Desvio Padrão
1,5 Tesla	31	34	49,47	14,07
3,0 Tesla	18	33	50,11	15,39

Foram comparadas as frequências de detecção dos ligamentos denteados entre os equipamentos de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla (Tabela 2 e Tabela 3). Ambos os observadores evidenciaram que, em geral, não há diferença estatística entre os diferentes níveis cervicais quando comparados os dois equipamentos.

O observador 1 evidenciou diferença estatística entre os equipamentos apenas na avaliação do ligamento no nível C2 à esquerda enquanto que o observador 2 evidenciou diferença estatística entre os equipamentos apenas na avaliação do ligamento no nível C2 à direita. A concordância interobservador foi razoável na avaliação dos ligamentos em ambos os equipamentos sendo no equipamento de 1,5 Tesla ($k=0,3744$; IC 95% 0,28 – 0,46) e no 3,0 Tesla ($k=0,3044$; IC 95% 0,18 – 0,42).

Tabela 2. Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical entre os equipamentos de RM de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla na avaliação do observador 1.

	1,5Tesla		3,0 Tesla		Teste exato Fisher (p)	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
C2	85%	85%	94%	98%	0,14	0,02
C3	82%	91%	90%	92%	0,29	1,0
C4	91%	82%	82%	86%	0,17	0,79
C5	79%	83%	80%	86%	1,0	0,79
C6	70%	76%	68%	74%	0,84	0,83
C7	83%	85%	74%	74%	0,25	0,16

Tabela 3. Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical entre os equipamentos de RM de 1,5 Tesla e 3,0 Tesla na avaliação do observador 2.

	1,5 Tesla		3,0 Tesla		Teste exato Fisher (p)	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
C2	78%	83%	94%	92%	0,03	0,17
C3	87%	92%	90%	92%	0,77	1,0
C4	86%	83%	96%	94%	0,11	0,09
C5	83%	87%	90%	86%	0,41	0,78
C6	75%	75%	76%	80%	1,0	0,65
C7	73%	75%	82%	70%	0,37	0,53

Quando comparada a frequência de detecção dos ligamentos denteados no mesmo aparelho de ressonância magnética, em relação aos diferentes níveis cervicais (Tabela 4, Tabela 5, Tabela 6 e Tabela 7), ambos os observadores evidenciaram que o equipamento de 1,5 Tesla não apresenta diferença estatisticamente significativa quando comparados níveis de C2 a C7.

Ambos os observadores, no entanto, verificaram que o equipamento de 3,0 Tesla apresenta diferença estatisticamente significativa quando comparados os diferentes níveis cervicais, identificando numa frequência maior os ligamentos cervicais mais altos comparativamente aos níveis cervicais mais baixos.

Tabela 4. Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 1,5 Tesla na avaliação do observador 1.

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	C2D	C2E	C3D	C3E	C4D	C4E	C5D	C5E	C6D	C6E	C7D	C7E
1,5 T	85%	85%	82%	91%	91%	82%	79%	83%	70%	76%	83%	85%

Teste exato de Fisher ($p = 0,09$)

Tabela 5. Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 3,0 Tesla na avaliação do observador 1.

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	C2D	C2E	C3D	C3E	C4D	C4E	C5D	C5E	C6D	C6E	C7D	C7E
3,0 T	94%	98%	90%	92%	82%	86%	80%	86%	68%	74%	74%	74%

Teste exato de Fisher ($p = 0,0003$)

Tabela 6. Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 1,5 Tesla na avaliação do observador 2.

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	C2D	C2E	C3D	C3E	C4D	C4E	C5D	C5E	C6D	C6E	C7D	C7E
1,5 T	78%	83%	87%	92%	86%	83%	83%	87%	75%	75%	73%	75%

Teste exato de Fisher ($p = 0,09$)

Tabela 7. Comparação da frequência de detecção dos ligamentos denteados por nível cervical no equipamento de 3,0 Tesla na avaliação do observador 2.

	C2		C3		C4		C5		C6		C7	
	C2D	C2E	C3D	C3E	C4D	C4E	C5D	C5E	C6D	C6E	C7D	C7E
3,0 T	94%	92%	90%	92%	96%	94%	90%	86%	76%	80%	82%	70%

Teste exato de Fisher ($p = 0,0008$)

Na comparação de grupos divididos em faixas etárias por equipamento, ambos os observadores evidenciaram diferenças estatisticamente significativas em múltiplos níveis no equipamento de 1,5 Tesla (Tabela 8 e Tabela 10). No equipamento de 3,0 Tesla, ambos os avaliadores, em geral, não evidenciaram diferenças estatísticas na detecção dos ligamentos entre as faixas etárias (Tabela 9 e Tabela 11).

Tabela 8. Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 1,5 Tesla na avaliação do observador 1.

1,5 Tesla	<50 anos (n=36)		≥50 anos (n=29)		Teste exato Fisher (p)	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
C2	95%	95%	71%	71%	0,01	0,01
C3	82%	95%	82%	85%	1,0	0,22
C4	95%	92%	85%	67%	0,22	0,02
C5	90%	92%	64%	71%	0,01	0,04
C6	77%	87%	60%	60%	0,17	0,01
C7	92%	95%	71%	71%	0,04	0,01

Tabela 9. Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 3,0 Tesla na avaliação do observador 1.

Tesla	<50 anos (n=28)		≥50 anos (n=23)		Teste exato Fisher (p)	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
C2	96%	96%	92%	100%	0,60	1,0
C3	96%	96%	84%	88%	0,19	0,34
C4	88%	92%	76%	80%	0,29	0,24
C5	84%	92%	76%	80%	0,49	0,24
C6	80%	84%	56%	64%	0,07	0,11
C7	88%	80%	60%	68%	0,02	0,34

Tabela 10. Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 1,5 Tesla na avaliação do observador 2.

Tesla	<50 anos (n=36)		≥50 anos (n=29)		Teste exato Fisher (p)	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
C2	89%	87%	61%	76%	0,01	0,32
C3	100%	97%	69%	84%	0,0002	0,14
C4	92%	89%	76%	73%	0,13	0,09
C5	89%	92%	73%	80%	0,09	0,24
C6	76%	76%	73%	73%	0,77	0,77
C7	74%	76%	73%	73%	1,0	0,77

Tabela 11. Comparação entre a frequência de detecção dos ligamentos denteados por faixa etária no equipamento de RM de 3,0 Tesla na avaliação do observador 2.

Tesla	<50 anos (n=28)		≥50 anos (n=23)		Teste exato Fisher (p)	
	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo	Direito	Esquerdo
C2	96%	88%	92%	96%	1,0	0,60
C3	88%	88%	92%	96%	1,0	0,60
C4	100%	92%	92%	96%	0,48	1,0
C5	92%	88%	88%	84%	1,0	1,0
C6	76%	76%	76%	84%	1,0	0,72
C7	72%	80%	92%	60%	0,13	0,21

5. DISCUSSÃO

Os ligamentos denteados são estruturas fibrosas com função primordial de estabilizar a medula espinhal no interior do canal vertebral. Estudos em cadáveres evidenciam um par de ligamentos para cada nível vertebral, desde a transição cervico-medular até o nível de L1, com poucas variações da normalidade⁽¹⁾.

Na literatura radiológica, observam-se estudos mielográficos (Teng P, 1960) e estudos cinemielográficos (Epstein BS, 1967), ambos realizados na década de 1960. Não identificamos estudos dedicados à avaliação destes ligamentos desde o período supracitado. Entretanto, é crescente o número de publicações relacionadas à avaliação anatômica e funcional dos ligamentos denteados, citando a aplicação da dentatotomia em diversas abordagens cirúrgicas do canal vertebral e também testando hipóteses do envolvimento destas estruturas em doenças como mielopatia espondilótica e torcicolo espasmódico^{(3) (7) (9) (10) (11)}.

O nosso estudo visou abordar os ligamentos denteados por ressonância magnética, como forma de realizar uma atualização técnica ao estudo radiológico destes ligamentos, bem como atentar aos médicos radiologistas a existência desses ligamentos e evitar confusões com raízes neurais. As sequências convencionais de exames de rotina da coluna vertebral nos equipamentos de uso clínico disponíveis na maioria dos serviços radiológicos não permite boa visualização desses ligamentos como as sequência volumétricas ou imagens de equipamentos de 7,0 Tesla⁽⁸⁾. Optamos por utilizar a sequência volumétrica 3D COSMIC, pois dentre as sequências volumétricas disponíveis realizadas na rotina do serviço, é a que possui melhor relação sinal-ruído e contraste-ruído no compartimento intradural, permitindo melhor visualização de raízes neurais⁽¹⁶⁾ e, conseqüentemente, dos ligamentos denteados.

Observamos os ligamentos denteados como estruturas lineares de baixo sinal com localização e orientação constante entre as raízes neurais no interior do saco dural, refletindo a sua configuração histoanatômica.

A comparação entre os dois equipamentos de ressonância magnética (Tabela 2 e Tabela 3), em geral, não evidenciou superioridade na identificação dos ligamentos denteados por parte de nenhum dos equipamentos (Figura 3). Houve diferença estatística na detecção dos ligamentos apenas no nível C2, porém neste nível, não houve concordância entre os observadores. O observador 1 evidenciou superioridade do equipamento de 1,5 Tesla na avaliação do ligamento esquerdo de C2 enquanto que o observador 2 evidenciou superioridade do equipamento de 1,5 Tesla na avaliação do ligamento direito de C2.

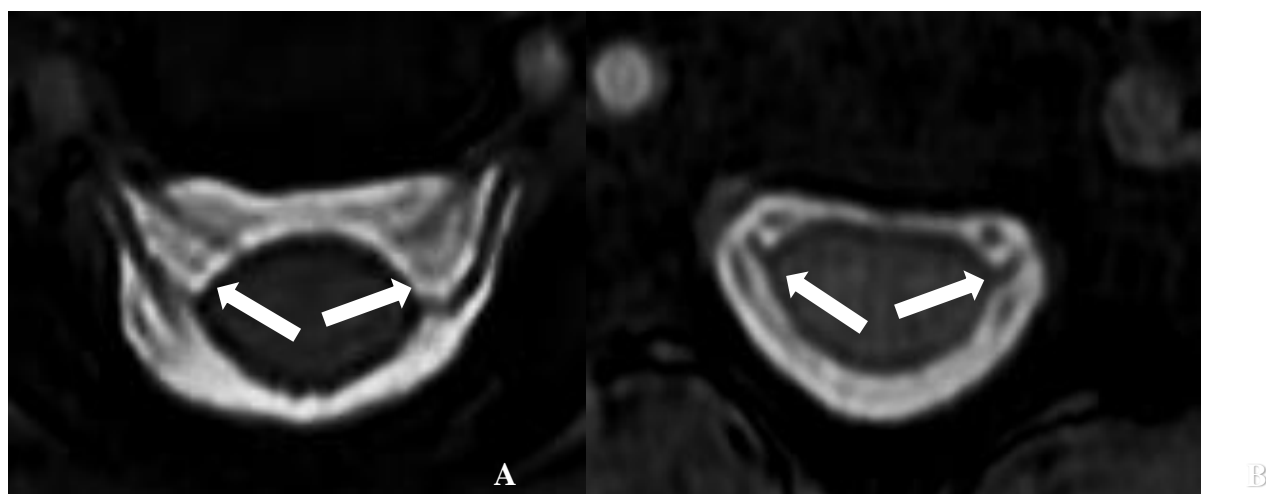


Figura 3. Imagens 3D COSMIC em RM de 3,0 T (A) e 1,5 T (B) do mesmo nível cervical C4. Os ligamentos denteados são bem visíveis em ambos os equipamentos.

Nosso estudo também demonstrou que na avaliação dos diferentes níveis cervicais no equipamento de 1,5 Tesla (Tabela 4 e Tabela 6) não há diferença estatística. Quando realizada a mesma avaliação no equipamento de 3,0 Tesla (Tabela 5 e Tabela 7), observou-se diferença estatística na avaliação dos ligamentos nos níveis C6 e C7, sendo visualizados com menor frequência em relação aos demais níveis. Embora o estudo não se propusesse a avaliar os motivos dessa diferença estatística, a principal hipótese para o ocorrido é que nas imagens da transição cervico-torácica dos exames realizados no equipamento de 3,0 Tesla havia mais

artefatos localizados nesta topografia, devido provavelmente a movimentos respiratórios incidindo sobre caixa torácica e cintura escapular, dificultando a avaliação das estruturas cervicais nestes níveis (Figura 4).

Além dos artefatos nas imagens, outros fatores foram identificados como prejudiciais à avaliação dos ligamentos denteados. O principal deles é a redução das dimensões do canal vertebral, principalmente secundário a alterações degenerativas da coluna vertebral. O estreitamento do canal vertebral reduz o espaço subaracnóide, aproximando e dificultando a distinção entre as raízes neurais e os ligamentos denteados.

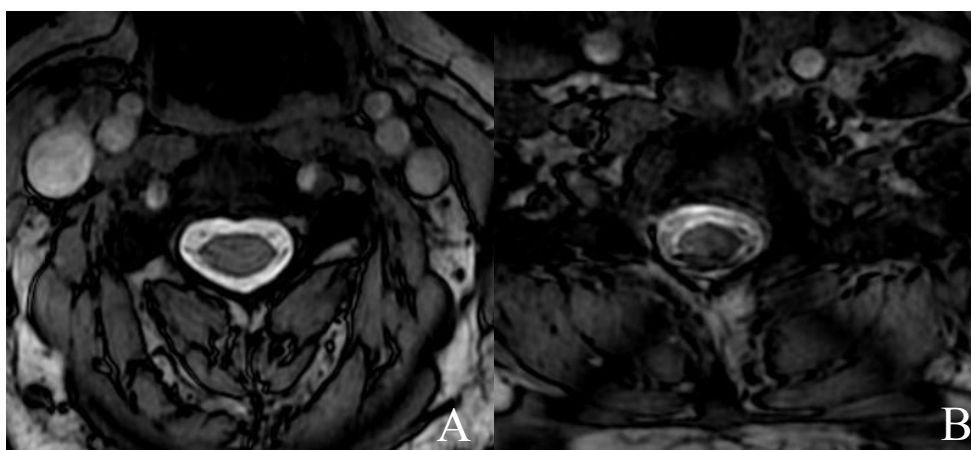


Figura 4. 3D COSMIC em RM de 3,0 T nos níveis C3 e C7. Observar a imagem no nível de C3 em (A) e no nível de C7 em (B). Na região cervical alta, em C3, há nitidez de imagem, facilitando visualização dos ligamentos denteados após ampliação e janelamento adequado da imagem. Na transição cervico-torácica, em C7, a presença de artefatos na imagem prejudica a avaliação das estruturas nesta topografia.

Quando comparada a frequência de identificação de ligamentos em faixas etárias diferentes nos equipamentos de RM, o observador 1 evidencia diferenças estatísticas para múltiplos níveis no equipamento de 1,5 Tesla (Tabela 8), favorecendo a identificação de ligamentos na faixa etária inferior a 50 anos porém não houve correspondência com a avaliação

do observador 2 (Tabela 10). No equipamento de 3,0 Tesla (Tabela 9 e Tabela 11), em geral, ambos os observadores não evidenciaram diferenças estatísticas para as faixas etárias, com exceção dos ligamentos no nível C7 à direita na avaliação do observador 1, não havendo correspondência com a avaliação do observador 2. Deste modo, não foi possível concluir se há relação, mesmo que indireta, entre o estreitamento do canal vertebral e a redução da frequência de detecção dos ligamentos denteados, necessitando de estudos adicionais.

O trabalho apresenta outras limitações, como o fato do estudo ter caráter retrospectivo e não dispor de um exame padrão-ouro para confrontar as avaliações dos observadores. Não foi possível avaliar o nível C1 e a transição cervico-medular, pois a sequência volumétrica de RM utilizada não abrange esta topografia no protocolo de exame. Também não tivemos acesso à história clínica e histórico pregresso dos pacientes, sendo desconhecidos possíveis traumatismos capazes de lesar os ligamentos denteados. Outra importante limitação do estudo foi não ter sido possível avaliar uma mesma amostra de pacientes nos dois equipamentos testados.

6. CONCLUSÃO

O estudo evidencia a viabilidade de detecção dos ligamentos denteados em todos os níveis da coluna cervical quando avaliados por sequência volumétrica. Esses ligamentos são visualizados com a mesma frequência utilizando-se imagens adquiridas nos equipamentos de RM de 1,5T e 3,0 T nos diversos níveis cervicais.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Güreş B, Canbay S, Bozkurt M, et. al. Microsurgical anatomy of the denticulate ligaments and their relationship with the axilla of the spinal nerve roots. *Clin Anat.* 2013 Jul 26.
2. Reis AJ. New surgical approach for late complications from spinal cord injury. *BMC Surg.* 2006 Oct 23;6:12.
3. Ceylan D, Tatarlı N, Abdullaev T et. al. The denticulate ligament anatomical properties, functional and clinical significance. *Acta Neurochir (Wien).* 2012 Jul;154(7):1229-34.
4. Adeb N, Mortazavi MM, Deep A, et.al The pia mater: a comprehensive review of literature. *Childs Nerv Syst.* 2013 Oct;29(10):1803-10.
5. Bican O, Minagar A, Pruitt AA. The Spinal Cord: a Review of Functional Neuroanatomy . *Neurol Clin* 2013 Feb;31(1):1-18.
6. Pearce JMS. The Development of Spinal Cord Anatomy, *Eur Neurol* 2008;59:286–291.
7. Joaquim AF, Almeida JP, Dos Santos MJ, et. al. Surgical management of intradural extramedullary tumors located anteriorly to the spinal cord. *J Clin Neurosci.* 2012 Aug;19(8):1150-3.
8. Sigmund EE, Suero GA, Hu C, McGorty K, et. al. High-resolution human cervical spinal cord imaging at 7 T. *NMR Biomed.* 2012 Jul;25(7):891-9.
9. Sun K, Lu Y, Hu G, et. al. Microvascular decompression of the accessory nerve for treatment of spasmodic torticollis: early results in 12 cases. *Acta Neurochir (Wien).* 2009 Oct;151(10):1251-7.
10. Cusick JF, Ackmann JJ, Larson SJ. Mechanical and physiological effects of dentatotomy. *J Neurosurg.* 1977 Jun;46(6):767-75.
11. Jung TY, Jung S, Kim IY, et. al. Foramen magnum meningioma originating from the dentate ligament. *Acta Neurochir (Wien).* 2009 Apr;151(4):385-8; discussion 388.
12. Rengachary SS, Pelle D, Guthikonda M. Contributions of Johann jacob Huber to the surface anatomy of the spinal cord and meninges. *Neurosurgery.* 2008 Jun;62(6):1370-3; discussion 1373-4.
13. Naganawa T, Miyamoto K, Ogura H, et. al. Comparison of magnetic resonance imaging and computed tomogram-myelography for evaluation of cross sections of cervical spinal morphology. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011 Jan 1;36(1):50-6.
14. Stoltmann HF, Blackwood W. An anatomical study of the role of the detate ligaments in the cervical spinal canal. *J Neurosurg.* 1966 Jan;24(1):43-6.
15. Williams PL, Warwick R, Dyson M, et. al. Gray's anatomy, 37th edn. Edinburgh, Churchill Livingstone, pp 924–1091.

16. Shishido H, Takashima H, Takebayashi Y, et. al. Visualization of the intervertebral nerve root of the cervical spine with 3.0 Tesla magnetic resonance imaging: a comparison of three-dimensional acquisition techniques. *Nihon Hoshasem Gijutsu Gakkai Zasshi*. 2014 jul;70(7):670-5.
17. Teng P, Myelographic Identification of the Dentate Ligament, *Radiology* 1960 Jun;74:944-6.
18. Epstein BS, Cinemyelographic examination of the cervical spinal canal and the craniovertebral junction: the dentete ligaments. *Br J Radiol*. 1967 Mar;40(471):195-200.