



# Ressonância magnética como método para diagnóstico das lesões traumáticas por avulsão do plexo braquial

## *Magnetic Resonance as a Method for Diagnosis for Traumatic Lesions by Brachial Plexus Avulsion*

Yussef Ali Abdouni<sup>1</sup> João Pedro Farina Brunelli<sup>1</sup> Ramiro Joaquim de Carvalho Neto<sup>1</sup>   
 Karina Todeschini<sup>2</sup> Antônio Carlos da Costa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Serviço de Cirurgia da Mão e Microcirurgia, Hospital Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

<sup>2</sup>Hospital Santa Mônica, Erechim, RS, Brasil

Endereço para correspondência João Pedro Farina Brunelli, MD, Rua Leopoldo Bier, 825, Conjunto 301, Porto Alegre, RS, 90620-100, Brasil (e-mail: brunelli.joao@gmail.com).

Rev Bras Ortop 2022;57(5):766–771.

### Resumo

#### Palavras-chave

- ▶ plexo braquial/diagnóstico por imagem
- ▶ plexo braquial/lesões
- ▶ plexo braquial/cirurgia
- ▶ traumatismos dos nervos periféricos
- ▶ imagem por ressonância magnética
- ▶ diagnóstico diferencial

### Abstract

**Objetivo** A incidência de lesões traumáticas do plexo braquial vem aumentando consideravelmente no Brasil, principalmente devido ao aumento do número de acidentes de motocicleta. O objetivo do presente estudo é avaliar a sensibilidade e a especificidade da ressonância magnética (RM) no diagnóstico das lesões por avulsão do plexo braquial, comparando com os achados do exame físico e do intraoperatório.

**Métodos** Foram avaliados prospectivamente 16 pacientes com lesão do plexo braquial atendidos no ambulatório de cirurgia da mão de nosso serviço. Todos os pacientes foram submetidos ao exame de RM do plexo braquial e os achados foram inseridos em uma tabela, assim como os dados do exame físico, e parte dos pacientes teve o plexo avaliado intraoperatoriamente.

**Resultados** No presente estudo, a acurácia da RM na identificação de avulsão de raízes foi de 100%, com 100% de sensibilidade e especificidade comparando-se achados da imagem e cirúrgicos.

**Conclusão** A RM mostrou alta sensibilidade e especificidade, confirmadas por achados intraoperatórios, o que permite considerar este exame como padrão ouro no diagnóstico de avulsão nas lesões traumáticas do plexo braquial.

**Objective** The incidence of traumatic brachial plexus injuries has been increasing considerably in Brazil, mainly due to the increase in the number of motorcycle

\* Estudo desenvolvido no Hospital Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

recebido  
11 de Janeiro de 2021  
aceito  
14 de Maio de 2021  
Publicado on-line  
Novembro 4, 2021

DOI <https://doi.org/10.1055/s-0041-1736525>.  
ISSN 0102-3616.

© 2021. Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. All rights reserved.

This is an open access article published by Thieme under the terms of the Creative Commons Attribution-NonDerivative-NonCommercial-License, permitting copying and reproduction so long as the original work is given appropriate credit. Contents may not be used for commercial purposes, or adapted, remixed, transformed or built upon. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Thieme Revinter Publicações Ltda., Rua do Matoso 170, Rio de Janeiro, RJ, CEP 20270-135, Brazil

**Keywords**

- ▶ brachial plexus/diagnostic imaging
- ▶ brachial plexus/injuries
- ▶ brachial plexus/surgery
- ▶ peripheral nerve injuries
- ▶ magnetic resonance imaging
- ▶ diagnosis differential

accidents. The aim of the present study is to evaluate the sensitivity and specificity of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis of brachial plexus avulsion lesions, comparing it with the findings of physical and intraoperative examination.

**Methods** A total of 16 patients with brachial plexus injury were prospectively evaluated and treated at the hand surgery outpatient clinic from our service. All patients underwent MRI of the brachial plexus, and the findings were inserted on a table, as well as the physical examination data, and part of the patients had the plexus evaluated intraoperatively.

**Results** In the present study, the accuracy of MRI in the identification of root avulsion was 100%, with 100% sensitivity and specificity when comparing imaging with surgical findings.

**Conclusion** Magnetic resonance imaging showed high sensitivity and specificity, confirmed by intraoperative findings, which allows considering this test as the gold standard in the diagnosis of avulsion in traumatic brachial plexus injuries.

**Introdução**

A incidência de lesões traumáticas do plexo braquial vem aumentando consideravelmente no Brasil, principalmente devido ao aumento do número de acidentes de motocicleta.<sup>1</sup> O mecanismo mais comum de lesão é a tração,<sup>2</sup> que pode provocar dois tipos de lesão: pré-ganglionar, na qual as raízes são avulsionadas junto à sua origem na medula espinhal, ou pós-ganglionar, a qual pode apresentar padrão de ruptura completa do nervo ou a lesão em continuidade.<sup>3</sup> É comum que a combinação destes dois padrões de lesão ocorra em um mesmo indivíduo.

Consequentemente, é importante identificar ferramentas que permitam um diagnóstico mais preciso para melhorar a tomada de decisão relacionada à reconstrução nervosa e, consequentemente, melhorar o prognóstico. O diagnóstico das lesões do plexo braquial é baseado principalmente no exame físico, tendo a eletroneuromiografia como ferramenta auxiliar mais utilizada na literatura.<sup>4</sup> Os exames de imagem ainda têm indicação reservada ao diagnóstico das lesões pré-ganglionares, sendo a mielotomografia (mielo-CT) considerada por muitos autores o “padrão ouro” para a identificação das pseudomeningoceles.<sup>5</sup>

Recentemente, com a popularização da ressonância magnética (RM), foi observado que ela é capaz de avaliar, além do comprometimento pré-ganglionar, alterações também na porção pós-ganglionar do plexo braquial. Por ser um método menos invasivo que a mielo-CT, a RM traz menor risco de complicações e torna-se uma opção viável para o diagnóstico mais preciso das lesões do plexo braquial.<sup>6</sup>

Os achados da RM nas avulsões radiculares do plexo braquial incluem, além das pseudomeningoceles, interrupção do trajeto da raiz proximalmente ao forame vertebral, edema ou retração do nervo distal à lesão, deslocamento da medula espinhal para o lado oposto e denervação dos

músculos paraespinhais posteriores, especialmente os eretores da espinha.<sup>7</sup>

O objetivo do presente estudo é avaliar a sensibilidade e a especificidade da RM no diagnóstico das lesões por avulsão do plexo braquial, comparando com os achados do exame físico e do intraoperatório.

**Material e Métodos**

Foram avaliados prospectivamente 16 pacientes com lesão do plexo braquial atendidos no ambulatório de cirurgia da mão de nosso serviço. Todos os pacientes foram submetidos ao exame de RM do plexo braquial e os achados foram inseridos em uma tabela, assim como os dados do exame físico.

O exame físico foi realizado de forma detalhada, avaliando a função motora de cada músculo - quando cabível avaliação muscular individual - ou a função do grupo muscular - quando não foi possível avaliação isolada. Graduamos a força muscular com a escala do British Medical Council e testamos a sensibilidade de cada dermatômo. Foram anotados também os achados de exame físico sugestivos de lesão pré-ganglionar, os quais foram reunidos em uma tabela à parte.

Os critérios de inclusão no estudo foram pacientes entre 18 e 60 anos de idade com lesão do plexo braquial decorrente de trauma de alta energia. Os critérios de exclusão foram pacientes com lesões decorrentes de trauma aberto e os pacientes que não apresentavam pelo menos um sinal de avulsão radicular no exame físico ou na RM. Todos os exames foram realizados com aparelho Achieva 1.5T (Philips, Amsterdam, Netherlands) com sequências específicas para avaliação do plexo braquial.

Todos os pacientes incluídos no presente estudo assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido, e o projeto de pesquisa foi previamente autorizado pelo Comitê de Ética em Pesquisa de nossa Instituição sob o número 16594813.0.0000.5479.

## Resultados

Foram incluídos no presente trabalho 12 pacientes, sendo 7 do sexo masculino e 5 do sexo feminino, com idades que variaram entre 22 e 60 anos (média de 37,3 anos). Todos os pacientes sofreram acidente motociclístico que levou à lesão do plexo braquial. Seis lesões acometeram o membro superior direito e seis lesões acometeram o membro superior esquerdo, não havendo nenhuma lesão bilateral nesta casuística. Entre os pacientes avaliados, 10 indivíduos apresenta-

**Tabela 1** Exame sensitivo dos indivíduos incluídos no trabalho por raiz acometida e tipo de déficit

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
C5	N	N	N	P	H	A	A	N	N	A	A	N
C6	H	A	N	A	A	N	A	N	P	A	A	H
C7	N	A	N	P	H	N	A	N	P	A	A	H
C8	N	A	N	N	N	N	A	N	N	A	P	N
T1	N	N	N	N	N	N	A	N	N	A	N	N

Abreviações: A, anestesia; H, hipoestesia; N, normal; P, parestesias.

vam pelo menos um dos dermatômos com alterações de sensibilidade, sendo consideradas anestesia, hipoestesia ou parestesias (► **Tabela 1**). Apenas 1 paciente (paciente 8) não apresentava défices motores nos grupos musculares avaliados (► **Tabela 2**), e este achado foi compatível com a evidência de lesão pré-ganglionar apenas na raiz de C7. Em relação aos achados clínicos sugestivos de avulsão de raízes, 4 dos 12 pacientes avaliados apresentavam positividade em ao menos 1 deles (► **Tabela 3**), e todos os achados de RM confirmaram a suspeita clínica.

Com o intuito de avaliar a acurácia da RM (► **Tabela 4**) na detecção de avulsão de raízes, consideramos para o cálculo de sensibilidade e especificidade apenas os pacientes operados nos quais foi possível a visualização direta das raízes avulsionadas. Os achados reunidos na ► **Tabela 4** estão ilustrados nas ► **Figuras de 1 a 6**, que apresentam cortes de RM representativos de cada sinal de avulsão avaliados no presente estudo. Entre os 10 pacientes operados, 9 apresentavam avulsão de ao menos 1 raiz, achados compatíveis com a RM (todos exceto a paciente 9). A paciente 9 não apresentava quaisquer sinais de avulsão no transoperatório, achado compatível com a RM. Com isso, podemos afirmar que, neste estudo, a acurácia da RM na identificação de avulsão de

**Tabela 2** Exame motor detalhado dos indivíduos incluídos no trabalho

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trapezio	M5	M5	M5	M5	M5	M5	M0	M5	M5	M4	M5	M5
Grande dorsal	Trófico	M5	FUNC	M1	M5	M5	M0	M5	M1	M4	M0	M5
Deltoide	M1	M0	M2	M1	M0	M5	M0	M5	M0	M1	M0	M4
Peitoral	FUNC	FUNC	FUNC	M4	M0	M2	M0	M5	M1	M0	M0	M4
Supraespinal	M0	M0	M2	M1	M0	M1	M0	M5	M0	M0	M0	M3
Infraespinal	M0	M0	M2	M1	M0	M1	M0	M5	M0	M0	M0	M3
R. Menor	M0	M0	M2	M1	M0	M4	M0	M5	M0	M0	M0	M0
Subescapular	M0	M0	M2	M1	M0	M4	M0	M5	M0	M0	M0	M2
Flex. Cotovelo	M0	M2	M3	M1	M0	M1	M0	M5	M2	M0	M0	M4
Ext. Cotovelo	M2	M0	M4	M4	M0	M5	M0	M5	M4	M0	M0	M3
Sup. Antebraço	M3	M0	M5	M1	M2	M5	M0	M5	M2	M0	M0	M2
Pron. Antebraço	M5	M0	M5	M4	M2	M5	M0	M5	M2	M0	M4	M3
Flexoextensão punho	M5	M0	M5	M2	M3	M5	M0	M5	M5	M0	M0	M3
Flexoextensão MCF: Articulação Metacarpofalangeana	M5	M0	M5	M4	M3	M5	M0	M5	M5	M0	M3	M5
Preensão	M5	M0	M5	M5	M3	M5	M0	M5	M5	M0	M2	M5
Abdução dedos	M5	M0	M5	M5	M4	M5	M0	M5	M5	M0	M5	M5

**Tabela 3** Sinais clínicos dos indivíduos incluídos no estudo sugestivos de avulsão de raízes pré-ganglionares

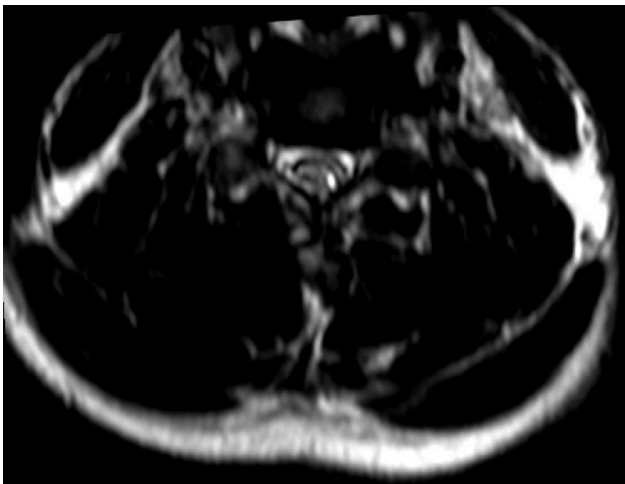
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Horner	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Déficit serrátil	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	S	N
Déficit romboides	N	N	N	N	N	N	S	N	N	N	S	N
Dor em membro insensível	N	N	N	N	S	N	N	N	N	S	N	N

Abreviações: N; Não; S, Sim.

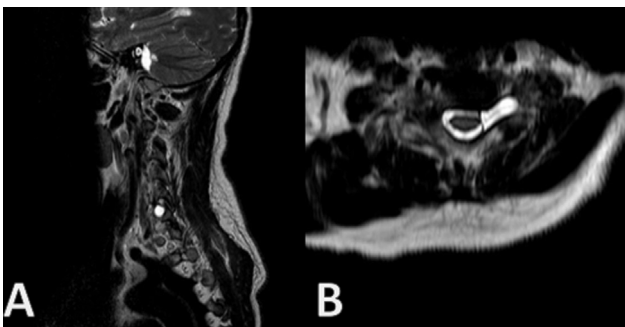
**Tabela 4** Achados de ressonância magnética sugestivos de avulsão de raízes pré-ganglionares

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pseudomeningocele	N	S	N	S	S	S	S	N	N	N	S	S
Desvio medular	N	S	N	N	S	S	S	N	N	N	S	S
Atrofia paraespinhal	S	N	S	N	N	N	S	N	N	N	S	N
Raízes descontínuas	S	S	S	N	S	S	S	N	N	N	S	S
Raízes retraídas, sinuosas, espessadas ou presença de massa	S	N	N	N	S	S	S	S	N	S	S	N
Alterações medulares	N	S	N	N	S	S	S	N	N	S	S	N

Abreviações: N, Não; S, Sim.



**Fig. 1** Alteração medular (mielopatia por avulsão) à esquerda com desvio da linha média.

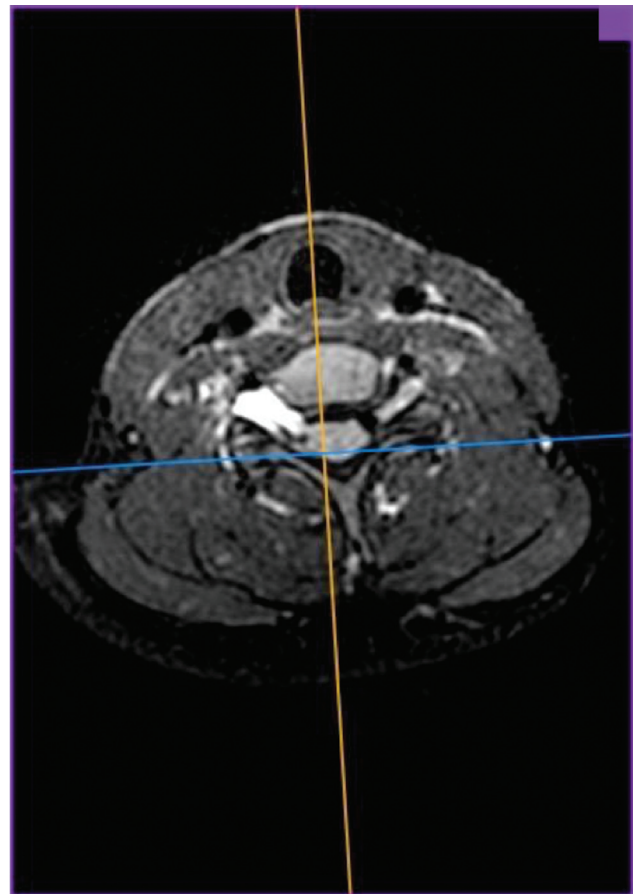


**Fig. 2** (A) Pseudomeningocele em corte sagital. (B) Pseudomeningocele em corte axial.

raízes foi de 100%, com 100% de sensibilidade e especificidade comparando-se achados de imagem e cirúrgicos.

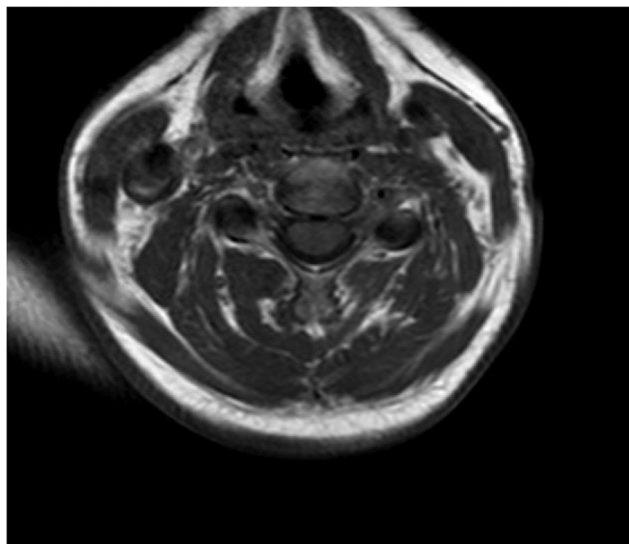
**Discussão**

A mielo-CT foi considerada por muito tempo o padrão ouro para o diagnóstico por imagem das avulsões radiculares no plexo braquial. No entanto, seu alcance restringe-se à observação das pseudomeningoceles e apresenta ainda o inconveniente de ser um método invasivo, com taxas de efeitos adversos à injeção do contraste que podem chegar a 35%.

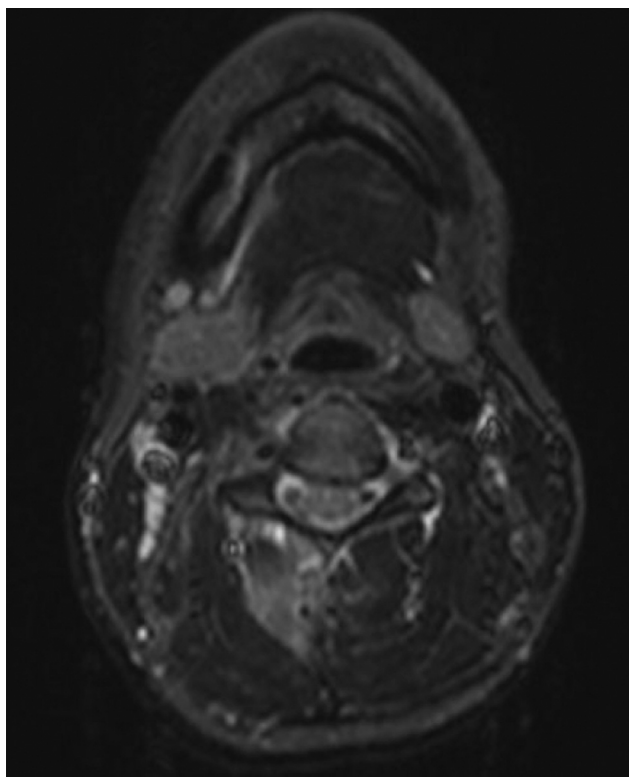


**Fig. 3** Raiz pré-ganglionar direita de C6 descontínua.

Wade et al.<sup>8</sup> consideraram modesta a precisão da RM para detectar lesões por avulsão, e Carvalho et al.<sup>5</sup> encontraram acurácia de apenas 52% da RM. Estes resultados devem-se ao uso de seqüências convencionais de RM, que não são adequadas para o diagnóstico das lesões do plexo braquial. Sequências com cortes finos são fundamentais para a visualização intradural das raízes cervicais. Doi et al.,<sup>9</sup> em um estudo retrospectivo com 35 pacientes, observaram sensibilidade e especificidade da RM para detectar a presença de avulsão radicular de 92,9 e 81,3%, respectivamente, enquanto na mielo-CT a sensibilidade e a especificidade foram de 92,9 e 75,8% respectivamente, não havendo diferença estatisticamente

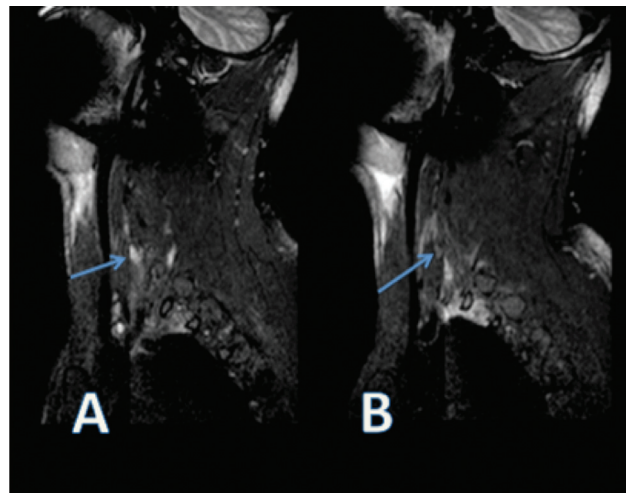


**Fig. 4** Corte axial ponderado em T1 demonstrando atrofia do multifídus no plano de C6, compatível com denervação crônica.



**Fig. 5** Axial STIR do plexo demonstrando edema da musculatura paravertebral direita, compatível com denervação aguda.

significante entre os 2 métodos. Em um estudo multicêntrico com 157 casos, Tagliafico et al.<sup>7</sup> demonstraram que a RM possui alta sensibilidade e especificidade para o diagnóstico de lesões do plexo braquial, porém chamaram a atenção para a possibilidade de resultados falso-positivos. No presente estudo a RM mostrou sensibilidade de 100% e especificidade de 100%, comparadas com 44,44 e 100%, respectivamente, do exame físico, estando de acordo com os achados de Doi et al.<sup>9</sup> e Tagliafico et al.<sup>7</sup>



**Fig. 6** (A) espessamento e hipersinal da raiz de C7. (B) Raiz normal para comparação.

Quanto maior a energia do trauma, maior o risco de avulsão radicular. Carmo et al.,<sup>10</sup> em um estudo retrospectivo, observaram presença de avulsão de  $\geq 1$  raiz em 95,5% dos pacientes com lesão total do plexo braquial, enquanto nas lesões parciais este índice foi de 53,5%.

Edema e/ou atrofia da musculatura paravertebral do mesmo lado da lesão também tem sido relacionados a lesões mais graves, com avulsão e consequente denervação desta musculatura por acometimento do ramo espinal dorsal.<sup>11</sup>

Um interessante estudo demonstrou a capacidade de detectar lesões por avulsão do plexo braquial comparando-se a RM com achados intraoperatórios ou eletroneuromiográficos.<sup>12</sup> O presente estudo, no entanto, contou com uma casuística pequena, e os critérios de imagem utilizados dependiam da visualização direta da raiz avulsionada ou da formação de pseudomeningocele para diagnosticar avulsões, achados específicos, porém menos sensíveis do que a combinação dos seis critérios apresentados na nossa casuística, os quais podem oferecer uma acurácia diagnóstica superior.

A interpretação da RM para a avulsão radicular é difícil. Uma imagem de RM pode ser considerada positiva para avulsão radicular quando é percebida a perda de continuidade ou a ausência da raiz nervosa no trajeto entre a medula espinal e a saída do forame. A raiz nervosa normal segue um curso oblíquo (posterior para anterior e cranial para caudal) da medula espinal ao forame intervertebral existente. Portanto, a RM também pode ser considerada positiva para avulsão se houver um curso/posição anormal do nervo espinal porque, se uma raiz foi avulsionada da medula espinal, então ela adotará uma posição mais caudal e horizontal no trajeto até o forame. O presente estudo encontrou como principais achados na RM as avulsões, que estiveram presentes em 91,66% dos casos. A raiz mais avulsionada foi C7 (83,33%), seguida por C6 e C8 (58,33%), T1 (41,66%), e, por último, C5 (12%).

Por outro lado, os achados clínicos classicamente associados a avulsão apresentaram baixíssima sensibilidade no nosso estudo, caracterizando-os como ruins para fins de rastreamento. No

entanto, eles apresentaram alta especificidade, podendo ser considerados confirmatórios de avulsão quando presentes.

Pudemos observar um amplo espectro de défices sensitivos e motores, que foram expostos em detalhes, juntamente com os achados compatíveis com avulsão (clínica e ressonância), os quais podem ser apreciados nas Tabelas de 1 a 4.

## Conclusão

A RM mostrou alta sensibilidade e especificidade, confirmadas por achados intraoperatórios, o que permite considerar este exame como padrão ouro no diagnóstico de avulsão nas lesões traumáticas do plexo braquial.

### Suporte Financeiro

Não houve suporte financeiro de fontes públicas, comerciais, ou sem fins lucrativos.

### Conflito de Interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Referências

- Flores LP. Epidemiological study of the traumatic brachial plexus injuries in adults. *Arq Neuropsiquiatr* 2006;64(01):88–94
- Alnot JY. Traumatic brachial plexus lesions in the adult. Indications and results. *Hand Clin* 1995;11(04):623–631
- Kaiser R, Waldauf P, Haninec P. Types and severity of operated supraclavicular brachial plexus injuries caused by traffic accidents. *Acta Neurochir (Wien)* 2012;154(07):1293–1297
- Ferrante MA, Wilbourn AJ. Electrodiagnostic approach to the patient with suspected brachial plexopathy. *Neurol Clin* 2002;20(02):423–450
- Carvalho GA, Nikkiah G, Matthies C, Samii M. Diagnosis of root avulsion in traumatic brachial plexus injuries: the value of myelo computed tomography and magnetic resonance imaging. *J Neurosurg* 1997;86(01):69–76
- Yoshikawa T, Hayashi N, Yamamoto S, et al. Brachial plexus injury: clinical manifestations, conventional imaging findings, and the latest imaging techniques. *Radiographics* 2006;26(Suppl 1):S133–S143
- Tagliafico A, Succio G, Serafini G, Martinoli C. Diagnostic accuracy of MRI in adults with suspect brachial plexus lesions: a multicentre retrospective study with surgical findings and clinical follow-up as reference standard. *Eur J Radiol* 2012;81(10):2666–2672
- Wade RG, Itte V, Rankine JJ, Ridgway JP, Bourke G. The diagnostic accuracy of 1.5T magnetic resonance imaging for detecting root avulsions in traumatic adult brachial plexus injuries. *J Hand Surg Eur Vol* 2018;43(03):250–258
- Doi K, Otsuka K, Okamoto Y, Fujii H, Hattori Y, Baliarsing AS. Cervical nerve root avulsion in brachial plexus injuries: magnetic resonance imaging classification and comparison with myelography and computerized tomography myelography. *J Neurosurg* 2002;96(3, Suppl):277–284
- Carmo JMM, Murillo JEV, Costa JRB. Lesões do plexo braquial: análise do tratamento cirúrgico de 50 casos. *Rev Bras Ortop* 1996;31(04):327–336
- Hayashi N, Masumoto T, Abe O, Aoki S, Ohtomo K, Tajiri Y. Accuracy of abnormal paraspinal muscle findings on contrast-enhanced MR images as indirect signs of unilateral cervical root-avulsion injury. *Radiology* 2002;223(02):397–402
- Limeira ACB, Minguetti G, Seixas R. Ressonância Magnética na avaliação da plexopatia braquial pós-traumática. *Rev Bras Ortop* 2001;36(03):71–78