MARCELO BORDALO RODRIGUES

**Avaliação da acurácia da ressonância magnética no diagnóstico
das lesões traumáticas do plexo braquial**

Tese apresentada à Faculdade de
Medicina da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências

Programa de Radiologia

Orientador: Prof. Dr. Giovanni Guido
Cerri

**São Paulo
2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Bordalo-Rodrigues, Marcelo

Avaliação da acurácia da ressonância magnética no diagnóstico das lesões
traumáticas do plexo braquial / Marcelo Bordalo-Rodrigues -- São Paulo, 2016.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Radiologia.

Orientador: Giovanni Guido Cerri.

Descritores: 1.Plexo braquial/lesões 2.Diagnóstico por imagem 3.Imagem por
ressonância magnética/métodos 4.Imagem de difusão por ressonância magnética
5.Nervos periféricos/cirurgia 6.Análise estatística 7.Sensibilidade e especificidade

USP/FM/DBD 020/16

Aos meus pais, Dyrce e Solano, pelo carinho e pela orientação durante toda
a minha vida.

Aos meus irmãos, Rodrigo e Karina, pela amizade e pelo companheirismo.

Às minhas filhas, Olívia e Martina, minhas maiores bênçãos.

À minha esposa, Gabi, por seu amor.

O **plexo braquial**, de acordo com a Olívia.
(*"parece macarrão"*)

O **plexo braquial**, de acordo com a Martina.
(*"parece o teto de uma casa"*)

"Crianças são mensagens vivas que enviamos a um futuro
que não veremos".

John F. Kennedy

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. Giovanni Guido Cerri**, meu orientador, pelos exemplos moral, profissional e científico, e por me guiar durante todos os nossos anos de convívio.

Ao **Dr. Marcelo Rosa de Rezende**, pelos ensinamentos e pelo fundamental auxílio na condução deste trabalho.

Ao **Dr. João Carlos Rodrigues** e **Dr. Hugo Pereira da Costa**, pela dedicação e pelo tempo na interpretação dos casos.

Ao **Prof. Dr. Carlos Buchpiguel**, **Dr. Manoel de Souza Rocha** e **Dr. Edson Amaro Jr.**, pelos valiosos comentários em minha banca de qualificação.

Ao **Dr. Mário Gilberto Siqueira** e **Dr. Roberto Sérgio Martins**, que sempre me incentivaram no estudo do plexo braquial, pela amizade, pela parceria e pelos ensinamentos.

Ao **Thiago Antônio Fedele**, pela participação no desenvolvimento dos protocolos de exame.

Ao **Eduardo Figueiredo**, pela cooperação no desenvolvimento das sequências.

À **Dra. Marina Tommasini Carrara de Sambuy** e **Dr. Rodrigo Sousa Macedo**, pela colaboração na coleta de dados clínicos e cirúrgicos.

Ao **Dr. Alvaro Baik Cho**, pela contribuição no estudo e pela amizade desde os anos de graduação.

Aos **médicos da divisão de Mão e Microcirurgia do IOT-HC/FMUSP**, pelo encaminhamento dos pacientes e pelos ensinamentos nas reuniões, no ambulatório e nas disseções de plexo braquial no Serviço de Verificação de Óbitos.

Aos **médicos dos grupos de Radiologia Musculoesquelética do HC/FMUSP e do Hospital Sírio Libanês**, pela amizade, pelo apoio e pelas ricas discussões, que só fazem aumentar minha vontade de aprender.

À **Sandra Maria Moreira Zanoni** e à **Marta Gonçalves Martins de Souza**, que tanto me auxiliaram e viabilizaram a parte logística deste projeto.

Ao **Rodrigo Tonan**, pela amizade, pela competência profissional, e pelas ilustrações neste e em outros projetos.

À **Dra. Maria Odila Buti de Lima**, pelo carinho e por me ajudar a entender que é necessário usar a mente para achar as pequenas peças, a alma para montar o quebra-cabeça e o coração para admirá-lo.

À **minha família**, que teve paciência em minhas ausências por obrigações acadêmicas e me apoiou nos momentos mais difíceis deste projeto.

Aos **pacientes com lesão do plexo braquial**, que são o motivo de ser deste projeto.

*"Sei que o meu trabalho é uma gota no oceano,
mas, sem ele, o oceano seria menor".*

Madre Tereza de Calcutá

NORMALIZAÇÃO ADOPTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação: Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A.L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3^a Ed. São Paulo: Serviços de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE GRÁFICOS

RESUMO

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO.....	2
2 OBJETIVOS	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 Histórico da reparação cirúrgica das lesões do plexo braquial	7
3.2 Mecanismos de lesão e classificação das lesões.....	9
3.3 Opções terapêuticas atuais	11
3.4 Exames clínico e neurofisiológicos no diagnóstico da lesão traumática do plexo braquial	13
3.5 Métodos por imagem disponíveis para o diagnóstico da lesão traumática do plexo braquial	15
3.6 Anatomia do plexo braquial	20
3.6.1 Anatomia macroscópica do plexo braquial.....	20
3.6.2 Anatomia do plexo braquial à RM	23
4 METODOLOGIA.....	35
4.1 Casuística	35
4.2 Avaliação clínica	36
4.3 Equipamento	37
4.4 Técnica de exame pela RM.....	37
4.4.1 Posicionamento e bobinas	37
4.4.2 Sequências e planos.....	38
4.5 Análise do exame de RM	40
4.6 Cirurgia	48
4.7 Correlação entre a RM e a clínica com a cirurgia	50
4.8 Análise estatística.....	51
4.9 Desenho do estudo.....	52

5 RESULTADOS	54
5.1 Dados demográficos	54
5.2 Resultados cirúrgicos, dos exames clínicos e da RM	54
5.2.1 Resultados da cirurgia	54
5.2.2 Resultados dos exames clínicos	56
5.2.3 Resultados dos exames de RM	57
5.3 Dados temporais entre o trauma, o exame de RM e a cirurgia	63
5.4 Correlação entre a cirurgia e os achados de RM	63
5.5 Correlação entre o exame clínico e os achados de RM	64
5.6 Avaliação da acurácia diagnóstica da RM com a neurografia DW	64
5.7 Avaliação da acurácia diagnóstica da RM convencional	65
5.8 Comparação entre as acurácias diagnósticas das avaliações de RM com e sem a neurografia DW	66
5.9 Comparação entre as acurácias diagnósticas das avaliações de RM e a avaliação clínica	69
6 DISCUSSÃO.....	72
7 CONCLUSÕES.....	83
8 PERSPECTIVAS FUTURAS	85
9 ANEXOS.....	87
9.1 ANEXO A - Dados demográficos dos pacientes: gênero, idade, peso, altura e índice de massa corpórea (IMC)	87
9.2 ANEXO B - Resultados dos exames clínicos para todos os pacientes, de acordo com a localização. (0 = exame clínico normal; 1 = exame clínico alterado)	88
9.3 ANEXO C - Achados de exames pelo Avaliador 1	89
9.4 ANEXO D - Achados detalhados por topografia pelo Avaliador 1	91
9.5 ANEXO E - Achados de exames pelo Avaliador 2.....	92
9.6 ANEXO F - Achados de exames pelo Avaliador 3.....	94
9.7 ANEXO G - Achados de exames pelo Cirurgião.....	96
10 REFERÊNCIAS	99
11 APÊNDICES	
11.1 APÊNDICE A - Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do HC-FMUSP	
11.2 APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido	
11.3 APÊNDICE C - Permissão para reprodução da Figura 1	

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	porcentagem
<	menor que
=	igual a
>	maior que
ADC	Coeficiente de difusão aparente
AS	artéria subclávia
cm	centímetros
COCIR	<i>European Coordination Committee of the Radiological, Electromedical and Healthcare Industry</i>
DECEX	Departamento de Operações de Comércio Exterior
DP	Densidade de prótons
DW	imagem pesada em difusão
EA	músculo escaleno anterior
EM	músculo escaleno médio
FIESTA	<i>Fast Imaging Employing Steady State Acquisition</i>
FOV	<i>field of view</i>
FSE	<i>fast spin-echo</i>
HC-FMUSP	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
ICC	<i>Intraclass correlation coefficient</i>
IMC	índice de massa corpórea
InRad	Instituto de Radiologia
IOT	Instituto de Ortopedia e Traumatologia
m. subesc	músculo subescapular
MieloTC	Mielotomografia Computadorizada
min	minuto
MIP	<i>maximum intensity projection</i>
mm	milímetros

mm ²	milímetros quadrados
ms	milisegundo
mT	miliTesla
NA	Não se aplica
nAx	nervo axilar
Neurografia DW	Neurografia por RM pesada em difusão
NEX	número de excitações
nMed	nervo mediano
nMSC	nervo musculocutâneo
nRad	nervo radial
nUI	nervo ulnar
Pmai	músculo peitoral maior
Pmen	músculo peitoral menor
RM	Ressonância Magnética
rs	coeficiente de correlação de Spearman
s	segundos
SE	<i>spin-echo</i>
SSFP	<i>steady state free-precession</i>
STIR	<i>short tau inversion recovery</i>
T	Tesla
TE	tempo de eco
TI	tempo de inversão
TR	tempo de repetição
VS	veia subclávia

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Desenho anatômico do plexo braquial realizado por Leonardo da Vinci no século XV. Reproduzido com permissão da <i>Royal Collection Trust</i> (Reino Unido) / © <i>Her Majesty Queen Elizabeth II 2016</i>8
Figura 2	Esquema anatômico demonstra a anatomia das raízes pré-ganglionares. Notar que a raiz do plexo braquial corresponde ao ramo ventral do nervo espinhal.....21
Figura 3	Esquema anatômico do plexo braquial demonstra as raízes, troncos, divisões, fascículos e nervos terminais22
Figura 4	Esquema anatômico do plexo braquial em relação as estruturas ósseas (vértebras, costelas e clavícula) e musculares (escalenos anterior e médio e o peitoral maior).....23
Figura 5	Imagem axial de sequencia 3D FIESTA da coluna cervical. São demonstradas as raízes pré-ganglionares ventrais (cabeças de setas) e dorsais (setas) normais.....24
Figura 6	Desenho esquemático do espaço Interescaleno. As raízes nervosas de C5 a T1 entre os músculos escaleno anterior (EA) e escaleno médio (EM).....25
Figura 7	Imagem de RM no plano sagital ponderada em T1, imediatamente após as saídas das raízes pelos forames de conjugação demonstra a relação das raízes de C8 (cabeça de seta) e T1 (seta) em relação à primeira costela (1aC).26
Figura 8	Imagem sagital de RM STIR dos troncos no espaço interescaleno mostra os troncos superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) entre os músculos escaleno anterior (EA) e escaleno médio (EM).....27
Figura 9	Desenho esquemático dos troncos no espaço interescaleno demonstra os troncos superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) entre os músculos escaleno anterior (EA) e escaleno médio (EM).....28

Figura 10	Imagem sagital de RM ponderada em T1. As divisões (setas) são difíceis de se caracterizar individualmente, localizando-se no cruzamento do plexo braquial com a clavícula (Cl), no início do espaço costoclavicular29
Figura 11	Imagem STIR reformatada com MIP no plano coronal demonstra as raízes de C5 a C8 e os troncos superior (TS), médio (TM) e inferior (TI). Também se observa linfonodo cervical (Lnf).....30
Figura 12	Imagem de neurografia DW reformatada com MIP no plano coronal demonstra as raízes de C5 a T1 e os gânglios sensitivos dorsais (setas). Também se observam linfonodos cervicais (Lnf).30
Figura 13	Imagem sagital ponderada em T1 demonstra os fascículos lateral (FL), posterior (FP) e medial (FM) no interior do espaço costoclavicular e suas relações com a primeira costela (1aC), artéria subclávia (AS), veia subclávia (VS) e clavícula (Cl).31
Figura 14	Esquema anatômico demonstra os fascículos lateral (FL), posterior (FP) e medial (FM) no espaço costoclavicular e suas relações com a primeira costela (1aC), artéria subclávia (AS), veia subclávia (VS) e clavícula (Cl). Subcl – Músculo subclávio. 2aC – Segunda Costela.....32
Figura 15	Imagem sagital ponderada em T1 da região retropeitoral mostra os nervos musculocutâneo (nMsc), axilar (nAx), mediano (nMed), radial (nRad) e ulnar (nUl), e suas relações com a artéria subclávia (AS), veia subclávia (VS) e os músculos retropeitoral menor (Pmen) e retropeitoral maior (Pmai). Cl – Clavícula.33
Figura 16	Fotografia da bobina neurovascular posicionada para realização do exame de RM do plexo braquial38
Figura 17	Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Aspecto normal de todas as porções do plexo braquial. Imagem do arquivo didático do HC-FMUSP.41

Figura 18	Lesão em continuidade. Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Paciente nº 15, 24 anos, com história de trauma há cinco meses. Espessamento e elevação do sinal do tronco inferior e do fascículo posterior (setas) à esquerda, compatível com lesão em continuidade.	42
Figura 19	Ruptura. Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Paciente nº 5, 20 anos, acidente há quatro meses. Ausência da raiz pós-ganglionar de C5, compatível com ruptura (seta). Observe o espessamento a jusante do tronco superior (cabeça de seta).	43
Figura 20	Pseudomeningocele. Imagem axial ponderada em T2 no nível C5-C6. Paciente nº 14, 53 anos, com trauma há seis meses. Pseudomeningocele à direita, estendendo-se para a região foraminal e extraforaminal (setas).	44
Figura 21	Avulsão. Imagem axial da sequência 3D FIESTA. Paciente nº 18, 45 anos, acidente há três meses. Avulsão completa das raízes de C6 à esquerda (seta)	45
Figura 22	Avulsão com pseudomeningocele, espessamento e não caracterização neural distal. Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Paciente nº 25, 42 anos, acidente há cinco meses. No plano axial FIESTA, observaram-se avulsões de C6 e C7.	46
Figura 23	Esquema anatômico utilizado pelos radiologistas para tabular os dados	47
Figura 24	Fotografia do intraoperatório. Paciente nº 2, 19 anos, acidente há 7 meses. Lesão em continuidade de C5, C6 e do tronco superior (TS). Notar o espessamento dos nervos, sem solução de continuidade destes.	49
Figura 25	Esquema anatômico mostrando a divisão do plexo braquial em 3 porções: Superior, Médio e Inferior.	50
Figura 26	Demonstração esquemática da localização topográfica das avulsões e rupturas encontradas na RM com Neurografia DW	58

Figura 27	Demonstração esquemática da localização topográfica da não caracterização e do espessamento neural a jusante de uma avulsão ou ruptura do plexo braquial, encontradas na RM com Neurografia DW	59
Figura 28	Demonstração esquemática da localização topográfica das pseudomeningoceles encontradas na RM com Neurografia DW	60
Figura 29	Demonstração esquemática da localização topográfica das lesões em continuidade encontradas na RM com Neurografia DW	61

NOTA: As ilustrações presentes nas figuras 2, 3, 6, 8 e 13 são de autoria de Marcelo Bordalo Rodrigues e foram publicadas previamente no livro **Hartmann LGC e Bordalo-Rodrigues M, editores. Musculoesquelético, 1ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014.**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Localização topográfica e sinais clínicos das lesões do plexo braquial	13
Quadro 2	Categorização da correlação pelo coeficiente de correlação de Spearman (r_s).....	52
Quadro 3	Fluxograma mostrando o desenho final do estudo (n=número de pacientes).....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Superior	56
Tabela 2	Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Médio	56
Tabela 3	Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Inferior.....	56
Tabela 4	Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Total.....	56
Tabela 5	Achados na RM e na cirurgia, de acordo com a localização. (n=número de pacientes)	57
Tabela 6	Frequências das alterações encontradas à RM com neurografia DW (casos totais)	62
Tabela 7	Níveis de lesão encontradas à RM com neurografia DW	62
Tabela 8	Valores de sensibilidade, especificidade, VPP, VPN e acurácia do exame clínico na avaliação de pacientes com lesão traumática do plexo braquial	64
Tabela 9	Valores de sensibilidade, especificidade, VPP, VPN e acurácia do exame de RM com neurografia DW na avaliação de pacientes com lesão traumática do plexo braquial.....	65
Tabela 10	Valores de sensibilidade, especificidade, VPP, VPN e acurácia do exame de RM convencional na avaliação de pacientes com lesão traumática do plexo braquial	66
Tabela 11	Comparação entre as sensibilidades das leituras da RM com neurografia DW e as leituras da RM convencional. (p = nível de significância)	67

Tabela 12	Comparação entre as especificidades das leituras de RM com neurografia DW e as leituras de RM convencional. (p = nível de significância)	68
Tabela 13	Comparação entre as especificidades das leituras de RM com neurografia DW e as leituras de RM convencional. (p = nível de significância)	69
Tabela 14	Comparação entre as sensibilidades das leituras de RM com neurografia DW com as avaliações clínicas. (p = nível de significância).....	70
Tabela 15	Comparação entre as especificidades das leituras de RM com neurografia DW com as avaliações clínicas. (p = nível de significância).....	70
Tabela 16	Comparação entre as acurácias das leituras de RM com neurografia DW com as avaliações clínicas. (p = nível de significância)	70
Tabela 17	Comparação entre este estudo e os encontrados na literatura, que correlacionam as lesões traumáticas do plexo braquial à RM com os achados cirúrgicos.....	72
Tabela 18	Comparação percentual dos aparelhos de RM existentes no Brasil – de 2008 a 2014	76

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1** Diagramas de caixa demonstrando as diferenças temporais (em dias) entre as datas do trauma e da RM, entre a RM e cirurgia, e entre o trauma e a cirurgia63

RESUMO

Bordalo-Rodrigues M. *Avaliação da acurácia da ressonância magnética no diagnóstico das lesões traumáticas do plexo braquial* [Tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2016.

A lesão do plexo braquial é considerada a alteração neural mais grave das extremidades. A principal causa é o trauma de alta energia, especialmente acidentes envolvendo veículos a motor. Por este motivo, as lesões traumáticas do plexo braquial são cada vez mais frequentes. O presente estudo avaliou a acurácia da ressonância magnética (RM) no diagnóstico das lesões traumáticas do plexo braquial no adulto, utilizando o achado intraoperatório como padrão-ouro. Também foi avaliada a acurácia da neurografia pesada em difusão (neurografia DW) em relação à RM convencional e a capacidade de diferenciação dos três tipos de lesão: avulsão, ruptura e lesão em continuidade. Trinta e três pacientes com história e diagnóstico clínico de lesão traumática do plexo braquial foram prospectivamente estudados por RM. Os achados obtidos pela RM sem e com o uso da neurografia DW, e os achados de exame clínico foram comparados com os achados intraoperatórios. A análise estatística foi feita com associação de significância de 5%. Observou-se alta correlação entre a RM com neurografia DW e a cirurgia ($r_s=0,79$), e baixa correlação entre a RM convencional e a cirurgia ($r_s=0,41$). A correlação interobservador foi maior para a RM com neurografia DW ($r_s = 0,94$) do que para a RM sem neurografia DW ($r_s = 0,75$). Os resultados de sensibilidade, acurácia e valor preditivo positivo foram acima de 95% para as RM com e sem neurografia DW no estudo de todo o plexo. As especificidades foram, em geral, maiores para a neurografia DW ($p<0,05$). Em relação à diferenciação dos tipos de lesão, a RM com neurografia DW apresentou altas acurácias e sensibilidades no diagnóstico da avulsão/rotura, e alta especificidade no diagnóstico da lesão em continuidade. A acurácia da RM (93,9%) foi significativamente maior que a do exame clínico (76,5%) no diagnóstico das lesões de todo o plexo braquial ($p<0,05$).

Descritores: plexo braquial/lesões; diagnóstico por imagem; imagem por ressonância magnética/métodos; imagem de difusão por ressonância magnética; nervos periféricos/cirurgia; análise estatística; sensibilidade e especificidade.

ABSTRACT

Bordalo-Rodrigues M. *Evaluation of magnetic resonance imaging accuracy in the diagnosis of traumatic brachial plexus injuries* [Thesis]. São Paulo: "Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo"; 2016.

Brachial plexus injury is considered the most severe neural disorder in the extremities and in general resulting from high-energy trauma in young patients, usually involving motor vehicles. For this reason, traumatic brachial plexus injuries are becoming more frequent. This study evaluated the accuracy of magnetic resonance imaging (MRI) in the diagnosis of traumatic brachial plexus injuries in adults, using surgical findings as the gold standard method. We also evaluated the accuracy of diffusion weighted image neurography (DW neurography) compared to conventional MRI and the ability to differentiate the three types of injuries by MRI: avulsion, rupture and lesion-in-continuity. Thirty-three patients with clinical history and diagnosis of traumatic brachial plexus injury were prospectively studied by MRI. MRI findings (obtained with and without use of DW neurography) and clinical examination were compared with intraoperative findings. The statistical analysis was performed with 5% significance association. There was high correlation between MRI with DW neurography and surgery ($r_s = 0.79$) and low correlation between conventional MRI and surgery ($r_s = 0.41$). The interobserver correlation was higher for MRI with DW neurography ($r_s = 0.94$) than for regular MRI ($r_s = 0.75$). The sensitivities, accuracies and positive predictive values were above 95% for MRI (with and without DW neurography) in the evaluation of the entire plexus. The specificities were generally higher for DW neurography ($p < 0.05$). Regarding the differentiation between types of lesions, MRI with DW neurography demonstrated high accuracies and sensitivities in the diagnosis of avulsion / rupture and high specificity in the diagnosis of lesion-in-continuity. MRI accuracy (93.9%) was significantly higher than clinical examination (76.5%) in diagnosis of brachial plexus traumatic lesions ($p < 0.05$).

Descriptors: brachial plexus/injuries; diagnostic imaging; magnetic resonance imaging/methods; diffusion magnetic resonance imaging; peripheral nerve injury/surgery; statistical analysis; sensitivity and specificity.

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

As lesões do plexo braquial são consideradas as alterações neurais mais graves das extremidades, resultando em déficits funcionais dos membros superiores¹⁻³. Apesar dos poucos estudos conduzidos em nosso meio, observa-se um importante aumento da incidência no número de lesões de plexo braquial no Brasil e no mundo, devido ao uso crescente dos meios de transporte a motor, especialmente das motocicletas. As lesões traumáticas do plexo braquial em adultos são causadas por acidentes de alta energia, sendo que, no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP), 80 a 95% dos casos são resultados de acidentes motociclísticos^{4,5}.

As lesões traumáticas do plexo braquial podem ser decorrentes de uma tração, compressão, laceração ou uma combinação destes mecanismos. A lesão por tração é muito mais frequente que as demais⁶. A tração do plexo braquial pode levar a dois tipos de lesão: (a) avulsão junto às raízes em sua origem na medula espinhal, denominada lesão pré-ganglionar ou (b) lesão dos nervos componentes do plexo braquial após a emergência do gânglio sensitivo dorsal, denominada lesão pós-ganglionar. A lesão pós-ganglionar é subclassificada em ruptura ou lesão em continuidade, dependendo se há soluções de continuidade completa ou incompleta, respectivamente⁷⁻¹⁰.

O diagnóstico das lesões traumáticas do plexo braquial é baseado no exame clínico e nos estudos eletrodiagnósticos, como a eletroneuromiografia e os estudos de condução nervosa. Os exames por imagem ainda são reservados para o diagnóstico topográfico das avulsões intradurais pré-ganglionares, sendo a mielografia por tomografia computadorizada (mieloTC) considerada como o método por imagem “padrão-ouro”, apesar do avanço das técnicas de ressonância magnética (RM) nos últimos anos, especialmente das sequências *steady state* e da neurografia pesada em difusão^{10,11}.

Além de poder avaliar os segmentos intradurais ou pré-ganglionares, foi demonstrado que a RM é capaz de identificar segmentos mais amplos do plexo braquial, incluindo suas porções pós-ganglionares^{12,13}. Por este motivo, acreditamos que a RM possa acrescentar informações no estadiamento topográfico das lesões do plexo braquial na prática clínica. Vale salientar que a RM é um método menos invasivo que a mieloTC, com menor risco de complicações associados.

2 Objetivos

2 OBJETIVOS

Nosso trabalho tem como objetivos:

1. Avaliar a acurácia da RM no diagnóstico das lesões traumáticas do plexo braquial nos adultos, tendo como padrão-ouro o achado intraoperatório;
2. Avaliar se a sequência pesada em difusão (DW) melhora a acurácia diagnóstica das lesões traumáticas do plexo braquial no estudo por RM;
3. Avaliar se a RM é capaz de diferenciar os tipos de lesões pós-traumáticas do plexo braquial: avulsão, ruptura e lesão em continuidade;
4. Comparar as acurácias da RM com o exame clínico.

3 Revisão Bibliográfica

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Histórico da reparação cirúrgica das lesões do plexo braquial

O primeiro diagnóstico de lesão do plexo braquial foi feito no século II por Galeno de Pérgamo, que descreveu um déficit funcional temporário de membro superior causado por uma tração no pescoço¹⁴. A complexidade do plexo braquial foi reproduzida por meio das magistrais ilustrações de Leonardo da Vinci no século XV, após suas dissecções em cadáveres humanos¹⁵ (Figura 1). O histórico da reparação cirúrgica do plexo braquial data do fim do século XIX, em que Horsley, em 1899, introduziu o conceito de que as lesões do plexo braquial, antes tidas como intratáveis, poderiam ser passíveis de tratamento cirúrgico¹⁶. O primeiro, autor a publicar resultados do reparo cirúrgico de uma lesão pós-traumática foi Thoburn, em 1900, porém apenas com resultados parciais¹⁷. Devido aos resultados limitados no começo do século XX, o entusiasmo inicial pela cirurgia do plexo braquial foi seguido por um longo período de pessimismo, sendo somente durante e após a Segunda Guerra Mundial que a cirurgia do plexo braquial voltou a ser discutida^{18,19}. Métodos diagnósticos auxiliares, como a mielografia cervical, a eletromiografia e o registro de potenciais de ação do nervo foram introduzidos, permitindo um diagnóstico mais preciso e uma melhor avaliação da gravidade da lesão²⁰⁻²². No entanto, estudos envolvendo o tratamento cirúrgico ainda traziam resultados desanimadores. Até a década de 70, alguns grandes estudiosos indicavam amputação do braço ou artrodese do ombro para os casos de paralisias completas do plexo braquial^{19,23,24}. Ou seja, apesar do avanço diagnóstico nos testes eletrofisiológicos e exames de imagem, o tratamento consistia em, na mais otimista das situações, restaurações funcionais dos membros acometidos.

Após a década de 70, as lesões abertas, muito comuns na Segunda Guerra Mundial e na Guerra do Vietnã, deram espaço às lesões fechadas, especialmente as consequentes aos acidentes de trânsito (sobretudo os motociclísticos), que passaram a ser predominantes. Diversos avanços foram obtidos no tratamento cirúrgico das lesões do plexo braquial nos últimos 45 anos, como o desenvolvimento de técnicas como a neurólise, enxertos de nervos, transferência de nervos, transferências musculares e de tendões, e até o reimplante de radículas na medula espinhal^{2,16,25-33}. Apesar de ainda estarmos longe de uma solução ideal para o tratamento das lesões do plexo braquial, os recentes avanços cirúrgicos requerem diagnósticos cada vez mais precisos para auxiliar no planejamento terapêutico, e na intervenção precoce e menos invasiva do plexo braquial.

Figura 1 – Desenho anatômico do plexo braquial realizado por Leonardo da Vinci no século XV. Reproduzido com permissão da Royal Collection Trust (Reino Unido) / © Her Majesty Queen Elizabeth II 2016

3.2 Mecanismos de lesão e classificação das lesões

As lesões traumáticas do plexo braquial podem ser abertas ou fechadas. As lesões abertas são menos frequentes e associadas a lacerações dos nervos. São, em geral, provocadas por materiais perfurocortantes, projéteis de arma de fogo ou iatrogenia⁷.

As lesões fechadas são mais comuns e associadas a mecanismos de compressão ou tração. A compressão pode ocorrer devido a um trauma direto sobre a região do pescoço e ombro ou iatrogenicamente na sala de cirurgia com compressão do coxim de posicionamento sobre o plexo braquial e o gradeado costal. Também pode ser associada a fraturas ósseas (clavícula, processo transverso, escápula e úmero proximal), cujos fragmentos comprimem as estruturas nervosas do plexo braquial. As lesões por tração são mais frequentes que as demais e causadas por estiramento abrupto do plexo braquial, ocorrendo quando há aumento dos ângulos do ombro com o pescoço (ocorrem, frequentemente, em acidentes motociclísticos) e da escápula com o úmero^{7,34}.

Topograficamente, as lesões podem ser classificadas quanto a sua localização em relação ao gânglio sensitivo dorsal ou em relação à clavícula.

Quando a lesão ocorre proximalmente ao gânglio sensitivo dorsal, é chamada de lesão pré-ganglionar, e, quando ocorre distalmente ao gânglio, é chamada de pós-ganglionar.

Outra classificação leva em conta a posição da lesão em relação à clavícula e inclui as lesões supraclaviculares, retroclaviculares e infraclaviculares. As supraclaviculares acometem as radículas e raízes intradurais, as raízes nervosas e os troncos, sendo que a maioria das lesões é pré-ganglionar. As lesões retroclaviculares lesam, em geral, os troncos e divisões, e as lesões infraclaviculares lesam, geralmente, os fascículos e nervos terminais. As lesões infraclaviculares estão associadas a lesões pré-ganglionares das raízes inferiores em cerca de 20% dos casos³⁵⁻³⁷.

Em relação ao aspecto macroscópico, a lesão pode ser classificada em avulsão, ruptura ou lesão em continuidade^{2,34,38}. Avulsão é a lesão pré-

ganglionar com solução de continuidade completa e envolvendo as radículas junto à medula espinhal ou as próprias raízes intradurais, proximalmente ao gânglio sensitivo dorsal. A ruptura é definida quando há uma transecção completa das estruturas nervosas pós-ganglionares. A lesão em continuidade também é chamada de estiramento e definida como uma lesão acometendo parcialmente a espessura de um nervo pós-ganglionar, podendo haver a formação de um neuroma²⁹.

As lesões nervosas também podem ser classificadas de acordo com o seu aspecto microscópico. De acordo com a classificação de Herbert Seddon (1943), as lesões se dividem em neuropraxia, axoniotmese e neurotme³⁹. A neuropraxia é a menos grave, e se caracteriza por uma lesão da bainha de mielina com desmielinização focal e consequente bloqueio da condução nervosa. Geralmente, se recuperam espontaneamente em 6 a 8 semanas. A axoniotmese é mais grave que a anterior e é caracterizada por ruptura dos axônios, porém com preservação da membrana basal das células de Schwan e do endoneuro. Neste tipo de lesão, pode haver recuperação espontânea. O tipo de lesão mais grave é a neurotme³⁹ em que há ruptura dos axônios e de seu tecido conectivo de sustentação, não sendo passível de recuperação espontânea. A neurotme³⁹ pode ocorrer com solução de continuidade macroscópica completa (ruptura) ou incompleta (lesão em continuidade) do nervo.

Outra classificação utilizada é a proposta por Sydney Sunderland (1951)⁴⁰, mais completa que a de Seddon e a mais utilizada por cirurgiões para decidir quando e como intervir. Esta classificação possui cinco graus: I- Neuropraxia, II-Axoniotmese, III-Lesão axonal com lesão do endoneuro, IV-Lesão axonal com lesão do perineuro e V-Lesão axonal com lesão do epineuro, ou seja, o nervo está seccionado. A lesão grau III é passível de recuperação espontânea e a grau IV, geralmente, resulta na formação da lesão em continuidade ou do neuroma, com pequena capacidade de recuperação espontânea. Finalmente, MacKinnon⁴¹, em 1988, adicionou uma lesão grau VI à classificação de Sunderland, correspondendo a um padrão misto abrangendo todos os graus de lesão no mesmo nervo:

neuropraxia, axoniotmese e neurotmese. Esta classificação, portanto, não segue, necessariamente, os tradicionais modelos “de dentro para fora” e “do menos grave para o mais grave”. Alguns fascículos dentro da zona de lesão podem recuperar enquanto outros não. Este tipo de lesão é, frequentemente, observado em casos de tração.

3.3 Opções terapêuticas atuais

O tratamento da lesão do plexo braquial depende do seu grau de acometimento, de sua localização, do intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia e da idade do paciente. Os parâmetros mais importantes para se considerar são o grau e a localização da lesão e o tratamento pode ser conservador ou cirúrgico⁴². A prioridade cirúrgica sempre é a reconstrução nervosa, cujas opções são a neurólise, a sutura do nervo, o enxerto de nervo e a transferência de nervo. Como opções ortopédicas tardias para restaurar a função de determinado segmento do membro superior, existem as transferências musculares e tendíneas, que podem ser realizadas utilizando-se músculos do próprio membro superior ou as transferências microcirúrgicas livres, que consiste na transferência microcirúrgica de um músculo e de seu pedículo neurovascular para o local com função comprometida^{10,42,43}. Outras opções pouco utilizadas atualmente são a osteotomia de rotação externa, e as artrodeses de ombro e punho⁴.

As avulsões pré-ganglionares não são passíveis de reparo direto. Nestes casos, as funções de alguns músculos denervados podem ser recuperadas por meio da **transferência de nervos**, que consiste na utilização de um nervo normal doador do próprio paciente para inervar um segmento distal do plexo denervado com função mais importante. Desta forma, um nervo doador normal (originário ou não do plexo) é ligado ao coto distal roto, sacrificando a função original do nervo em prol de resultados mais funcionais no membro acometido. A prioridade no tratamento da lesão do plexo braquial é restaurar a função do músculo bíceps braquial, seguida

do movimento do ombro. As transferências mais comumente utilizadas são: os nervos intercostais doados para o nervo musculocutâneo (com objetivo de restaurar a flexão do cotovelo) e o nervo acessório para o nervo supraescapular (com objetivo de restaurar a função do ombro).

As lesões pós-ganglionares podem ser tratadas com **enxerto de nervo**, que consiste na ressecção do segmento lesado e colocação de um autoenxerto neural entre as duas extremidades. O nervo sural é comumente utilizado como enxerto.

A **sutura dos nervos** do plexo braquial ou o reparo direto é infrequente, sendo realizado apenas quando há transecção sem contusão e hemorragia dos cotos. Na maioria dos casos, é realizada nas lesões abertas com laceração do plexo braquial.

A **neurólise** consiste na retirada do material fibrocatricial formado ao redor do nervo após a lesão. Geralmente, é realizada precedendo uma sutura de nervo ou uma reconstrução com enxerto, mas também pode ser realizada isoladamente.

Desta forma, a localização topográfica da lesão é de extrema importância na avaliação inicial destes pacientes e os métodos de imagem podem auxiliar na diferenciação entre as lesões pré-ganglionares e pós-ganglionares, ajudando na indicação da técnica cirúrgica a ser utilizada.

Estudos recentes demonstram a importância da abordagem cirúrgica precoce (4 a 6 meses) nas lesões traumáticas do plexo braquial para um melhor resultado funcional. O papel dos métodos por imagem passa a ter uma importância maior neste aspecto, pois, em conjunto com a avaliação clínica, os exames por imagem fornecem, em teoria, o diagnóstico da lesão e possibilitam o seu estadiamento, oferecendo maior segurança ao cirurgião na indicação de uma abordagem cirúrgica precoce.

3.4 Exames clínico e neurofisiológicos no diagnóstico da lesão traumática do plexo braquial

A acurácia do exame clínico na avaliação da lesão traumática do plexo braquial é discutível na literatura. Alguns autores relatam que o exame clínico minucioso, com avaliação funcional de todos os músculos e da sensibilidade do membro superior comprometido, permite um diagnóstico correto do tipo e do grau da lesão em cerca de 90% dos casos^{44,45}. Já outros autores relatam que o exame clínico é insuficiente para fazer o diagnóstico da lesão do plexo braquial^{2,46,47}. Balakrishnan (2004) demonstrou que o exame clínico não demonstra o sítio correto da lesão em até 55% dos casos⁴⁸.

Os sinais de lesão do plexo braquial e sua localização topográfica são demonstrados no Quadro 1.

Quadro 1 – Localização topográfica e sinais clínicos das lesões do plexo braquial

PORÇÃO DO PLEXO ACOMETIDA	MÚSCULOS INERVADOS	EXAME FÍSICO
C5	Supraespinhal, Infraespinhal, Deltoide e Redondo Menor	Perda da Abdução e Rotação Externa do Ombro
C6	Supinador, Braquial, Braquioradial, Bíceps, Redondo Maior	Perda da Supinação e Flexão do Cotovelo e Perda da Extensão e Adução do Ombro
Tronco Superior	2 Anteriores	2 Anteriores
C7 ou tronco Médio	Tríceps, Flexores Radial e Ulnar do Carpo, Pronador Redondo e Extensores do Carpo	Perda da Extensão e Pronação do Cotovelo e Perda da Flexão e Extensão do Punho
C8	Flexor Profundo dos Dedos Indicador e Médio, os Intrínsecos Tenares e Hipotenares e os Extensores do Polegar, Indicador do Dedo Médio	Perda da Flexão e Extensão dos Dedos e Comprometimento na Preensão Palmar e Pinça Digital
T1	Interósseos Dorsais	Dificuldade na Abdução dos Dedos
Tronco Inferior	2 Anteriores	2 Anteriores

continua

conclusão

PORÇÃO DO PLEXO ACOMETIDA	MÚSCULOS INERVADOS	EXAME FÍSICO
Fascículo Lateral (C5, C6 e C7) - Nn Mediano (Porção Lateral) e Musculocutâneo (Todo)	Bíceps Braquial, Coracobraquial, Braquial (MUSCUTANEO) e Pronador Redondo e Flexor Radial do Carpo (Porção Lateral do Mediano)	Fraqueza da Flexão do Cotovelo (MC), da Pronação do Cotovelo e da Flexão do Punho (Mediano)
Fascículo Posterior (C5 e C8) - Nn Radial e Axilar	Tríceps, Supinador, Extensores Radiais do Carpo, Extensor Ulnar do Carpo, Extensores dos Dedos (Radial) Deltoide (Axilar)	Fraqueza na Extensão e Supinação do Cotovelo, na Extensão do Punho e na Extensão dos Dedos / Polegar (Radial), na Abdução do Ombro (Axilar), na Adução e Rotação Interna do Ombro (Nn Subescapulares e Toracodorsal)
Fascículo Medial (C8 e T1) - Nn Mediano (Porção Medial) e Ulnar (Todo)	Flexor Ulnar do Carpo, Flexor Profundo dos Dedos, Oponente/Flexor/Abdutor do Dedo Mínimo, Interósseos (Ulnar) Oponente do Polegar, Flexor Curto do Polegar, Abdutor Curto do Polegar, 2 Primeiros Lumbricais	Fraqueza da Flexão do Punho, da Flexão das IFD do 4º e 5º Dedos, Movimentos do 5º Dedo, Abdução e a Adução dos Dedos (Ulnar) Fraqueza na Extensão das IFP do 2º e 3º Dedos e dos Movimentos do Polegar (Porção Medial do Mediano)

Uma lesão isolada do fascículo lateral caracteriza-se por comprometimento do nervo musculocutâneo, com paralisia dos músculos bíceps, coracobraquial e braquial, e uma paralisia parcial do nervo mediano (por acometimento de fibras originárias de C6 e C7). Nas lesões do fascículo medial, existe um comprometimento do nervo ulnar e parcial do nervo mediano (fibras originadas de C8 e T1). Nas lesões do fascículo posterior, ocorre comprometimento dos nervos radial e axilar.

A presença da síndrome de Claude Bernard-Horner em pacientes com lesão traumática do plexo braquial, que consiste em miose, ptose palpebral e pseudoenftalmia ipsilateral à lesão, indica uma provável avulsão das raízes de C8 e T1 junto à medula espinhal. Esta afecção ocorre por uma interrupção da inervação simpática para o olho e face ipsilaterais.

Os estudos neurofisiológicos são importantes na avaliação e evolução do paciente. Compreendem a eletroneuromiografia, os estudos de condução nervosa, o registro de potenciais de ação do nervo e os potenciais evocados somatossensoriais. A eletroneuromiografia é utilizada para diferenciar lesão avulsiva de uma plexopatia e estabelecer prognóstico nas lesões nervosas. Os estudos de condução nervosa são utilizados para avaliar o nível da lesão e a presença de avulsões. No intraoperatório, por meio da colocação de um eletrodo proximalmente e outro distalmente à lesão, é possível estudar o potencial de ação nervosa e determinar quantitativamente o número de fibras nervosas viáveis⁴⁹. O potencial evocado somatossensorial é realizado colocando-se um eletrodo distalmente à raiz nervosa e registrando-se o estímulo no córtex cerebral contralateral por meio de eletrodos de superfície⁵⁰.

Os exames neurofisiológicos determinam se há degeneração axonal, porém não são capazes de demonstrar, de forma inequívoca, se o nervo apresenta continuidade preservada ou secção completa. Como a degeneração Walleriana de axônios lesados demora várias semanas para ocorrer, os exames precoces, ou seja, com menos de 4 semanas, podem levar a resultados falsos positivos nos estudos de condução nervosa^{51,52}.

De acordo com Dubuisson⁵³, os estudos eletrofisiológicos indicam o diagnóstico correto em até 62% dos pacientes. Outros estudos também apresentam resultados medianos em relação à eficácia destes exames na avaliação topográfica e da severidade das lesões^{54,55}.

3.5 Métodos por imagem disponíveis para o diagnóstico da lesão traumática do plexo braquial

Os métodos por imagem disponíveis para o diagnóstico de lesão do plexo braquial são a mielografia, mielotomografia computadorizada (mieloTC) e ressonância magnética (RM). Novas técnicas de RM disponíveis, incluindo a mieloRM e a neurografia pesada em difusão são promissoras na avaliação das lesões de plexo braquial.

Mielografia: A mielografia historicamente foi utilizada para diagnosticar as lesões do plexo braquial, sendo utilizada, atualmente, em conjunto com a mieloTC. A mielografia é um método simples e de baixo custo, porém menos sensível que a mieloTC, pois não é capaz de avaliar as raízes ventral e dorsal separadamente. Possui uma vantagem em relação à mieloTC, que é a avaliação das raízes de C8 e T1, por vezes, dificultada devido aos artefatos oriundos dos ombros.

Mielotomografia Computadorizada: A mieloTC é considerada o método de maior acurácia no diagnóstico da lesão avulsiva do plexo braquial, permitindo avaliação das raízes ventral e dorsal, especialmente dos níveis C5 a C7. Consiste na injeção intratecal do contraste iodado hidrossolúvel e posterior aquisição por tomografia computadorizada. A mieloTC é um método invasivo com uma taxa de efeitos adversos secundários à injeção intratecal de contraste que varia na literatura de 5 a 35%, correspondendo à cefaleia, náuseas, vômitos, convulsões e a manifestações neuropsiquiátricas. No entanto, a principal limitação da mieloTC a ser destacada em termos diagnósticos é o fato de apenas avaliar as avulsões pré-ganglionares do plexo braquial. Como as lesões pré-ganglionares correspondem a aproximadamente 70% das lesões traumáticas do plexo braquial(56), cerca de 1/3 das lesões podem não ser detectadas por esta modalidade diagnóstica.

Ressonância Magnética: A RM é um método promissor na avaliação do plexo braquial, pois possibilita a avaliação multiplanar e, principalmente, fornece uma boa diferenciação de contraste entre os tecidos de partes moles.

A avaliação multiplanar permite individualizar o estudo de um determinado segmento do plexo braquial em um determinado plano. O plano axial da coluna cervical permite avaliar as raízes intradurais, o sagital permite avaliar praticamente todos os segmentos do plexo braquial, e sua relação com a clavícula e costelas, com os músculos escalenos anterior, médio e o peitoral menor, e com os vasos subclávios; e o coronal permite visualizar as raízes pós-ganglionares e os troncos.

A definição de neurografia por RM foi introduzida na década de 90^{57,58}. É caracterizada pelo relativo isolamento das imagens dos nervos, em relação aos tecidos adjacentes. Foram descritas diversas técnicas para obtenção da neurografia, como a supressão de gordura, as sequências volumétricas 3D e as sequências pesadas em difusão, com objetivo de destacar e isolar os nervos como estrutura de sinal mais intenso. Isto possibilitou também a obtenção de imagens neurográficas 3D, análogas às imagens de angiografia, porém com demonstração dos tratos nervosos em aparente isolamento.

O contraste tecidual fornecido pela RM depende da sequência utilizada. As mais utilizadas são a *fast spin-echo* (FSE) T1, o *short tau inversion recovery* (STIR), a *steady state free-precession* (SSFP) e as pesadas em difusão (*diffusion-weighted imaging* - DW).

A sequência FSE T1 permite um excelente contraste do nervo com a gordura que o circunda, porém não permite uma boa caracterização intraneural.

A sequência STIR é uma técnica de saturação espectral do sinal da gordura que permite uma supressão uniforme, sendo importante sua aplicação na região cérvico-torácica, onde a supressão de gordura por meio dos métodos de saturação química é prejudicada pelas características anatômicas desta região. No entanto, a visualização das raízes intradurais não é adequada nas sequências convencionais de RM^{7,8}. Sequências volumétricas 3D fortemente pesadas em T2 podem fornecer imagens com um excelente contraste entre as raízes e o líquido, e uma excelente resolução espacial devido aos cortes extremamente finos (0,7-1 mm reconstruídos a cada 0,3 – 0,6 mm). Esta técnica é conhecida na literatura como mielografia por RM e pode ser obtida por meio das sequências SSFP, cujos nomes comerciais variam de acordo com a empresa fabricante: 3D CISS (*Constructive Interference in Steady State*), FIESTA (*Fast Imaging with Steady State Precession*) e o DRIVE (*Driven Equilibrium*). Imagens axiais finas e reconstruções com *Maximum Intensity Projection* (MIP) obtidas destas sequências podem ser extremamente úteis na avaliação das raízes

ventral e dorsal, inclusive em voluntários saudáveis e pacientes com lesão avulsiva de plexo^{9,10}.

A visualização das raízes pós-ganglionares é possível por meio de sequências 2D SE, FSE e *Inversion Recovery* (IR) convencionais, também podendo ser utilizadas sequências 3D STIR com colocação do volume de aquisição centrado no plexo braquial. As vantagens destas sequências são uma cobertura completa do plexo braquial em um tempo de aquisição razoável, com possibilidade de se realizarem reconstruções em MIP, além da capacidade de visualizar as estruturas musculares adjacentes e da cintura escapular. A principal desvantagem é a dificuldade de diferenciar os nervos das estruturas vasculares, especialmente de veias adjacentes aos nervos.

O advento da sequência pesada em difusão (DW) na RM do plexo braquial, também chamada de neurografia pesada em difusão (neurografia “*diffusion-weighted*” - DW), trouxe diversas perspectivas diagnósticas para avaliação do plexo pós-ganglionar¹². Na sequência pesada em difusão, o contraste da imagem é baseado na movimentação microscópica das moléculas de água. A difusão das moléculas de água dentro do tecido nervoso é limitada pelas membranas celulares. Desta forma, quanto maior a celularidade, maior a restrição à difusão das moléculas de água, como nas lesões axonais, nos tumores, etc. Além disto, esta sequência possibilita maior contraste entre as estruturas nervosas e os tecidos circunjacentes o que, na teoria, facilitaria a imagem dos longos trajetos nervosos do plexo braquial. O alto contraste da neurografia DW pode fornecer uma avaliação mais objetiva por meio da reformatação com o MIP 3D. A magnitude do gradiente de difusão aplicado na sequência é determinado pelo valor b , que indica a amplitude, o tempo dos gradientes aplicados e a duração entre gradientes pareados. Para avaliar moléculas de água com movimento lento e menores distâncias de difusão, os valores b devem ser maiores ($b > 500$ s/mm²). A quantificação da restrição à difusão é possível pelo cálculo dos valores do coeficiente de difusão aparente (ADC), utilizando diferentes valores b (ex: 0 – 1000 s/mm²). Não existe consenso na literatura em relação

aos limites do intervalo de uma difusão normal, porém valores ADC menores que $1,0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ são considerados como indicadores de restrição em adultos, porém isto é inteiramente dependente do órgão e da patologia examinados^{59,60}. É importante ressaltar que o comportamento das imagens DW é o inverso das imagens pesadas em T2, sendo ambos sensíveis à água livre, que aparece com baixo sinal nas imagens DW e alto sinal nas imagens pesadas em T2. Portanto, utilizando-se altos valores de b , o contraste da imagem é produzido, em sua maior parte, por propriedades de difusão. Ao se utilizar baixos valores de b , o contraste da imagem é pouco influenciado pelos deslocamentos de difusão, predominando o contraste T2. Desta maneira, o mapa ADC é utilizado para diferenciar as áreas que podem estar mascaradas pelo efeito T2 na imagem DW. As estruturas ou lesões com restrição à difusão apresentam alto sinal nas imagens DW e baixo sinal no mapa ADC. Estruturas com difusões elevadas, como o líquido cefalorraquidiano, apresentam baixo sinal nas imagens DW e alto sinal no mapa ADC^{61,62}.

Existem diversos estudos na literatura que avaliaram a acurácia da RM na detecção das lesões avulsivas do plexo braquial. Carvalho (1997) demonstrou que a RM permite o diagnóstico correto em apenas 52% dos casos⁶³. Neste estudo, no entanto, foram utilizadas sequências *spin-echo* convencionais, não tendo sido utilizadas sequências volumétricas com cortes finos, hoje consideradas essenciais para o diagnóstico das lesões avulsivas do plexo braquial. Gasparotti (1997) demonstrou uma acurácia de 92% no diagnóstico das avulsões das raízes nervosas por meio da sequência *steady state*⁶⁴. Doi (2002) mostrou sensibilidade de 93% e especificidade de 81% para o diagnóstico de avulsão pela RM⁶⁵, tendo utilizado um magneto de 1,0 Tesla e sequências *spin-echo* T1 e T2 sem saturação de gordura neste estudo. Yang (2014) mostrou que a RM possui alta acurácia (>90%) para o diagnóstico de avulsão das raízes de C5 a C7 e moderada acurácia (74 a 84%) para o diagnóstico de avulsão das raízes de C8 e T1⁹. Este estudo utilizou um magneto de 3,0 Tesla com sequências T1 e T2 *turbo spin-echo* e STIR, além de um pós-processamento das imagens

por meio da técnica de *maximum intensity projection* (MIP). Upadhyaya (2014) demonstrou que a RM apresenta uma boa correlação com os achados cirúrgicos⁶⁶. Neste estudo, foi utilizado um equipamento de 1,5 Tesla e sequências *fast spin-echo* ponderadas em T1 e T2, e sequências DIXON para saturar o sinal da gordura.

3.6 Anatomia do plexo braquial

3.6.1 Anatomia macroscópica do plexo braquial

O plexo braquial é formado pelos nervos espinais de C5, C6, C7, C8 e T1^{67,68}. Os nervos espinais são formados a partir da união das raízes ventrais e dorsais que se originam a partir da medula espinhal. As raízes ventrais contêm as fibras motoras, sendo que seus corpos celulares se localizam no corno anterior da medula espinhal. As raízes dorsais contêm as fibras sensitivas, cujos corpos celulares estão localizados no interior dos gânglios das raízes dorsais que, por sua vez, estão no interior dos forames intervertebrais. Imediatamente distal a este gânglio sensitivo, as raízes dorsal e ventral se juntam para formar o nervo espinal. Ao sair do forame intervertebral, o nervo espinal divide-se em ramos ventral e dorsal. O ramo dorsal inerva a musculatura paravertebral e o ramo ventral forma o plexo braquial, sendo chamado de raiz do plexo braquial (Figura 2).

Figura 2 – Esquema anatômico demonstra a anatomia das raízes pré-ganglionares. Notar que a raiz do plexo braquial corresponde ao ramo ventral do nervo espinal.

As raízes C5 e C6 se unem para formar o tronco superior. A raiz C7 continua como tronco médio e as raízes C8 e T1 se unem para formar o tronco inferior. Cada tronco se bifurca em uma divisão anterior e uma divisão posterior, que passam logo atrás da clavícula. As 3 divisões posteriores unem-se para formar o fascículo (ou cordão) posterior. As divisões anteriores dos troncos superior e médio unem-se para formar o fascículo lateral, enquanto a divisão anterior do tronco inferior continua-se como fascículo medial (Figura 3).

Figura 3 - Esquema anatômico do plexo braquial demonstra as raízes, troncos, divisões, fascículos e nervos terminais

Na região infraclavicular, o fascículo lateral dá origem a um ramo para a formação do nervo mediano e continua como nervo músculo-cutâneo. O fascículo posterior dá origem aos nervos axilar e radial, e o fascículo medial dá origem a um ramo para a formação do nervo mediano e continua como nervo ulnar (Figuras 3 e 4).

Figura 4 - Esquema anatômico do plexo braquial em relação as estruturas ósseas (vértebras, costelas e clavícula) e musculares (escalenos anterior e médio e o peitoral maior)

3.6.2 Anatomia do plexo braquial à RM

Por questões didáticas, o plexo braquial é dividido em 4 regiões: pré-ganglionar, interescaleno, costoclavicular e retropeitoral.

a) Região Pré-ganglionar

Consiste na porção intradural das raízes ventral e dorsal, junto a sua origem na medula espinhal, estendendo-se até o gânglio sensitivo dorsal. Esta região é avaliada por meio da aquisição *steady state*, sendo a

sequência 3D-FIESTA utilizada em nosso serviço. Esta sequência oferece uma imagem com alta relação sinal-ruído, alta resolução e poucos artefatos, possibilitando ótima visualização das raízes nervosas intradurais no plano axial (Figura 5).

Figura 5 - Imagem axial de sequência 3D FIESTA da coluna cervical. São demonstradas as raízes pré-ganglionares ventrais (cabeças de setas) e dorsais (setas) normais.

b) Região Interescaleno

Após a saída dos forames de conjugação os ramos nervosos de C5 a T1 e os troncos superior, médio e inferior passam por meio da região interescaleno, que é um espaço delimitado pelos músculos escalenos anterior (anteriormente), escaleno médio (posteriormente) e pela 1^a costela (posteroinferiormente) (Figura 6). Ao se avaliar a anatomia do plexo braquial pela RM, algumas referências anatômicas básicas podem ser utilizadas para se identificar as estruturas. Por exemplo, junto à porção proximal da primeira

costela, identificamos os ramos nervosos de C8 (acima) e de T1 (abaixo) (Figura 7).

Figura 6 - Desenho esquemático do espaço Interescaleno. As raízes nervosas de C5 a T1 entre os músculos escaleno anterior (EA) e escaleno médio (EM). CI- Clavícula, VS- Veia subclávia, AS- Artéria subclávia, 1aC- Primeira costela, 2aC- Segunda costela.

Figura 7 - Imagem de RM no plano sagital ponderada em T1, imediatamente após as saídas das raízes pelos forames de conjugação demonstra a relação das raízes de C8 (cabeça de seta) e T1 (seta) em relação à primeira costela (1aC).

Figura 8 – Imagem sagital de RM STIR dos troncos no espaço interescaleno mostra os troncos superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) entre os músculos escaleno anterior (EA) e escaleno médio (EM). VS- Veia subclávia, AS- Artéria subclávia.

Os ramos nervosos e a artéria subclávia entram no chamado triângulo dos escalenos, e, ainda no seu interior, há a formação dos troncos (Figuras 8 e 9). As divisões se localizam na altura do cruzamento do plexo braquial com a clavícula (Figura 10).

As imagens sagitais são mais bem indicadas para a 1ª abordagem desta anatomia (Figuras 6 a 10).

Figura 9 – Desenho esquemático dos troncos no espaço interescaleno demonstra os troncos superior (TS), médio (TM) e inferior (TI) entre os músculos escaleno anterior (EA) e escaleno médio (EM). VS- Veia subclávia, AS- Artéria subclávia, Cl- Clavícula, 1aC- Primeira costela, 2aC- Segunda costela.

Figura 10 – Imagem sagital de RM ponderada em T1. As divisões (setas) são difíceis de se caracterizar individualmente, localizando-se no cruzamento do plexo braquial com a clavícula (CI), no início do espaço costoclavicular. CI-Clavícula, VS-Veia subclávia, AS-Artéria subclávia, 1aC-Primeira costela.

As imagens coronais (STIR e DW) também fornecem adequada visualização dos nervos nesta região (Figuras 11 e 12).

Figura 11 – Imagem STIR reformatada com MIP no plano coronal demonstra as raízes de C5 a C8 e os troncos superior (TS), médio (TM) e inferior (TI). Também se observa linfonodo cervical (Lnf).

Figura 12 – Imagem de neurografia DW reformatada com MIP no plano coronal demonstra as raízes de C5 a T1 e os gânglios sensitivos dorsais (setas). Também se observam linfonodos cervicais (Lnf).

c) Região Costoclavicular

Esta região é delimitada pela clavícula (superiormente), pelo músculo subclávio (anteriormente) e pela 1ª costela (posteriormente). No interior desta região, a veia subclávia posiciona-se anteriormente, com a artéria subclávia localizando-se logo posterior à veia e os três fascículos do plexo braquial (lateral, posterior e medial) envolvendo a artéria (Figura 13). O melhor plano para identificação das estruturas nesta região também é o sagital (Figura 14). O plano coronal auxilia como complemento na identificação das estruturas neste segmento.

Figura 13 – Imagem sagital ponderada em T1 demonstra os fascículos lateral (FL), posterior (FP) e medial (FM) no interior do espaço costoclavicular e suas relações com a primeira costela (1aC), artéria subclávia (AS), veia subclávia (VS) e clavícula (Cl).

Figura 14 – Esquema anatômico demonstra os fascículos lateral (FL), posterior (FP) e medial (FM) no espaço costoclavicular e suas relações com a primeira costela (1aC), artéria subclávia (AS), veia subclávia (VS) e clavícula (CI). Subcl – Músculo subclávio. 2aC – Segunda Costela.

d) Região Retropeitoral

Trata-se da região mais lateral, delimitada pelos músculos peitorais maior e menor (anteriormente), subescapular (posteriormente) e pela parede torácica e 1ª costela (inferiormente). O agrupamento das cordas nesta região é semelhante à observada na região costoclavicular, observando-se a saída dos cinco ramos terminais a partir da borda mais lateral do músculo peitoral menor (nervos músculo-cutâneo, axilar, mediano, radial e ulnar) (Figura 15).

Figura 15 – Imagem sagital ponderada em T1 da região retropeitoral mostra os nervos musculocutâneo (nMsc), axilar (nAx), mediano (nMed), radial (nRad) e ulnar (nUl), e suas relações com a artéria subclávia (AS), veia subclávia (VS) e os músculos retropeitoral menor (Pmen) e retropeitoral maior (Pmai). Cl – Clavícula.

4 Metodologia

4 METODOLOGIA

4.1 Casuística

O estudo foi definido como prospectivo de observação e unicêntrico. Entre janeiro de 2013 a dezembro de 2014, foram incluídos trinta e oito pacientes com história de lesão traumática do plexo braquial para estudo por RM e cirurgia. O protocolo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, (Protocolo Número 10612/13) (Apêndice A), tendo sido obtido consentimento pós-informado por escrito dos pacientes, após a leitura de documento informativo (Apêndice B) e a explicação dos procedimentos a serem realizados.

Os critérios de inclusão utilizados no estudo foram:

- Idade entre 18 e 70 anos;
- Ter sofrido trauma de alta energia há menos de dois anos e com suspeita clínica de lesão traumática do plexo braquial.

Os critérios de exclusão utilizados no estudo foram:

- Pacientes com necessidade de sedação;
- Pacientes com contraindicação ao exame de RM (presença de marca-passo cardíaco, cliques de aneurisma cerebral, implantes cocleares e fixador ortopédico externo);
- Artefatos gerados durante o exame de RM que impossibilitam a avaliação das imagens do plexo braquial: artefatos de susceptibilidade magnética (ou metálicos) e artefatos de movimentação.

Seis pacientes foram excluídos do estudo pelos seguintes motivos: (a) acentuados artefatos de susceptibilidade magnética na região do plexo braquial devido à presença de placa metálica de fixação por fratura na clavícula, impossibilitando a análise das estruturas nervosas do plexo braquial pela RM (três pacientes); (b) artefatos de movimentação durante a realização da RM do plexo braquial, impossibilitando a análise das estruturas do plexo braquial (um paciente); (c) claustrofobia (dois pacientes).

4.2 Avaliação clínica

Os pacientes foram oriundos do ambulatório do grupo de mão e microcirurgia do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) do HC-FMUSP, com história clínica de lesão do plexo braquial por trauma de alta energia há menos de 2 anos. O trauma causador da lesão foi acidente motociclístico em todos os pacientes.

Todos os pacientes foram submetidos à análise clínica pelo cirurgião do grupo de Mão e Microcirurgia do IOT/HC-FMUSP com 20 anos de experiência em cirurgia do plexo braquial. Em até 1 semana antes do exame de RM, os músculos do membro superior foram testados manualmente, de acordo com as técnicas descritas de Narakas e Tubiana^{44,69}. A localização topográfica da lesão foi feita levando-se em conta os padrões de fraqueza muscular encontrados no exame físico (Tabela 1). Foi utilizada a escala do “Medical Research Council” ou MRC para quantificar a força muscular⁷⁰. De acordo com esta escala, a classificação grau 0 indica ausência de contração muscular, o grau 1 demonstra contração muscular palpável, porém sem movimento, no grau 2, existe movimentação apenas com eliminação da ação da gravidade, o grau 3 quando há movimento contra a ação da gravidade, grau 4 quando há movimentação contra a resistência do examinador e grau 5 indica força normal. Topograficamente, as lesões foram classificadas em plexo superior, plexo médio e plexo inferior. As lesões do plexo superior compreendiam as alterações clínicas que sugerissem lesão de C5, C6, do

tronco superior ou do fascículo lateral. As lesões do plexo médio englobavam as alterações clínicas que sugerissem lesão de C7, do tronco médio ou do fascículo posterior. As lesões do plexo inferior envolviam alterações clínicas de C8, T1, do tronco inferior ou do fascículo medial.

Também foram descritas as lesões associadas, como fraturas e lesões vasculares.

4.3 Equipamento

Os exames de RM foram realizados no aparelho GE HDXT 1,5-Tesla (GE Medical Systems, Milwaukee, Winsconsin, EUA), versão do *software* 12.0 e gradientes 33 mT/min. Todos os pacientes preencheram questionário próprio do setor, negando possíveis contraindicações para realização ao exame de RM (marca-passo cardíaco, cliques de aneurisma cerebral, implantes cocleares, fixadores metálicos externos, etc.).

4.4 Técnica de exame pela RM

4.4.1 Posicionamento e bobinas

Os pacientes foram posicionados em posição supina com a utilização de bobina neurovascular na região crânio-cervical (Figura 16).

Figura 16 – Fotografia da bobina neurovascular posicionada para realização do exame de RM do plexo braquial

4.4.2 Sequências e planos

A sequência inicial do exame visava ao estudo da coluna cervical, desde a base do crânio até a altura de T2, com os seguintes parâmetros:

1. Sagital pesado em densidade de prótons (DP) da coluna cervical “*fast spin echo*” (FSE), tempo de repetição (TR) = 2400 ms, tempo de eco (TE) efetivo = 50 ms, espessura de corte = 5 mm, espaçamento = 0,5mm, matriz = 352 x 352, número de excitações (NEX) = 1, “*field of view*” (FOV) = 30 cm, sentido da frequência = superior-inferior, tempo de aquisição = 212s.
2. Axial pesado em T2 da coluna cervical FSE desde C2-C3 até T2, TR = 6450 ms, TE efetivo = 85ms, espessura de corte= 3,5mm, espaçamento = 0,3mm, matriz=256 x 224 , NEX=2 , FOV=19cm, sentido da frequência = anterior – posterior, tempo de aquisição = 280s.

3. Axial 3D FIESTA da coluna cervical desde C2 até T2, TR = 4,9 ms, TE efetivo = 1,5 ms, “flip angle” (FA) = 55°, espessura de corte = 0,8 mm, espaçamento = 0 mm, tamanho do volume = 192 mm, matriz = 288 x 256, NEX = 1, FOV = 20cm, sentido da frequência = direita – esquerda, tempo de aquisição = 316s.

Em seguida, foram feitas as sequências específicas do plexo braquial:

4. Difusão (DW) no plano axial, desde C2 até T2 bilateralmente, TR = 10000 ms, TE efetivo = 50 ms, tempo de inversão (TI) = 160 ms, espessura de corte = 2 mm, espaçamento = 0 mm, matriz = 128 x 128, NEX = 4, FOV = 40 cm, valor $b = 200 \text{ s/mm}^2$, sentido unidirecional do gradiente no plano anteroposterior, tempo de aquisição = 471s. As imagens axiais DW foram pós-processadas em estação de trabalho (*Advantage Workstation ADW 4.3, GE Medical Systems, Milwaukee, WI, EUA*). Imagens reformatadas de *maximum intensity projection* (MIP) nos planos coronal e sagital foram criadas em uma escala convencional de cinza, com espessura de 20mm das imagens MIP reconstruídas.
5. Coronal STIR bilateral, com “turbo inversion recovery”, TR = 550 ms, TE efetivo = 100 ms, TI = 160 ms, espessura de corte = 3 mm, espaçamento = 0 mm, matriz = 256 x 224, NEX = 1, FOV = 45 cm, sentido da frequência = superior-inferior, tempo de aquisição = 242s.
6. Sagital pesado em T1 unilateral, FSE, TR = 467 ms, TE efetivo = 15 ms, espessura de corte = 4 mm, espaçamento = 1 mm, matriz = 192 x 288, NEX = 2, FOV = 24 cm, sentido da frequência = superior-inferior, tempo de aquisição = 166s.

7. Sagital STIR unilateral, com “*turbo inversion recovery*”, TR = 4225 ms, TE efetivo = 50 ms, TI = 135 ms, espessura de corte = 4 mm, espaçamento = 1 mm, matriz = 192 x 256, NEX = 2, FOV = 45 cm, sentido da frequência = anterior-posterior, tempo de aquisição = 263s.

4.5 Análise do exame de RM

As imagens de RM foram avaliadas por três radiologistas com 7, 7 e 4 anos de experiência em RM do plexo braquial, aqui denominados de avaliadores 1, 2 e 3, respectivamente. Os pacientes foram anonimizados e as imagens foram avaliadas em monitores diagnósticos 5 MP (Barco; Kortrijk, Bélgica) ligados ao sistema PACS do HC-FMUSP (iSite, *Philips Medical Systems, Best, the Netherlands*). Os avaliadores não tinham acesso ao exame clínico ou a eventuais exames eletrodiagnósticos, sabendo apenas que se tratavam de pacientes com diagnóstico clínico de lesão traumática do plexo braquial.

No momento da avaliação dos exames, os avaliadores 1 e 3 tiveram acesso à neurografia DW, enquanto o avaliador 2 não teve acesso a esta sequência. O intuito era estudar a influência da neurografia DW na avaliação da RM do plexo braquial e avaliar a correlação interobservador. A leitura do estudo de RM com acesso à neurografia DW foi chamada de **RM com neurografia DW** e aquela sem acesso foi denominada de **RM convencional**.

A análise foi feita individualmente por cada avaliador, portanto, de forma não consensual.

Os seguintes critérios de imagem referentes às lesões do plexo braquial foram analisados nos exames de RM:

1. Aspecto normal do plexo braquial: foi considerado normal quando o determinado segmento do plexo apresentava espessura, morfologia, continuidade e sinal normais (Figura 17).

Figura 17 – Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Aspecto normal de todas as porções do plexo braquial. Imagem do arquivo didático do HC-FMUSP.

2. Lesão em continuidade: aumento da espessura de um determinado segmento do plexo e/ou aumento do sinal nas sequências STIR ou pesadas em difusão, sem descontinuidades no nervo (Figura 18).

Figura 18 – Lesão em continuidade. Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Paciente nº 15, 24 anos, com história de trauma há cinco meses. Espessamento e elevação do sinal do tronco inferior e do fascículo posterior (setas) à esquerda, compatível com lesão em continuidade.

3. Ruptura: solução de continuidade na região pós-ganglionar com ausência de visualização dos nervos neste segmento (Figura 19).

Figura 19 – Ruptura. Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Paciente nº 5, 20 anos, acidente há quatro meses. Ausência da raiz pós-ganglionar de C5, compatível com ruptura (seta). Observe o espessamento a jusante do tronco superior (cabeça de seta).

4. Pseudomeningocele: presença de formação cística intradural, podendo se estender para o forame de conjugação e para a região extraforaminal (Figura 20).

Figura 20 – Pseudomeningocele. Imagem axial ponderada em T2 no nível C5-C6. Paciente nº 14, 53 anos, com trauma há seis meses. Pseudomeningocele à direita, estendendo-se para a região foraminal e extraforaminal (setas).

5. Avulsão: solução de continuidade das radículas ou raízes pré-ganglionares (ou intradurais) (Figura 21).

Figura 21 – Avulsão. Imagem axial da seqüência 3D FIESTA. Paciente nº 18, 45 anos, acidente há três meses. Avulsão completa das raízes de C6 à esquerda (seta). Notar o aspecto normal das raízes ventral e dorsal de C6 à direita (cabeças de seta).

6. Não caracterização: o nervo não é identificado nas imagens de RM distalmente à avulsão ou ruptura (Figura 22).

Figura 22 – Avulsão com pseudomeningocele, espessamento e não caracterização neural distal. Imagem de neurografia DW reformatada no plano coronal pelo MIP. Paciente nº 25, 42 anos, acidente há cinco meses. No plano axial FIESTA, observaram-se avulsões de C6 e C7. Nesta imagem, não visualizamos as raízes pós-ganglionares de C6 (cabeça de seta amarela) e C7 (seta). Note a volumosa pseudomeningocele de C7 (P). Existe um espessamento distal na topografia do fascículo posterior (cabeça de seta azul), devendo corresponder à retração distal.

7. Espessamento secundário à avulsão ou ruptura: espessamento e/ou elevação do sinal do nervo (STIR ou difusão) distalmente a uma avulsão ou ruptura (Figura 22).

Para facilitar a aquisição dos dados, foi formulada uma planilha contendo uma imagem anatômica do plexo braquial (Figura 23). Os avaliadores tabulavam os achados de exame na planilha anatômica, de acordo com a legenda: A- avulsão, P-pseudomeningocele, L-lesão em continuidade, R-ruptura, E-espessamento pós-traumático, NC-não caracterizado e N-normal.

Figura 23 – Esquema anatômico utilizado pelos radiologistas para tabular os dados

Também foi descrita a presença ou a ausência de edema e atrofia na musculatura paravertebral e da cintura escapular. O edema foi definido como aumento de sinal nas sequências sensíveis a líquido e a atrofia como redução volumétrica e/ou aumento do sinal nas sequências pesadas em T1.

4.6 Cirurgia

Todos os pacientes foram submetidos à cirurgia do plexo braquial por via supraclavicular por dois cirurgiões do grupo de Mão e Microcirurgia do IOT/HC-FMUSP, com 20 e 12 anos de experiência em cirurgia do plexo braquial. A via de acesso utilizada foi a supraclavicular em todos os pacientes. Os cirurgiões avaliaram o plexo braquial durante a cirurgia. Os seguintes critérios foram considerados no intraoperatório:

1. Aspecto normal do plexo braquial: nenhuma alteração na aparência macroscópica do nervo à inspeção cirúrgica
2. Lesão em continuidade: espessamento focal do nervo, sem uma solução de continuidade macroscópica do nervo (Figura 24).
3. Ruptura: solução de continuidade completa de algum segmento pós-ganglionar do plexo braquial.
4. Avulsão: solução de continuidade completa de alguma raiz pré-ganglionar ou intradural.

Figura 24 – Fotografia do intraoperatório. Paciente nº 2, 19 anos, acidente há 7 meses. Lesão em continuidade de C5, C6 e do tronco superior (TS). Notar o espessamento dos nervos, sem solução de continuidade destes.

A classificação topográfica para o cirurgião foi dividida em três regiões: plexo superior, plexo médio e plexo inferior. O plexo superior envolvia as raízes pré-ganglionares ventrais e dorsais de C5 e C6, os ramos pós-ganglionares de C5 e C6, o tronco superior, as suas divisões anterior e posterior, e o fascículo lateral. O plexo médio era composto pelas raízes pré-ganglionares ventrais e dorsais de C7, pelo ramo pós-ganglionar de C7, o tronco médio, as suas divisões anterior e posterior, e o fascículo posterior. O plexo inferior era composto das raízes pré-ganglionares ventrais e dorsais de C8 e T1, dos ramos pós-ganglionares de C8 e T1, do tronco inferior, de suas divisões anterior e posterior, e do fascículo medial (Figura 25).

De acordo com os achados cirúrgicos, os dados foram tabulados em uma planilha para indicar sua localização topográfica no plexo braquial.

É importante salientar que o cirurgião não tem acesso visual direto à porção intradural do plexo braquial, pois não é feita uma laminectomia. No entanto, por meio da palpação e do aspecto dos ramos extradurais, o cirurgião é capaz de dizer se há ou não avulsão.

Figura 25 – Esquema anatômico mostrando a divisão do plexo braquial em 3 porções: Superior, Médio e Inferior.

4.7 Correlação entre a RM e a clínica com a cirurgia

Todas as correlações foram realizadas utilizando-se a classificação topográfica de plexos superior, médio e inferior (Figura 25).

No caso da correlação entre a RM e a cirurgia, foram considerados os seguintes tipos de lesões encontradas na cirurgia e nos exames de RM:

avulsão, ruptura e lesão em continuidade, utilizando-se os critérios de definição já descritos.

A correlação entre a cirurgia e a clínica foi realizada avaliando-se a presença ou a ausência de lesão na cirurgia, e a presença ou ausência de alteração ao exame clínico, utilizando-se os critérios de definição já descritos.

4.8 Análise estatística

Com a cirurgia considerada como padrão-ouro, foram determinados estatisticamente os seguintes parâmetros: sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP), valor preditivo negativo (VPN) e acurácia, contrapondo a RM com neurografia DW (avaliador 1), a RM convencional (avaliador 2) e os dados clínicos. Para tanto, foram construídas tabelas de contingência de dupla-entrada, tipo 2 x 2, com frequências dos pares de variáveis formados, sendo computados os valores verdadeiros positivos ou negativos e os valores falsos positivos ou negativos.

Foram avaliadas as correlações entre as análises de RM (avaliadores 1, 2 e 3) e os resultados cirúrgicos por meio do coeficiente de correlação de Spearman, por se tratarem de medidas ordinais, sem distribuição normal. Foram considerados dois fatores: a linearidade (r_s) que vai de zero a um e a significância (p). O Quadro 2 apresenta os intervalos de categorização utilizados no coeficiente de correlação de Spearman⁷¹.

Foi estabelecido um nível de significância estatística igual a 5%, ou seja, os resultados foram considerados estatisticamente significativos quando os valores do nível descrito p eram menores ou iguais a 0,05 ($p \leq 0,05$).

Quadro 2 – Categorização da correlação pelo coeficiente de correlação de Spearman (r_s)

Coeficiente de correlação de Spearman (r_s)	Grau de correlação
0 - 0,20	Insignificante
0,21 – 0,40	Baixa
0,41 – 0,60	Moderada
0,61 – 0,80	Alta
0,81 – 1,00	Muito alta

4.9 Desenho do estudo

O desenho final do estudo está esquematizado sob a forma de fluxograma no Quadro 3.

Quadro 3 – Fluxograma mostrando o desenho final do estudo (n=número de pacientes)

5 Resultados

5 RESULTADOS

5.1 Dados demográficos

O grupo de estudo final ficou constituído por 32 pacientes, exclusivamente do sexo masculino, com idade média de $32,3 \pm 8,8$ anos (17-54 anos; mediana = 31 anos). Um dos pacientes apresentava lesão bilateral do plexo braquial, tendo sido, portanto, estudados os plexos direito e esquerdo neste paciente, totalizando 33 plexos braquiais avaliados. Foram avaliados 21 plexos do lado esquerdo (63,6%) e 12 plexos do lado direito (36,3%).

A média de peso dos pacientes foi de 73,9 kg (57 – 117 kg; mediana = 73kg), a média de altura foi de 170cm (151-186cm; mediana=170cm) e o índice de massa corpórea médio foi de 25,5.

No item 8 (Anexos), encontram-se enumerados todos os pacientes que fizeram parte deste estudo e as respectivas informações de idade, altura, peso e índice de massa corpórea.

5.2 Resultados cirúrgicos, dos exames clínicos e da RM

5.2.1 Resultados da cirurgia

Dos 33 plexos braquiais operados em 32 pacientes, em 2 (6,0%) não foram observadas quaisquer lesões no intraoperatório. Em 4 pacientes, não foi avaliado o segmento inferior do plexo braquial por dificuldades técnicas.

As lesões em continuidade foram as anormalidades mais observadas à cirurgia com 49,2% (34/69) das lesões, seguida das avulsões com 46,3% (32/69) e das rupturas com 4,3% (3/69). As lesões foram mais comumente encontradas no plexo superior (93,9% dos casos acometiam o plexo

superior), seguida do plexo médio (63,6%) e do inferior (41,3%). O plexo superior foi acometido isoladamente em 30,3% dos casos (10/33), em conjunto com o plexo médio em 30,3% (10/33) e as três porções foram acometidas conjuntamente em 33,3% (11/33).

As lesões pré e pós-ganglionares ocorreram conjuntamente em 21,2% dos casos (7/33). Em 27,2% (9/33) dos casos, as lesões foram exclusivamente pré-ganglionares e, em 45,4% dos casos (15/33), as lesões foram exclusivamente pós-ganglionares.

As lesões em continuidade acometeram duas regiões diferentes do plexo em 15% dos casos (5/33), mais comumente, o plexo superior e o médio. Em 9% dos casos (3/33), as lesões em continuidade acometeram os plexos superior, o médio e o inferior.

As avulsões acometeram duas regiões diferentes do plexo em 18% dos casos (6/33), mais comumente, o plexo superior e o médio. Em 12% dos casos (4/33), as avulsões acometeram os três plexos (superior, médio e inferior).

Devido ao baixo número de rupturas (3/33) encontradas na cirurgia (3/33), optamos por agrupar as variáveis avulsão e ruptura em um único grupo para efeitos de correlação estatística.

Dezesseis pacientes apresentaram lesões associadas (48,4%) representadas por um total de vinte fraturas e uma luxação articular. Seis fraturas ocorreram na clavícula (quatro no terço médio e duas no distal), quatro acometeram a escápula (duas no corpo, uma da base do acrômio e uma do ângulo do acrômio), duas eram completas do rádio (uma no terço médio e a outra no distal), quatro fraturas ocorreram no úmero (duas distais, uma do terço médio e a outra proximal), duas eram completas dos metacarpos, uma da ulna distal e uma completa da 4ª costela (sem comprometimento pleuropulmonar). Observou-se, ainda, uma disjunção bilateral de sacroilíacas e da sínfise púbica, e uma luxação glenoumeral completa. Não houve associação estatisticamente significativa entre a presença da fratura e a gravidade da lesão do plexo ($p < 0,05$). Não observamos lesões vasculares em nossa série.

5.2.2 Resultados dos exames clínicos

Dos 33 plexos braquiais estudados, 32 apresentaram exames clínicos sugestivos de lesões do plexo superior, 29 do plexo médio e 21 do plexo inferior. Tabelas de contingência do tipo 2x2 foram construídas, com frequências dos pares de variáveis formados entre os achados clínicos e cirúrgicos (Tabelas 1, 2, 3 e 4).

Tabela 1 - Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Superior

	Plexo Superior	
	Cirurgia Normal	Cirurgia Alterada
Clínica Normal	1	0
Clínica Alterada	1	31

Tabela 2 - Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Médio

	Plexo Médio	
	Cirurgia Normal	Cirurgia Alterada
Clínica Normal	2	1
Clínica Alterada	9	21

Tabela 3 - Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Inferior

	Plexo Inferior	
	Cirurgia Normal	Cirurgia Alterada
Clínica Normal	10	2
Clínica Alterada	8	9

Tabela 4 – Tabela de contingência: clínica x cirurgia para o Plexo Total

	Plexo Total	
	Cirurgia Normal	Cirurgia Alterada
Clínica Normal	14	2
Clínica Alterada	21	61

Os dados de exame clínico de todos os pacientes estão disponíveis no item 9 (Anexos).

5.2.3 Resultados dos exames de RM

Tabela 5 - Achados na RM e na cirurgia, de acordo com a localização. (n=número de pacientes)

Localização	Achado	RM + Neurografia DW (Avaliador 1) (n)	RM convencional (Avaliador 2) (n)	RM + Neurografia DW 2º Leitor (Avaliador 3) (n)	Cirurgia (n)
Plexo Superior	Normal	2	0	2	2
	Lesão em Continuidade	12	12	11	15
	Avulsão/Ruptura	22	23	19	16
Plexo Médio	Normal	9	1	6	13
	Lesão em Continuidade	5	12	8	9
	Avulsão/Ruptura	21	21	19	11
Plexo Inferior	Normal	13	4	11	7
	Lesão em Continuidade	7	15	9	6
	Avulsão/Ruptura	12	14	13	6
Plexo Total	Normal	0	0	0	2
	Lesão em Continuidade	9	9	9	24
	Avulsão/Ruptura	24	24	24	17

Encontramos um total de 328 lesões em todos pacientes à RM com neurografia DW. Destas, 22,8% (75/328) foram avulsões e 3,6% (12/328) foram rupturas. Na Figura 26, demonstramos a distribuição anatômica das avulsões e rupturas no plexo braquial, de acordo com as avaliações feitas à RM com neurografia DW. Observamos que a maioria das avulsões ocorre em C7 em 66% (22/33) dos casos, seguido de C6, em 54% (18/33) dos casos. Em relação às rupturas, sua frequência foi bem menor que a das avulsões, sendo os ramos de C5 e T1, e o tronco superior as localizações mais frequentes, em 6% (2/33) dos casos cada.

Figura 26 – Demonstração esquemática da localização topográfica das avulsões e rupturas encontradas na RM com Neurografia DW

A não caracterização dos nervos a jusante de uma lesão com solução de continuidade completa está intimamente relacionada às avulsões, correspondendo a 21,6% (71/328) do total de alterações. Sua frequência é maior na altura das raízes, observando-se redução progressiva até a altura das divisões, não sendo observada na altura dos fascículos. O espessamento neural relacionado à avulsão ou ruptura corresponde a 23,4% (77/328) das alterações. Sua frequência aumenta progressivamente nas porções mais distais, sendo mais frequentes nas alturas das divisões. Também são observadas em frequências moderadas nas alturas dos fascículos. Estes achados estão sumarizados na Figura 27.

avulsão das respectivas radículas à RM. A pseudomeningocele não foi observada em 56% (42/75) dos casos de avulsão.

Figura 28 – Demonstração esquemática da localização topográfica das pseudomeningoceles encontradas na RM com Neurografia DW

As lesões em continuidade correspondem a 18,2% (60/328) das alterações. Na Figura 29, apresentamos a distribuição anatômica das lesões em continuidade, de acordo com as avaliações feitas na RM com neurografia DW. Observamos que a maioria destas lesões está localizada nas porções mais proximais do plexo superior (C5, C6 e T5), com frequências de 21% (7/33) a 27% (9/33) dos casos. No plexo inferior, houve um ligeiro predomínio das lesões mais distais (tronco inferior, divisões e fascículo medial) sobre as proximais (ramos de C8 e T1), em 12% (4/33) e 9% (3/33) dos casos, respectivamente. Apenas em um caso, observamos

uma lesão em continuidade do fascículo posterior estendendo-se ao nervo axilar.

Figura 29 – Demonstração esquemática da localização topográfica das lesões em continuidade encontradas na RM com Neurografia DW

A Tabela 6 sumariza alterações encontradas na RM com neurografia DW.

Tabela 6 - Frequências das alterações encontradas à RM com neurografia DW (casos totais)

Achado	Frequência
Avulsão	22,80% (75/328)
Pseudomeningocele	10,00% (33/328)
Ruptura	3,60% (12/328)
Lesão em Continuidade	18,20% (60/328)
Não Caracterização	21,60% (71/328)
Espessamento	23,40% (77/328)

De acordo com os resultados de RM, observamos um completo predomínio das lesões supraclaviculares sobre as infraclaviculares, com frequências de 93,9% e 6,1%, respectivamente. Em 27,3% (9/33) dos casos, há acometimento de todo o plexo (C5-C6-C7-C8-T1) e, em 21,2% (7/33), ocorrem lesões de C5-C6. A Tabela 7 correlaciona o nível das lesões e suas frequências.

Tabela 7 - Níveis de lesão encontradas à RM com neurografia DW

Nível da lesão	Frequência
C5-C6	21,2% (7/33)
C6-C7	6,1% (2/33)
C5-C6-C7	12,1% (4/33)
C5-C7-C8	3,0% (1/33)
C5-C6-C7-C8	15,2% (5/33)
C6-C7-C8-T1	9,1% (3/33)
C5-C6-C7-C8-T1 (Total)	27,3% (9/33)
Infraclavicular	6,1% (2/33)

O edema da musculatura da cintura escapular foi encontrado em 87,8% (29/33) e sua atrofia em 72,7% (24/33) dos casos, enquanto o edema e a atrofia da musculatura paravertebral foram observados em 48,4% (16/33) dos casos.

5.3 Dados temporais entre o trauma, o exame de RM e a cirurgia

O tempo decorrido entre o trauma que levou a lesão do plexo braquial e a cirurgia teve uma média de 161, 9 dias, e uma mediana de 161 dias (variando de 38 a 280 dias). O tempo entre o trauma e a realização da RM foi, em média, de 117, 4 dias com uma mediana de 115 dias (variação de 6 a 253 dias), e o tempo entre a RM e a cirurgia teve uma média de 52 dias e mediana de 33 dias (variação de 2 a 227 dias). Estas diferenças estão sumarizadas no Gráfico 1, que demonstra uma menor variação dos tempos entre a RM e a cirurgia.

Gráfico 1 – Diagramas de caixa demonstrando as diferenças temporais (em dias) entre as datas do trauma e da RM, entre a RM e cirurgia, e entre o trauma e a cirurgia.

5.4 Correlação entre a cirurgia e os achados de RM

Observamos **alta** correlação entre os dados de RM com neurografia DW e a cirurgia ($r_s=0,79189$ e $p=0,00214$). Encontramos **baixa** correlação **sem significância estatística** entre os dados da RM convencional com a cirurgia ($r_s=0,4127$ e $p=0,18243$).

A correlação entre os avaliadores das RM com neurografia DW (avaliadores 1 e 3) foi **muito alta** ($r_s = 0,94886$ e $p = 0$). A correlação entre os avaliadores 1 e 2, ou seja, entre os dados da RM com neurografia DW com os dados da RM convencional DW foi **alta** ($r_s = 0,75176$ e $p = 0,00481$).

5.5 Correlação entre o exame clínico e os achados de RM

Constatou-se que o exame clínico possui alta sensibilidade e baixa especificidade no diagnóstico de lesão pós-traumática do plexo braquial, sendo que o plexo superior apresentou maior sensibilidade (100%). A acurácia do exame clínico foi de 96,9% para o plexo superior e de 76,5% para a avaliação do plexo como um todo (Tabela 8).

Tabela 8 - Valores de sensibilidade, especificidade, VPP, VPN e acurácia do exame clínico na avaliação de pacientes com lesão traumática do plexo braquial

Localização	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia
Plexo Superior	100%	50%	96,96%	3,03%	96,96%
Plexo Médio	95,45%	18,18%	90,90%	9,09%	70%
Plexo Inferior	81,81%	55,55%	58,60%	41,37%	65,51%
Plexo Total	96,82%	40,00%	83,67%	16,3%	76,53%

5.6 Avaliação da acurácia diagnóstica da RM com a neurografia DW

Observou-se baixa sensibilidade e alta especificidade para a detecção das lesões em continuidade. No diagnóstico das avulsões, a RM com neurografia DW apresentou sensibilidade alta e especificidade moderada. Em relação à detecção de qualquer lesão no plexo braquial, foram observadas sensibilidades altas e especificidades variáveis, dependendo da porção avaliada do plexo. Por exemplo, no plexo superior, a especificidade foi alta (100%), nos plexos médio e inferior, a especificidade foi moderada e,

para a avaliação do plexo como um todo, a especificidade foi de 0%. As acurácias foram maiores na avaliação de quaisquer lesões no plexo superior e no plexo total (100% e 93,9%, respectivamente) (Tabela 9).

Tabela 9 – Valores de sensibilidade, especificidade, VPP, VPN e acurácia do exame de RM com neurografia DW na avaliação de pacientes com lesão traumática do plexo braquial

Localização e Tipo de Lesão	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia
Plexo Superior com Lesão em Continuidade	58,82%	63,15%	33,33%	66,66%	75%
Plexo Superior com Avulsão / Ruptura	88,23%	88,23%	61,11%	38,88%	75%
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100%	100%	94,44%	5,55%	100%
Plexo Médio com Lesão em Continuidade	30%	92%	14,20%	85,71%	74,28%
Plexo Médio com Avulsão / Ruptura	100%	60,86%	60%	40%	74,28%
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	86,36%	46,15%	74,28%	25,71%	71,42%
Plexo Inferior com Lesão em Continuidade	40%	81,48%	21,87%	78,12%	75%
Plexo Inferior com Avulsão / Ruptura	83,33%	73,07%	37,50%	62,50%	75%
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	90,90%	57,14%	59,37%	40,62%	68,75%
Plexo Total com Lesão em Continuidade	42,85%	84,21%	27,27%	72,72%	66,66%
Plexo Total com Avulsão / Ruptura	94,11%	50%	72,72%	27,27%	72,72%
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100%	0%	100%	0%	93,93%

5.7 Avaliação da acurácia diagnóstica da RM convencional

Observou-se baixa sensibilidade e moderada especificidade no diagnóstico das lesões em continuidade. Em relação à detecção das avulsões, foram constatadas sensibilidades altas e especificidades moderadas, especialmente do plexo médio e do plexo total (100% e 94,1%, respectivamente). Na avaliação de qualquer lesão do plexo braquial, as

sensibilidades foram altas e as especificidades variáveis, dependendo da porção do plexo avaliada. Neste caso, foi encontrada especificidade moderada no plexo superior (50%), e especificidades baixas nos plexos médio, inferior e total (0%, 14,2% e 0%, respectivamente). As acurácias foram maiores na detecção de quaisquer lesões nos plexos superior e total (94,2% e 96,9%, respectivamente) (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores de sensibilidade, especificidade, VPP, VPN e acurácia do exame de RM convencional na avaliação de pacientes com lesão traumática do plexo braquial

Localização e Tipo de Lesão	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Acurácia
Plexo Superior com Lesão em Continuidade	37,50%	68,42	34,28%	65,71%	60%
Plexo Superior com Avulsão / Ruptura	76,47%	44,44%	65,71%	34,28%	54,28%
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	96,95%	50%	94,28%	5,71%	94,28%
Plexo Médio com Lesão em Continuidade	40%	66,66%	35,29%	64,70%	58,82%
Plexo Médio com Avulsão / Ruptura	100%	56,52%	61,76%	38,23%	70,58%
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	95,23%	0%	97,05%	2,94%	58,85%
Plexo Inferior com Lesão em Continuidade	50%	55,55%	45,45%	54,54%	54,54%
Plexo Inferior com Avulsão / Ruptura	83,33%	66,66%	42,42%	57,57%	69,69%
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	91,66%	14,28%	87,87%	12,12%	42,42%
Plexo Total com Lesão em Continuidade	46,66%	88,88%	27,27%	72,72%	69,69%
Plexo Total com Avulsão / Ruptura	94,11%	50%	27,27%	72,72%	72,72%
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100%	0%	100%	0%	96,96%

5.8 Comparação entre as acurácias diagnósticas das avaliações de RM com e sem a neurografia DW

Na Tabela 11, são apresentadas as comparações entre as sensibilidades das leituras de RM com neurografia DW e as leituras das RM

sem neurografia DW. Observamos que não houve diferenças estatisticamente significativas em nenhuma das porções do plexo braquial.

Tabela 11 – Comparação entre as sensibilidades das leituras da RM com neurografia DW e as leituras da RM convencional. (p = nível de significância)

Localização e Tipo de Lesão	Sensibilidade		
	RM com Neurografia DW	RM convencional	p
Plexo Superior com Lesão em Continuidade	58,82% (n=36)	37,5% (n=35)	p = 0,0786
Plexo Superior com Avulsão / Ruptura	88,23% (n=36)	76,47% (n=35)	p = 0,1906
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=36)	96,96% (n=35)	p = 0,2288
Plexo Médio com Lesão em Continuidade	30% (n=35)	40% (n=34)	p = 0,3872
Plexo Médio com Avulsão / Ruptura	100% (n=35)	100% (n=34)	p = 1,0000
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	86,36% (n=35)	95,23% (n=34)	p = 0,2071
Plexo Inferior com Lesão em Continuidade	40% (n=32)	50% (n=33)	p = 0,4215
Plexo Inferior com Avulsão / Ruptura	83,33% (n=32)	83,33% (n=33)	p = 1,0000
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	90,9% (n=32)	91,66% (n=33)	p = 0,8915
Plexo Total com Lesão em Continuidade	42,85% (n=33)	46,66% (n=33)	p = 0,7453
Plexo Total com Avulsão / Ruptura	94,11% (n=33)	94,11% (n=33)	p = 1,0000
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=33)	100% (n=33)	p = 1,0000

Na Tabela 12, são apresentadas as comparações entre as especificidades das leituras de RM com neurografia DW e as leituras das RM convencional. Observa-se que a RM com neurografia DW apresenta maiores especificidades com diferenças estatisticamente significativas em relação à RM convencional na avaliação das lesões em continuidade do plexo superior ($p=0,0321$), de qualquer tipo de lesão no plexo superior ($p<0,0001$), das lesões em continuidade do plexo médio ($p=0,0083$), de qualquer tipo de lesão no plexo médio ($p<0,0001$), das lesões em continuidade do plexo inferior ($p=0,00260$) e de qualquer tipo de lesão no plexo inferior ($p=0,0003$). Não houve diferenças estatisticamente significativas em relação às especificidades das alterações do plexo total.

Tabela 12 – Comparação entre as especificidades das leituras de RM com neurografia DW e as leituras de RM convencional. (p = nível de significância)

Localização e Tipo de Lesão	Especificidade		
	RM com Neurografia DW	RM convencional	p
Plexo Superior com Lesão em Continuidade	89,47% (n=36)	68,42% (n=35)	p = 0,0321
Plexo Superior com Avulsão / Ruptura	63,15% (n=36)	44,44% (n=35)	p = 0,1110
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=36)	50% (n=35)	p < 0,0001
Plexo Médio com Lesão em Continuidade	92% (n=35)	66,66% (n=35)	p = 0,0083
Plexo Médio com Avulsão / Ruptura	60,86% (n=35)	56,52% (n=34)	p = 1,7383
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	66,15% (n=35)	0% (n=34)	p < 0,0001
Plexo Inferior com Lesão em Continuidade	81,48% (n=29)	55,55% (n=29)	p = 0,0260
Plexo Inferior com Avulsão / Ruptura	73,07% (n=29)	66,66% (n=29)	p = 0,5433
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	57,14% (n=29)	14,28% (n=29)	p = 0,0003
Plexo Total com Lesão em Continuidade	81,21% (n=33)	88,88% (n=33)	p = 0,7453
Plexo Total com Avulsão / Ruptura	50% (n=33)	50% (n=33)	p = 1,0000
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	0% (n=33)	0% (n=33)	p = 1,0000

Na Tabela 13, apresentamos as comparações entre as acurácias das leituras de RM com neurografia DW com as leituras das RM convencional. Observamos que a RM com neurografia DW apresenta uma acurácia maior e estatisticamente significativa apenas na avaliação de qualquer tipo de lesão no plexo inferior (p=0,0003).

Tabela 13 – Comparação entre as especificidades das leituras de RM com neurografia DW e as leituras de RM convencional. (p = nível de significância)

Localização e Tipo de Lesão	Acurácia		
	RM com Neurografia DW	RM convencional	p
Plexo Superior com Lesão em Continuidade	75% (n=36)	60% (n=35)	p = 0,1800
Plexo Superior com Avulsão / Ruptura	75% (n=36)	54,28% (n=35)	p = 0,0661
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=36)	94,28% (n=35)	p = 0,1385
Plexo Médio com Lesão em Continuidade	74,28% (n=35)	58,82% (n=34)	p = 0,1634
Plexo Médio com Avulsão / Ruptura	74,28% (n=35)	70,58% (n=34)	p = 1,7133
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	71,42% (n=35)	58,82% (n=34)	p = 0,2624
Plexo Inferior com Lesão em Continuidade	75% (n=29)	54,54% (n=29)	p = 0,0795
Plexo Inferior com Avulsão / Ruptura	75% (n=29)	69,69% (n=29)	p = 0,5932
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	68,75% (n=29)	42,42% (n=29)	p = 0,0367
Plexo Total com Lesão em Continuidade	66,66% (n=33)	69,69% (n=33)	p = 0,7963
Plexo Total com Avulsão / Ruptura	72,72% (n=33)	72,72% (n=33)	p = 1,0000
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	93,93% (n=33)	93,93% (n=33)	p = 1,0000

5.9 Comparação entre as acurácias diagnósticas das avaliações de RM e a avaliação clínica

Nas Tabelas 14, 15 e 16, observamos que, na comparação entre a RM com neurografia DW e o exame clínico, as sensibilidades são altas para ambos os testes e sem diferenças estatisticamente significativas entre eles. As especificidades são maiores e estatisticamente significativas para a RM na avaliação das lesões do plexo superior e médio, semelhantes no plexo inferior e maiores para o exame clínico no plexo total. Ainda, a acurácia é maior e estatisticamente significativa para a RM no diagnóstico de qualquer tipo de lesão no plexo braquial como um todo.

Tabela 14 – Comparação entre as sensibilidades das leituras de RM com neurografia DW com as avaliações clínicas. (p = nível de significância)

Localização e Tipo de Lesão	Sensibilidade		
	RM com Neurografia DW	Clínica	p
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=36)	100% (n=33)	p = 1,0000
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	86,36% (n=35)	95,45% (n=33)	p = 0,0862
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	90,9% (n=32)	81,81% (n=29)	p = 0,3197
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=33)	96,82% (n=98)	p = 1,2452

Tabela 15 – Comparação entre as especificidades das leituras de RM com neurografia DW com as avaliações clínicas. (p = nível de significância)

Localização e Tipo de Lesão	Especificidade		
	RM com Neurografia DW	Clínica	p
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=36)	50% (n=35)	p < 0,0001
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	46,15% (n=35)	18,18% (n=33)	p = 0,0014
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	57,14% (n=32)	55,55% (n=29)	p = 0,8761
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	0% (n=33)	40% (n=98)	p < 0,0001

Tabela 16 – Comparação entre as acurácias das leituras de RM com neurografia DW com as avaliações clínicas. (p = nível de significância)

Localização e Tipo de Lesão	Acurácia		
	RM com Neurografia DW	Clínica	p
Plexo Superior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	100% (n=36)	96,96% (n=35)	p = 0,2452
Plexo Médio com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	71,42% (n=35)	69,69% (n=33)	p = 0,9138
Plexo Inferior com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	68,75% (n=32)	65,51% (n=29)	p = 0,8057
Plexo Total com qualquer Lesão (Avulsão + Ruptura + Lesão em Continuidade)	93,93% (n=33)	76,53% (n=98)	p = 0,0344

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

Na literatura pesquisada, encontramos uma série de trabalhos avaliando a correlação da RM com resultados cirúrgicos^{9,63-65}, porém este é o primeiro estudo que avalia a capacidade de se diferenciar os tipos de lesões pela RM e o valor da neurografia DW na avaliação do plexo braquial pós-traumático. A Tabela 17 sumariza a comparação entre as principais características do nosso trabalho, e os da literatura em relação à correlação entre a RM e a cirurgia nas lesões traumáticas do plexo braquial.

Tabela 17 – Comparação entre este estudo e os encontrados na literatura, que correlacionam as lesões traumáticas do plexo braquial à RM com os achados cirúrgicos

Estudo	Ano	Nº de Pacientes*	Localização das Lesões	Tipos de Lesões	Sequências Utilizadas	Magneto	Acurácia
Bordalo-Rodrigues	2016	33	Pré e Pós-ganglionar	Avulsões, rupturas e lesões em continuidade com distinção entre elas na RM	FSE steady state, DW	1,5 T	93,90%
Upadhyaya ⁶⁴	2015	20	Pré e Pós-ganglionar	Não há distinção criteriosa do tipo de lesão	FSE steady state	1,5 T	Não avaliada
El Mogy ⁷²	2011	16	Pré-ganglionar	Avulsões	FSE steady state	1,5 T	93,8%
Yang ⁹	2014	77	Pré e Pós-ganglionar	Avulsões, rupturas e lesões em continuidade sem distinção na RM	FSE steady state	3,0 T	92,5%
Abul-Kasim ⁷⁴	2010	7	Pré e Pós-ganglionar	Avulsões e rupturas	FSE steady state	Não especificado	88%
Doi ⁶³	2002	35	Pré-ganglionar	Avulsões	FSE	1,0T	92,9% (sensibilidade)
Hems ⁷³	1999	23	Pré e Pós-ganglionar	Avulsões e lesões pós-ganglionares (sem especificar o tipo)	SE	0,5 T	81% (sensibilidade)
Gasparotti ⁶²	1997	13	Pré-ganglionar	Avulsões	SE steady state	1,5 T	92%
Carvalho ⁶¹	1997	15	Pré-ganglionar	Avulsões	SE	1,5 T	52%
Ochi ⁷⁰	1994	34	Pré-ganglionar	Avulsões	SE	0,5 e 1,5 T	73%
Roger ⁶⁹	1988	15	Pré-ganglionar	Não há distinção de tipo de lesão	SE	0,5 T	Não avaliada

*Número de pacientes submetidos a RM e cirurgia, com dados de correlação entre ambos.

Os primeiros trabalhos a fazerem a correlação entre a RM e a cirurgia avaliaram apenas as lesões pré-ganglionares^{63,65,72,73}. Foram demonstradas acurácias diagnósticas altamente variáveis, de 52 a 92%. Esta grande oscilação dos resultados nestes primeiros trabalhos pode ser explicada pelo uso exclusivo de sequências *spin-echo* para o diagnóstico de avulsões radiculares intradurais. Estas sequências produzem imagens com espessura de 4mm, sendo que as raízes intradurais cervicais têm espessura de 1,5 a 3,0mm⁷⁴, dificultando muito a visualização intradural das raízes nervosas com estas sequências de RM. A partir de 1997, passam a ser utilizadas as sequências *steady state* no diagnóstico das avulsões radiculares, que permitem a obtenção de imagens submilimétricas, e com excelente contraste entre o líquido e as estruturas nervosas. A partir de então, os melhores resultados obtidos pelos trabalhos devem ser interpretados à luz dos avanços tecnológicos^{64,75}. Assim, devido ao desenvolvimento de melhores gradientes dos aparelhos de RM a partir da década de 2000, os estudos passam a avaliar as alterações pós-ganglionares^{66,76,77}, demonstrando resultados superiores àqueles publicados previamente na literatura. No presente estudo, os resultados de acurácia de 93,9% no diagnóstico de lesão do plexo braquial, com sensibilidade de 100%, corroboraram os achados da literatura e confirmaram a boa eficácia do método neste diagnóstico, com baixo índice de falsos positivos (6,0%).

Neste estudo, avaliamos as acurácias diagnósticas nas diferentes porções do plexo (superior, médio e inferior), sendo maior no plexo superior quando comparada com as acurácias encontradas nos plexos médio e inferior, que são apenas razoáveis. Uma hipótese que justifique esta diferença pode ser o maior número de lesões encontradas no plexo superior durante a cirurgia, ou seja, a uma maior amostragem.

A utilização da neurografia DW para avaliação dos nervos do plexo braquial foi descrita entre 2007 e 2008^{12,78,79}. Esta técnica potencializa a visualização das estruturas nervosas por meio do aumento do contraste entre o nervo e as estruturas adjacentes, devido aos menores valores de ADC dos nervos em relação aos tecidos circunjacentes. Isto permite avaliação em

imagens MIP, permitindo que os nervos sejam estudados em longos trajetos. A neurografia DW permite excelente visualização da porção supraclavicular do plexo braquial e apenas boa visualização do plexo infraclavicular devido à sobreposição das estruturas neurais. A avaliação dos segmentos pré-ganglionares do plexo braquial é deficiente, devido ao pequeno calibre destas estruturas e variações no fluxo liquórico^{12,80}.

Neste estudo, foram utilizados gradientes unidirecionais no sentido anteroposterior na aquisição das imagens de difusão, ou seja, perpendicular à trajetória dos nervos do plexo braquial. Isto possibilita a obtenção de um maior sinal dos nervos, pois o trajeto dos nervos é no sentido laterolateral e a difusão é prejudicada no sentido perpendicular ao nervo. Anteriormente, foi demonstrada a superioridade da neurografia DW com gradiente unidirecional na avaliação do plexo sacral, em relação aos gradientes multidirecionais, sujeitos a distorções em múltiplos planos^{81,82}.

O valor b da sequência DW indica a magnitude e a duração dos gradientes utilizados para gerar a imagem pesada em difusão. Quanto maior o valor b , maior o efeito de difusão. No cérebro, por exemplo, os valores b são estipulados em torno de 1.000 s/mm^2 . Foi demonstrado que menores valores b permitem um maior contraste entre os nervos e os tecidos circunjacentes, especificamente em torno de 500 s/mm^2 ⁸³. A redução do b abaixo deste valor determina uma maior influência do sinal T2 sobre a imagem, porém, em teoria, pode aumentar o contraste entre os nervos e os tecidos circunjacentes. Por esta razão, optamos por realizar a obtenção das imagens em difusão do nosso estudo com valor b de 200 s/mm^2 , que possibilitou um alto contraste dos nervos com as estruturas adjacentes, inclusive nas reformatações MIP.

A principal aplicação, descrita anteriormente, da neurografia DW no plexo braquial foi na avaliação das patologias tumorais^{80,84}. Demonstramos que, na avaliação das lesões traumáticas do plexo braquial, o uso da neurografia DW em conjunto com as sequências usuais de RM apresenta melhor correlação com a cirurgia e maior correlação interobservador, quando comparada com o uso isolado das sequências normais de RM. Apesar disto, as sensibilidades e as acurácias entre a RM convencional e a RM com neurografia DW são

semelhantes. Encontramos maiores especificidades para a RM com neurografia DW na avaliação das lesões em continuidade e lesões em geral para o plexo braquial inteiro, comparadas com as sequências convencionais apenas.

O tempo de aquisição da neurografia DW em nosso estudo foi de 7 minutos e 51 segundos, devendo se levar em conta este tempo ao acrescentar esta sequência no protocolo de avaliação do plexo braquial. Acreditamos que o ganho obtido com os resultados de maior correlação com a cirurgia e menores variações interobservadores compensam o aumento do tempo. Além disto, supomos que o uso da neurografia DW possa proporcionar uma curva de aprendizado mais rápida na avaliação por RM do plexo braquial pós-traumático para os médicos em formação.

Os nossos exames foram realizados em magnetos de 1,5T. Curiosamente, a conspicuidade visual dos nervos do plexo braquial nas reconstruções MIP de neurografias DW é menor no aparelho 3,0T, quando comparado ao aparelho 1,5T⁸². Além disto, a supressão de gordura na região do pescoço é mais difícil de ser realizada no aparelho de 3,0T^{85,86}, o que, teoricamente, comprometeria ainda mais a conspicuidade visual dos nervos na neurografia DW. Todavia, a visualização dos nervos do plexo braquial nas sequências FSE T1 e T2 com saturação de gordura é superior no aparelho 3,0T, comparado ao 1,5T^{87,88}. Desta forma, não é possível concluir qual intensidade de campo é mais indicada para se realizar a RM do plexo braquial pós-traumático, necessitando-se de estudos específicos para fazer esta comparação. Entretanto, em nosso estudo, observamos que o magneto de 1,5T apresenta alta acurácia diagnóstica, especialmente com a utilização da neurografia DW. Isto é relevante em nosso meio, pois a relação de aparelhos 1,5T *versus* 3,0T disponíveis no Brasil é de 32:1, segundo levantamento de 2014 (Tabela 18). Ademais, o magneto de 1,5T é o aparelho de RM que mais cresce em número percentual de vendas desde 2012 no Brasil.

Tabela 18 – Comparação percentual dos aparelhos de RM existentes no Brasil – de 2008 a 2014

Magneto	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
<1.5T	13%	11%	12%	4%	2%	0%	0%
1.5T	85%	84%	83%	93%	92%	97%	97%
3.0T	2%	5%	5%	3%	6%	3%	3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mercado Brasil - RM (US\$.000)	140.606	155.160	146.200	217.714	218.629	272.553	295.076

(Fontes: Mercado de RM no Brasil – COCIR e Dados de importação – DECEX)

Para a avaliação da capacidade da RM em diferenciar os subtipos de lesões do plexo braquial, utilizamos a classificação macroscópica de lesão neural, que pode não ter correlação funcional, especialmente nos graus intermediários de lesão. Nestes casos, geralmente, observamos espessamento e elevação do sinal à RM, o que neste estudo convencionamos de lesão em continuidade. Este tipo de lesão pode apresentar graus variados de comprometimento axonal, desde neuropraxia até neurotmeze, não fornecendo informações a respeito da real situação patológica do nervo. Além disto, o grau de lesão pode variar ao longo da espessura de um nervo em particular. Nos casos de solução de continuidade completa do nervo, ou seja, avulsões e rupturas, a correlação funcional e patológica é fidedigna. É sabido que, do ponto de vista funcional, as lesões acometendo pacientes mais jovens e segmentos mais distais do plexo braquial têm um prognóstico melhor do que aquelas de pacientes mais velhos em segmentos mais proximais, informações estas também importantes na determinação da conduta. Sob a ótica da eletrofisiologia, a ausência de uma resposta elétrica não necessariamente corresponde à transecção completa, assim como a presença da resposta elétrica por até duas semanas pode ocorrer mesmo na lesão completa do nervo. O papel mais importante da RM está na possibilidade de determinar características da lesão e não somente apenas a presença ou ausência dessa.

Yang⁹ descreveu o aspecto patológico dos subtipos de lesões na cirurgia, avaliando os principais achados associados com cada subtipo. Em nosso estudo, a RM com e sem a neurografia DW apresenta alta sensibilidade no

diagnóstico das avulsões e rupturas. Apesar da RM com neurografia DW ser significativamente mais específica que a convencional, observamos que a RM, em geral, não é capaz de diagnosticar com precisão as lesões em continuidade. Houve uma discrepância entre a frequência de lesões em continuidade e avulsões na cirurgia em relação à RM, mas não em relação às rupturas. As lesões em continuidade correspondiam a cerca de 49% das lesões na cirurgia e 18% na RM, enquanto as avulsões constituíam 46% das lesões na cirurgia e 22% na RM. As rupturas, por sua vez, representavam 4% das lesões cirúrgicas e 3% das lesões na imagem. Por critérios metodológicos, resolvemos classificar as alterações neurais em um segmento a jusante de uma ruptura ou avulsão utilizando os termos ausência de caracterização e espessamento e/ou elevação do sinal do nervo, cujas frequências foram de 21% e 23%, respectivamente. A presença destas alterações associou-se intimamente à frequência das lesões de espessura total, corroborando nossa hipótese de que correspondam a repercussões a jusante da lesão. É importante enfatizar que a não caracterização foi observada apenas na RM, devendo indicar uma perda do sinal T2 e das propriedades de difusão do nervo distalmente a uma avulsão, ao passo que o espessamento evidenciado na imagem pode significar uma repercussão a montante, como retração, fibrose e, até mesmo, uma extensão distal da lesão, mas também pode indicar uma lesão diferente ocorrendo distalmente à avulsão. Foi descrito previamente que a maioria das avulsões pré-ganglionares encontrada na cirurgia se manifesta na RM como lesões em continuidade, ou seja, espessamento do nervo pós-ganglionar⁹. Esta observação converge com as deste estudo, porém são necessários estudos anatomopatológicos para comprovar nossa teoria. Embora este estudo se debruce na discriminação entre transecção completa e incompleta dos nervos, também há necessidade de estudos para refinamento dos tipos de lesão, sobretudo na diferenciação entre neuropraxia, axoniotmese e neurotmese.

Topograficamente, os resultados de RM deste estudo coincidem com os de Dubuisson⁵³, evidenciando que a maioria das lesões acomete todo o plexo (C5-C6-C7-C8-T1), seguido do acometimento isolado de C5-C6. Enquanto a lesão total do plexo indica um prognóstico funcional ruim, a lesão de C5-C6

apresenta melhor evolução quando comparada com os outros tipos de lesões proximais. A totalidade dos pacientes incluídos neste estudo sofreu um acidente motociclístico. Neste tipo de acidente, as lesões supraclaviculares são mais comuns, pois, no momento da queda da motocicleta, o ombro do indivíduo se impacta ao chão e a cabeça é desviada para o lado contralateral. Este alargamento súbito do ângulo formado pelo pescoço e o ombro causa tração severa nas raízes proximais do plexo braquial. Também foi descrito anteriormente que a maioria das lesões secundárias a acidentes automobilísticos acometia o nível infraclavicular⁸⁹. Desta maneira, o predomínio de lesões secundárias a acidentes com motocicletas neste estudo deve explicar a maior frequência de lesões totais do plexo braquial e a baixa incidência de lesões infraclaviculares.

A frequência de lesões pós-ganglionares encontrada na cirurgia foi discretamente maior que a das pré-ganglionares (53% contra 47%). Estes dados diferem da literatura, que mostra uma relação de 70% a 30% a favor das lesões pré-ganglionares^{37,56,90,91}. É necessário destacar que os magnetos utilizados nesses estudos mais antigos não permitiam uma adequada identificação dos nervos pós-ganglionares e, portanto, esses dados devem indicar um subdiagnóstico das lesões pós-ganglionares nos estudos prévios.

As pseudomeningoceles surgem por meio de lesões das membranas durais e aracnoides pelo mecanismo de tração, sendo um sinal indireto de avulsão nervosa^{1,92}. No entanto, o seu achado não é patognomônico^{46,93,94}, sendo que encontramos um caso sem associação com avulsão das raízes intradurais. Além disto, em 56% das avulsões, não havia a formação da pseudomeningocele, especialmente no forame de C4-C5, em que não foi observada nenhuma pseudomeningocele. A nossa frequência de avulsão sem pseudomeningocele é maior que a observada na literatura, que varia de 12 a 20%^{9,95}.

Em dois pacientes, não foram observadas lesões no intraoperatório. Em um destes pacientes, o exame clínico era compatível com lesão do fascículo posterior, sendo observada à RM uma lesão em continuidade do fascículo posterior. No outro paciente, a clínica indicava lesão dos troncos médio e

inferior, e a RM demonstrou lesão em continuidade do tronco inferior, das divisões correspondentes e do fascículo medial. As lesões infraclaviculares do plexo braquial são menos comuns que as supraclaviculares, correspondendo a cerca de 12-20% das lesões do plexo braquial^{34,96}. As lesões infraclaviculares acometendo o fascículo medial são mais raras ainda, e com prognóstico de recuperação discutível e resultados cirúrgicos piores⁹⁷⁻¹⁰⁰. Neste estudo, foram observadas apenas estas duas lesões infraclaviculares à RM, correspondendo a 6,1% dos casos. Em nossa série, a abordagem cirúrgica padronizada foi a supraclavicular¹⁰¹, dificultando a avaliação do plexo infraclavicular o que, na nossa opinião, foi o motivo destas lesões não serem identificadas na cirurgia. Além disto, a abordagem do plexo inferior foi impossibilitada em quatro casos por dificuldades técnicas.

A indicação cirúrgica de lesões fechadas do plexo braquial em fases precoces é complexa e controversa, pois cerca de 40% dos adultos com perda motora completa por lesão de C5 e C6 recuperam-se espontaneamente até um nível funcional útil em 3-4 meses^{6,45}. Portanto, nesse grupo de pacientes, a cirurgia precoce pode impedir uma recuperação espontânea. No entanto, na cirurgia tardia, a lesão das placas motoras já pode ter ocorrido e a recuperação pós-cirúrgica pode ser pior. É necessário, então, reconhecer os fatores que possam diminuir a chance de uma recuperação espontânea. Existem fatores epidemiológicos, como o acometimento dos plexos superior e médio que reduz para 15% a chance de recuperação, enquanto a lesão completa do plexo reduz a chance para 5%¹⁰². A presença de avulsões também indica um pior potencial de recuperação. Além disto, diante da necessidade cirúrgica, a presença de avulsão é indicação de uma transferência de nervo, enquanto as rupturas e as lesões em continuidade podem ser tratadas com neurólise, sutura e enxertia. Portanto, a identificação correta da topografia e da característica morfológica da lesão é de extrema importância para se indicar o melhor tratamento. Demonstramos que a RM com neurografia DW apresenta alta correlação com os achados operatórios. Ainda, a acurácia da RM (com neurografia DW e convencional) é alta na avaliação global do plexo.

Dezesseis pacientes apresentaram lesões associadas (48,4%), especialmente fraturas. As fraturas da clavícula foram as mais frequentes e não houve associação com a gravidade da lesão do plexo braquial ($p=0,483$). A literatura reporta resultados semelhantes com uma frequência variável de lesões associadas (38% a 75%), porém existem estudos que associam a presença de uma lesão associada a um quadro mais grave do plexo braquial^{5,53,103,93,104}. As lesões vasculares são descritas como sendo mais associadas às lesões infraclaviculares do plexo, presentes em 3% a 17% dos casos⁵. O fato de não encontrarmos lesões vasculares associadas pode ser interpretado pela baixa incidência de lesões infraclaviculares.

Em nossa série, o edema e atrofia da musculatura paravertebral ipsilateral ao lado da lesão do plexo apresentou associação com as lesões mais graves do plexo ($p=0,014$), ou seja, lesão do plexo com, pelo menos, um nervo com solução de continuidade completa. Uetani e Hayashi descreveram o edema da musculatura paravertebral como um sinal de lesão avulsiva pré-ganglionar^{105,106}, correspondendo à denervação muscular secundária à lesão do ramo medial do nervo espinal dorsal. O acometimento mais leve do nervo, a neuropraxia, não se acompanha de denervação muscular regional¹⁰⁷. Obtivemos resultados semelhantes à literatura em relação à denervação muscular paravertebral, indicando que este é um achado de imagem associado à maior gravidade da lesão neural.

No entanto, a denervação muscular da cintura escapular ipsilateral ao lado da lesão do plexo mostrou-se presente em 90,9% dos casos e não apresentou associação com as lesões mais graves do plexo ($p=0,593$). Estes músculos são, em geral, inervados pelos ramos terminais do plexo braquial e sua denervação deve estar mais associada à deficiência na regeneração da lesão neural do que à sua gravidade. A descrição da denervação muscular da cintura escapular à RM e sua ausência de associação com a gravidade da lesão do plexo não foi observada previamente na literatura.

Em estudos prévios, foi demonstrado que o exame clínico isolado não demonstra o sítio correto da lesão do plexo braquial em até 57% dos casos e, quando associado com a eletroneuromiografia, a topografia correta da lesão

não é constatada em até 55% dos casos^{48,108}. Também são comuns discrepâncias entre os achados clínicos e eletroneuromiográficos^{109,110}, pois a eletroneuromiografia realiza o diagnóstico correto da lesão do plexo braquial em apenas 64% dos casos de acordo com Yaar¹¹¹. Narakas e Siqueira, ao contrário, estabelecem que o exame clínico permite o diagnóstico correto da lesão do plexo braquial em até 90% dos casos^{44,45}. Em nossa série, encontramos altas sensibilidades e acurácias, e baixas especificidades do exame clínico no diagnóstico das lesões em todas as porções do plexo braquial. Entretanto, a RM com neurografia DW apresentou maior acurácia que o exame clínico no diagnóstico de lesão no plexo braquial ($p < 0,05$).

Reconhecemos as limitações do nosso estudo. Em primeiro lugar, a via de acesso cirúrgica escolhida, a supraclavicular, pode influenciar negativamente no diagnóstico cirúrgico das lesões infraclaviculares. Segundo, o tempo médio entre a realização do exame de RM e a cirurgia de 52 dias é considerado alto para uma correlação mais fidedigna. Terceiro, não utilizamos exames neurofisiológicos, que são adjuvantes para as demais modalidades diagnósticas e poderiam fornecer subsídios funcionais e topográficos para o diagnóstico inicial e no intraoperatório, além de ser um instrumento na determinação do prognóstico das lesões do plexo braquial.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

1. A RM apresenta alta acurácia, alta sensibilidade e baixa especificidade no diagnóstico das lesões traumáticas do plexo braquial.
2. O uso da sequência neurográfica pesada em difusão no exame de RM fornece uma maior correlação com os resultados cirúrgicos e maiores correlações interobservadores comparada com o exame de RM sem uso desta técnica. No entanto, as acurácias diagnósticas são semelhantes.
3. A RM apresenta alta acurácia e sensibilidade no diagnóstico da avulsão / ruptura e alta especificidade no diagnóstico da lesão em continuidade do plexo braquial.
4. A RM apresenta acurácia significativamente maior que o exame clínico no diagnóstico das lesões traumáticas do plexo braquial.

8 Perspectivas Futuras

8 PERSPECTIVAS FUTURAS

1. Correlacionar a RM com os exames neurofisiológicos na avaliação inicial pela eletroneuromiografia e estudos de condução nervosa; e o registro de potenciais de ação nervosa e dos potenciais evocados somatossensoriais no intraoperatório.
2. Desenvolvimento da técnica *tensor de difusão* na avaliação da lesão traumática do plexo braquial, com objetivo de diferenciar uma lesão neural pós-ganglionar com solução de continuidade completa ou incompleta, ou seja, diferenciar a ruptura da lesão em continuidade.
3. Avaliar se a neurografia DW pode fornecer algum dado prognóstico em relação à recuperação funcional do paciente, tentando correlacionar os seus achados com as classificações de Seddon e Sunderland. Desta forma, poder-se-ia operar precocemente aqueles pacientes que não fossem recuperar a sua função motora de forma significativa e reservar o tratamento conservador aos pacientes que tivessem um bom prognóstico de recuperação.

9 ANEXOS

9.1 ANEXO A - Dados demográficos dos pacientes: gênero, idade, peso, altura e índice de massa corpórea (IMC)

PACIENTE	GÊNERO	IDADE (anos)	PESO (kg)	Altura (cm)	IMC
1	M	34	70	164	26
2	M	19	117	181	35,7
3	M	26	67	176	21,6
4	M	28	89	175	29
5	M	20	76	175	24,8
6	M	25	60	169	21
7	M	24	66	158	26,4
8	M	46	57	167	20,4
9	M	24	93	168	32,9
10	M	38	82	174	27
11	M	38	68	160	26,5
12	M	46	76	171	25,9
13	M	54	71	160	27,7
14	M	53	84	168	29,7
15	M	24	58	164	21,5
16	M	31	74	165	27,1
17	M	34	75	161	28,9
18	M	45	72	173	24
19	M	25	86	177	27,4
20	M	35	84	170	29
21	M	17	59	164	21,9
22	M	22	57	169	19,9
23	M	21	60	170	20,7
24	M	42	79	176	25,5
25	M	27	81	183	24,1
26	M	32	70	157	28,3
27	M	31	88	177	28
28	M	43	64	151	28
29	M	36	73	186	21,1
30	M	51	84	184	24,8
31	M	19	60	176	19,3
32	M	35	80	178	25,2

9.2 ANEXO B - Resultados dos exames clínicos para todos os pacientes, de acordo com a localização. (0 = exame clínico normal; 1 = exame clínico alterado)

Paciente	Lado	PLEXO SUPERIOR	PLEXO MÉDIO	PLEXO INFERIOR
1	Direito	1	1	0
2	Direito	1	1	1
3	Esquerdo	1	0	0
4	Direito	1	1	1
5	Esquerdo	1	1	1
6	Direito	1	1	0
7	Esquerdo	1	1	1
8	Direito	1	0	0
9	Direito	1	1	1
10	Esquerdo	1	1	1
11	Esquerdo	1	1	1
12	Direito	1	1	1
13	Esquerdo	1	1	0
14	Esquerdo	1	1	1
15	Esquerdo	0	1	1
16	Esquerdo	1	1	1
17	Esquerdo	1	1	1
18	Esquerdo	1	1	1
19	Esquerdo	1	1	0
20	Esquerdo	1	0	0
21	Esquerdo	1	1	1
22	Esquerdo	1	1	1
23	Direito	1	1	0
24	Esquerdo	1	1	1
25	Direito	1	0	0
26	Esquerdo	1	1	1
27	Esquerdo	1	1	1
28	Esquerdo	1	1	0
29	Direito	1	1	1
30	Esquerdo	1	1	1
31	Direito	1	1	0
32	Esquerdo	1	1	0
33	Direito	1	1	1

9.3 ANEXO C - Achados de exames pelo Avaliador 1

Paciente	Lado	Plexo Superior			Plexo Médio		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	1	0	0	1	0	0
2	Direito	1	0	0	0	0	0
3	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
4	Direito	1	0	0	0	1	0
5	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
6	Direito	0	1	1	0	1	0
7	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
8	Direito	0	1	0	0	1	0
9	Direito	0	1	0	0	1	0
10	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
11	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
12	Direito	0	1	1	0	1	0
13	Esquerdo	0	1	0	0	0	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
15	Esquerdo	0	0	0	0	0	0
16	Esquerdo	0	1	1	0	1	0
17	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
18	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
19	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
20	Esquerdo	0	1	0	0	1	1
21	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
22	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
23	Direito	0	1	1	0	1	0
24	Esquerdo	0	1	1	0	0	0
25	Direito	0	1	0	0	1	0
26	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
27	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
28	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
29	Direito	0	0	1	0	1	0
30	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
31	Direito	0	1	0	0	1	0
32	Esquerdo	0	1	0	0	0	0
33	Direito	0	0	1	0	1	1

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

Paciente	Lado	Plexo Inferior			Plexo Total		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	0	0	0	2	0	0
2	Direito	0	0	0	1	0	0
3	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
4	Direito	0	1	0	1	2	0
5	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
6	Direito	0	0	0	0	2	1
7	Esquerdo	1	0	0	1	2	0
8	Direito	1	0	0	1	2	0
9	Direito	1	0	0	1	2	0
10	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
11	Esquerdo	0	1	0	2	1	0
12	Direito	0	1	0	0	3	1
13	Esquerdo	0	0	0	0	1	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
15	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
16	Esquerdo	1	0	0	1	2	1
17	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
18	Esquerdo	0	1	6	0	3	6
19	Esquerdo	0	0	0	0	2	0
20	Esquerdo	0	0	0	0	2	1
21	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
22	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
23	Direito	0	1	0	0	3	1
24	Esquerdo	0	0	0	0	1	1
25	Direito	0	0	0	0	2	0
26	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
27	Esquerdo	0	1	1	0	3	1
28	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
29	Direito	0	1	0	0	2	1
30	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
31	Direito	0	0	0	0	2	0
32	Esquerdo	0	0	0	0	1	0
33	Direito	0	1	0	0	2	2

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

9.4 ANEXO D - Achados detalhados por topografia pelo Avaliador 1

	Raízes Intradurais										Raízes					Troncos		
	C5		C6		C7		C8		T1		C5	C6	C7	C8	T1	Superior	Médio	Inferior
	Ventral	Dorsal	Ventral	Dorsal	Ventral	Dorsal	Ventral	Dorsal	Ventral	Dorsal								
Avulsão	13	12	18	17	20	22	13	14	8	7								
Pseudomeníngeocele	0		5		15		9		4									
Ruptura											2	2	1	1	2	2	1	1
Lesão-em-continuidade	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	7	9	3	3	3	7	4	4
Não caracterizado											12	17	21	13	8	13	14	6
Espessamento (Retração)											1	1	1	1	1	8	8	8
Normal	20	21	15	15	12	11	20	19	25	25	11	4	7	15	19	3	6	14
TOTAL	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Nota: TS=Tronco superior; TM=Tronco médio; TI=Tronco inferior

	Divisões						Fascículos			Nervos Principais				
	TS		TM		TI		Lateral	Posterior	Medial	Musculocutâneo	Axilar	Mediano	Radial	Ulnar
	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior	Anterior	Posterior								
Avulsão														
Pseudomeníngeocele														
Ruptura	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lesão-em-continuidade	4	3	1	2	4	4	3	2	4	0	1	0	0	0
Não caracterizado	2	3	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Espessamento (Retração)	14	13	12	13	11	10	6	8	7	0	0	0	0	0
Normal	13	14	17	15	17	18	24	23	22	33	32	33	33	33
TOTAL	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Nota: TS=Tronco superior; TM=Tronco médio; TI=Tronco inferior

9.5 ANEXO E - Achados de exames pelo Avaliador 2

Paciente	Lado	Plexo Superior			Plexo Médio		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	1	0	0	1	0	0
2	Direito	1	0	0	0	0	0
3	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
4	Direito	1	0	0	0	1	0
5	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
6	Direito	0	1	1	0	1	0
7	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
8	Direito	0	1	0	0	1	0
9	Direito	0	1	0	0	1	0
10	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
11	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
12	Direito	0	1	1	0	1	0
13	Esquerdo	0	1	0	0	0	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
15	Esquerdo	0	0	0	0	0	0
16	Esquerdo	0	1	1	0	1	0
17	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
18	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
19	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
20	Esquerdo	0	1	0	0	1	1
21	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
22	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
23	Direito	0	1	1	0	1	0
24	Esquerdo	0	1	1	0	0	0
25	Direito	0	1	0	0	1	0
26	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
27	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
28	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
29	Direito	0	0	1	0	1	0
30	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
31	Direito	0	1	0	0	1	0
32	Esquerdo	0	1	0	0	0	0
33	Direito	0	0	1	0	1	1

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

Paciente	Lado	Plexo Inferior			Plexo Total		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	0	0	0	2	0	0
2	Direito	0	0	0	1	0	0
3	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
4	Direito	0	1	0	1	2	0
5	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
6	Direito	0	0	0	0	2	1
7	Esquerdo	1	0	0	1	2	0
8	Direito	1	0	0	1	2	0
9	Direito	1	0	0	1	2	0
10	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
11	Esquerdo	0	1	0	2	1	0
12	Direito	0	1	0	0	3	1
13	Esquerdo	0	0	0	0	1	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
15	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
16	Esquerdo	1	0	0	1	2	1
17	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
18	Esquerdo	0	1	6	0	3	6
19	Esquerdo	0	0	0	0	2	0
20	Esquerdo	0	0	0	0	2	1
21	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
22	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
23	Direito	0	1	0	0	3	1
24	Esquerdo	0	0	0	0	1	1
25	Direito	0	0	0	0	2	0
26	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
27	Esquerdo	0	1	1	0	3	1
28	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
29	Direito	0	1	0	0	2	1
30	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
31	Direito	0	0	0	0	2	0
32	Esquerdo	0	0	0	0	1	0
33	Direito	0	1	0	0	2	2

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

9.6 ANEXO F - Achados de exames pelo Avaliador 3

Paciente	Lado	Plexo Superior			Plexo Médio		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	1	0	0	1	0	0
2	Direito	1	0	0	0	0	0
3	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
4	Direito	1	0	0	0	1	0
5	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
6	Direito	0	1	0	0	1	0
7	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
8	Direito	1	0	0	0	1	0
9	Direito	0	1	0	0	1	0
10	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
11	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
12	Direito	0	1	0	0	1	0
13	Esquerdo	0	1	0	0	0	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
15	Esquerdo	0	0	0	0	0	0
16	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
17	Esquerdo	0	1	1	0	1	0
18	Esquerdo	1	0	0	0	1	0
19	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
20	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
21	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
22	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
23	Direito	0	1	0	0	1	0
24	Esquerdo	0	0	1	1	0	0
25	Direito	0	1	0	0	1	0
26	Esquerdo	1	1	0	1	0	0
27	Esquerdo	0	1	1	0	0	1
28	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
29	Direito	0	1	0	0	1	0
30	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
31	Direito	0	1	0	0	1	0
32	Esquerdo	0	1	0	0	0	0
33	Direito	0	0	1	0	0	1

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

Paciente	Lado	Plexo Inferior			Plexo Total		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	0	0	0	2	0	0
2	Direito	0	0	0	1	0	0
3	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
4	Direito	0	1	0	1	2	0
5	Esquerdo	0	0	0	2	0	0
6	Direito	1	0	0	1	2	0
7	Esquerdo	1	0	0	1	2	0
8	Direito	1	0	0	2	1	0
9	Direito	1	0	0	1	2	0
10	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
11	Esquerdo	0	1	0	2	1	0
12	Direito	0	1	0	0	3	0
13	Esquerdo	0	0	0	0	1	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
15	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
16	Esquerdo	1	0	0	1	2	0
17	Esquerdo	0	1	0	0	3	1
18	Esquerdo	0	1	0	1	2	0
19	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
20	Esquerdo	0	0	0	0	2	0
21	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
22	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
23	Direito	0	1	0	0	3	0
24	Esquerdo	1	0	0	2	0	1
25	Direito	0	0	0	0	2	0
26	Esquerdo	0	1	0	2	2	0
27	Esquerdo	0	1	0	0	2	2
28	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
29	Direito	0	1	0	0	3	0
30	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
31	Direito	0	0	0	0	2	0
32	Esquerdo	0	0	0	0	1	0
33	Direito	0	1	0	0	1	2

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

9.7 ANEXO G - Achados de exames pelo Cirurgião

Paciente	Lado	Plexo Superior			Plexo Médio		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	1	0	0	0	0	0
2	Direito	1	0	0	1	0	0
3	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
4	Direito	0	1	0	0	1	0
5	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
6	Direito	0	0	1	0	1	0
7	Esquerdo	0	1	1	0	1	0
8	Direito	1	0	0	1	0	0
9	Direito	1	0	0	1	0	0
10	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
11	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
12	Direito	1	0	0	0	0	0
13	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
15	Esquerdo	0	0	0	0	0	0
16	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
17	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
18	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
19	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
20	Esquerdo	0	1	0	1	0	0
21	Esquerdo	0	0	1	1	0	0
22	Esquerdo	0	0	0	0	0	0
23	Direito	1	0	0	0	1	0
24	Esquerdo	1	0	0	1	0	0
25	Direito	1	0	0	0	0	0
26	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
27	Esquerdo	0	1	0	0	1	0
28	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
29	Direito	0	1	0	1	0	0
30	Esquerdo	0	1	0	0	0	0
31	Direito	0	1	0	0	1	0
32	Esquerdo	1	0	0	0	0	0
33	Direito	0	1	0	0	0	0

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

Paciente	Lado	Plexo Inferior			Plexo Total		
		Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura	Lesão-em-continuidade	Avulsão	Ruptura
1	Direito	0	0	0	1	0	0
2	Direito	0	0	0	2	0	0
3	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
4	Direito	0	1	0	0	3	0
5	Esquerdo	0	0	0	2	0	0
6	Direito	0	0	0	0	1	1
7	Esquerdo	1	0	0	1	2	1
8	Direito	0	0	0	2	0	0
9	Direito	0	1	0	2	1	0
10	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
11	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
12	Direito	0	0	0	1	0	0
13	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
14	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
15	Esquerdo	0	0	0	0	0	0
16	Esquerdo	1	0	0	1	2	0
17	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
18	Esquerdo	0	0	0	0	2	0
19	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
20	Esquerdo	0	0	0	1	1	0
21	Esquerdo	0	0	0	1	0	1
22	Esquerdo	0	0	0	0	0	0
23	Direito	0	1	0	1	2	0
24	Esquerdo	1	0	0	3	0	0
25	Direito	0	0	0	1	0	0
26	Esquerdo	0	1	0	0	3	0
27	Esquerdo	0	0	0	0	2	0
28	Esquerdo	0	0	0	1	0	0
29	Direito	1	0	0	2	1	0
30	Esquerdo	NA			0	1	0
31	Direito	NA			0	2	0
32	Esquerdo	NA			1	0	0
33	Direito	NA			0	1	0

Nota: 0=Ausência do achado, 1=Presença do achado. No plexo total, foram mantidas as somas dos achados observados nos plexos superior, médio e inferior (Ex: 3=achados observados nas 3 porções do plexo braquial – superior, médio e inferior; 2=achados observados em 2 porções do plexo braquial).

10 Referências

10 REFERÊNCIAS

1. Rankine JJ. Adult traumatic brachial plexus injury. *Clin Radiol*. 2004 Sep;59(9):767-74.
2. Terzis JK, Kostopoulos VK. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast Reconstr Surg*. 2007 Apr 1;119(4):73e-92e.
3. Limthongthang R, Bachoura A, Songcharoen P, Osterman AL. Adult brachial plexus injury: evaluation and management. *Orthop Clin North Am*. 2013 Oct;44(4):591-603.
4. Rezende M, Silva G, Paula E, Mattar Junior R, Camargo O. What has changed in brachial plexus surgery? *Clinics*. 2013 Mar 31;68(3):411-8.
5. Faglioni W, Siqueira MG, Martins RS, Heise CO, Foroni L. The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis. *Acta Neurochir*. 2014 May;156(5):1025-8.
6. Alnot JY. Traumatic brachial plexus lesions in the adult. Indications and results. *Hand Clin*. 1995 Nov;11(4):623-31.
7. Siqueira MG, Martins RS, Socolovsky M. Mecanismo das lesões traumáticas do plexo braquial em adultos. In: Siqueira MG, Martins RS, editors. *Lesões do plexo braquial*. 1st ed. Rio de Janeiro, RJ - Brasil: DiLivros; 2011. p. 37-48.
8. Kaiser R, Waldauf P, Haninec P. Types and severity of operated supraclavicular brachial plexus injuries caused by traffic accidents. *Acta Neurochir*. 2012 Jul;154(7):1293-7.
9. Yang J, Qin B, Fu G, Li P, Zhu Q. Modified pathological classification of brachial plexus root injury and its MR imaging characteristics. *J Reconstr Microsurg*. 2014;30:171-8.
10. Giuffre JL, Kakar S, Kakar S, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY. Current concepts of the treatment of adult brachial plexus injuries. *J Hand Surg Am*. 2010 Apr;35(4):678-88; quiz 688.
11. Yoshikawa T, Hayashi N, Yamamoto S, Tajiri Y, Yoshioka N, Masumoto T, et al. Brachial plexus injury: clinical manifestations, conventional imaging findings, and the latest imaging techniques. *Radiographics*. 2006 Oct;26(Suppl 1):S133-43.

12. Takahara T, Hendrikse J, Yamashita T, Kwee TC, Imai Y, Luijten PR. Neurography of the brachial. *Radiology*. 2008;249(2):653-60.
13. 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 Oct;81(10):2666-72.
14. Awad IA. Galen's anecdote of the fallen sophist: on the certainty of science through anatomy. *J Neurosurg*. 1995 Nov;83(5):929-32.
15. da Vinci L, Keele K, Roberts J. *Leonardo da Vinci, anatomical drawings from the Royal Library, Windsor Castle*. 1st ed. New York, NY: Metropolitan Museum of Art; 1983.
16. Siqueira MG, Martins RS. Aspectos históricos da cirurgia do plexo braquial. In: Siqueira MG, Martins RS, editors. *Lesões do plexo braquial*. 1st ed. Rio de Janeiro, RJ - Brasil: DiLivros; 2011. p. 3-6.
17. Thorburn W. A Clinical lecture on secondary suture of the brachial plexus. *Br Med J*. 1900;1:1073-5.
18. Brooks DM. Open wounds of the brachial plexus. In: Seddon HJ, editor. *Peripheral nerve injuries*. London, UK: HMSO; 1954. p. 418-29.
19. Seddon HJ. Nerve grafting. *Ann R Coll Surg Engl*. 1963;32:269-80.
20. Hodes R, Larrabee MG, German W. The human electromyogram in response to nerve stimulation and the conduction velocity of motor axons; studies on normal and on injured peripheral nerves. *Arch Neurol Psychiatry*. 1948;60(4):340-65.
21. Murphey F, Hartung W, Kirklin JW. Myelographic demonstration of avulsing injury of the brachial plexus. *Am J Roentgenol Radium Ther*. 1947 Jul;58(1):102-5.
22. Dawson GD, Scott JW. The Recording of nerve action potentials through skin in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1949;12:259-67.
23. Bonney G. Prognosis in traction lesions of the brachial plexus. *J Bone Jt Surg Br*. 1959;41-B(1):4-35.
24. Yeoman PM, H.J. S. Brachial plexus injuries: treatment of the flail arm. *J Bone Jt Surg Br*. 1961;43-B:1961.
25. Millesi H, Meissl G, Berger A. The interfascicular nerve-grafting of the median and ulnar nerves. *J Bone Joint Surg Am*. 1972 Jun;54(4):727-50.

26. Millesi H, Meissl G, Berger A. Further experience with interfascicular grafting of the median, ulnar, and radial nerves. *J Bone Joint Surg Am*. 1976 Mar;58(2):209–18.
27. Narakas A. [Indications and results of direct surgical treatment in lesions caused by stretching of the brachial plexus. I. Indications for direct surgical treatment]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1977;63(1):88–106.
28. Narakas A. Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus. *Clin Orthop Relat Res*. 1978 Jun;(133):71-90.
29. Kline DG, Nulsen FE. The neuroma in continuity. Its preoperative and operative management. *Surg Clin North Am*. 1972 Oct;52(5):1189-209.
30. Sedel L. Repair of severe traction lesions of the brachial plexus. *Clin Orthop Relat Res*. 1988 Dec;(237):62-6.
31. Comtet JJ, Sedel L, Fredenucci JF, Herzberg G. Duchenne-Erb palsy. Experience with direct surgery. *Clin Orthop Relat Res*. 1988 Dec;(237):17-23.
32. Brunelli G, Monini L. Neurotization of avulsed roots of brachial plexus by means of anterior nerves of cervical plexus. *Clin Plast Surg*. 1984 Jan;11(1):149-52.
33. Jamieson A, Hughes S. The role of surgery in the management of closed injuries to the brachial plexus. *Clin Orthop Relat Res*. 1980;(147):210-5.
34. Moran SL, Steinmann SP, Shin AY. Adult brachial plexus injuries: mechanism, patterns of injury, and physical diagnosis. *Hand Clin*. 2005;21:13-24.
35. Alnot JY. Traumatic brachial plexus palsy in the adult. Retro- and infraclavicular lesions. *Clin Orthop Relat Res*. 1988 Dec;237(237):9-16.
36. Birch R. Injuries to the brachial plexus: controversies and possibilities. *Neurosurg Clin N Am*. 2001 Apr;12(2):285-94.
37. Chuang DC. Management of traumatic brachial plexus injuries in adults. *Hand Clin*. 1999 Nov;15(4):737-55.
38. Kline DG, Judice DJ. Operative management of selected brachial plexus lesions. *J Neurosurg*. 1983;58(5):631-49.
39. Seddon HJ. *Surgical disorders of the peripheral nerves*. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1975.

40. Sunderland S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. *Brain*. 1951 Dec;74(4):491-516.
41. Mackinnon S, Dellon AL. Diagnosis of nerve injury. In: Birch R. *Surgery of the peripheral nerve*. New York: Thieme; 1988. p. 74-8.
42. Chuang DC. Functioning free muscle transplantation for brachial plexus injury. *Clin Orthop Relat Res*. 1995;(314):104-11.
43. Barrie KA, Steinmann SP, Shin AY, Spinner RJ, Bishop AT. Gracilis free muscle transfer for restoration of function after complete brachial plexus avulsion. *Neurosurg Focus*. 2004 May 15;16(5):E8.
44. Narakas AO. Examen du patient et de la fonction de divers groupes musculaires du membres supérieur. In: Alnot JY, Narakas AO, ed. *Les paralys. Duplex. Brachial*. Paris: Expansion Scientifique Française; 1989. p. 52-67.
45. Siqueira MG, Martins RS, Heise CO. Classificação, apresentação clínica e indicação para tratamento cirúrgico das lesões traumáticas do plexo braquial em adultos. In: Siqueira MG, Martins RS, editors. *Lesões do plexo braquial*. 1st ed. Rio de Janeiro, RJ - Brasil: DiLivros; 2011. p. 53-64.
46. Bufalini C, Pescatori G. Posterior and cervical prognosis. *J Bone Jt Surg Br*. 1969;51B(4):627-31.
47. Leffert RD. Clinical diagnosis, testing, and electromyographic study in brachial plexus traction injuries. *Clin Orthop Relat Res*. 1988;237:24-31.
48. Balakrishnan G, Kadadi BK. Routine and Paraspinal Electromyographic studies in predicting the site of lesion in brachial plexus injury. *J Hand Surg Br*. 2004;29A(1):140-3.
49. Robert EG, Happel LT, Kline DG. Intraoperative nerve action potential recordings. *Neurosurgery*. 2009;65(Suppl):A97-104.
50. Harper CM. Preoperative and intraoperative electrophysiologic assessment of brachial plexus injuries. *Hand Clin*. 2005;21(1):39-46.
51. Ferrante MA, Wilbourn AJ. Electrodiagnostic approach to the patient with suspected brachial plexopathy. *Neurol Clin*. 2002 May;20(2):423-50.
52. Wilbourn AJ. Plexopathies. *Neurol Clin*. 2007;25(1):139-71.

53. Dubuisson AS, Kline DG. Brachial plexus injury: a survey of 100 consecutive cases from a single service. *Neurosurgery*. 2002 Sep;51(3):673-82; discussion 682-3.
54. Caporrino FA., Moreira L, Moraes VY, Belloti JC, Gomes dos Santos JB, Faloppa F. Brachial plexus injuries: diagnosis performance and reliability of everyday tools. *Hand Surg*. 2014;19(01):7-11.
55. Balakrishnan G, Kadadi BK. Clinical examination versus routine and paraspinal electromyographic studies in predicting the site of lesion in brachial plexus injury. *J Hand Surg Am*. 2004;29(1):140-3.
56. Chuang D. Adult brachial plexus injuries. In: Mathes S, Hentz V, ed. *Plastic surgery*. Philadelphia, PA: Saunders Elsevier; 2006. p. 515-38.
57. Howe F, Filler A, Bell B, Griffiths J. Magnetic resonance neurography. *Magn Reson Med*. 1992;28(2):328-38.
58. Aagaard B, Maravilla K, Kliot M. MR neurography. MR imaging of peripheral nerves. *Magn Reson Imaging Clin N Am*. 1998;6(1):179-1994.
59. Sener RN. Diffusion MRI : apparent diffusion coefcient (ADC) values in the normal brain and a classsication of brain disorders based on ADC values. *Comput Med Imaging Graph*. 2001;25:299-326.
60. Kele PG, van der Jagt EJ. Diffusion weighted imaging in the liver. *World J Gastroenterol*. 2010;16(13):1567-76.
61. Rajeshkannan R, Moorthy S, Sreekumar K, Rupa R, Prabhu N. Clinical applications of diffusion weighted MR imaging: a review. *Indian J Radiol Imaging*. 2006;16(November):705.
62. Hagmann P, Jonasson L, Maeder P, Thiran J, Wedeen VJ, Meuli R. Central nervous system: state of the art understanding diffusion MR imaging techniques : from scalar imaging to diffusion. *Radio Graph*. 2006;26:205-24.
63. Carvalho GA, Nikkhah G, Matthies C, Penkert G, Samii M. Diagnosis of root avulsions in traumatic brachial plexus injuries: value of computerized tomography myelography and magnetic resonance imaging. *J Neurosurg*. 1997 Jan;86(1):69-76.
64. Gasparotti R, Ferraresi S, Pinelli L, Crispino M, Pavia M, Bonetti M, et al. Three-dimensional MR myelography of traumatic injuries of the brachial plexus. *AJNR. Am J Neuroradiol*. 1997 Oct;18(9):1733-42.

65. 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 Apr;96(3 Suppl):277-84.
66. Upadhyaya V, Upadhyaya DN, Kumar A, Gujral RB. MR neurography in traumatic brachial plexopathy. *Eur J Radiol.* 2015;84(5):927-32.
67. Standring S, Gray H. *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice.* 40th ed. Standring S, editor. Edinburgh: Churchill Livingstone / Elsevier; 2008.
68. Netter FH, Hansen JT, Lambert DR. Netter's clinical anatomy. 1st ed. Hansen JT, Lambert DR, editors. Carlstadt, N.J.: Icon Learning Systems; 2005.
69. Tubiana R, Thomine JM. La main. *Anatomie fonctionnelle et examen clinique.* Paris: Masson; 1990.
70. Medical Research Council. Aids to the examination of the peripheral nervous system. (Memorandum (Medical Research Council (Great Britain))); n° 45). London, UK: Her Majesty's Stationary Office; 1976.
71. Hinkle DE, Wiersma W, Jurs SG. *Applied statistics for the behavioral sciences.* 5th ed. Boston: Houghton Mifflin; 2003.
72. Roger B, Travers V, Laval-Jeantet M. Imaging of posttraumatic brachial plexus injury. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(237):57-61.
73. Ochi M, Ikuta Y, Watanabe M. The diagnostic value of mri in traumata plexus injury. *J Hand Surg Eur.* 19(1):55-9.
74. Kubo Y, Waga S, Kojima T, Matsubara T, Kuga Y, Nakagawa Y. Microsurgical anatomy of the lower cervical spine and cord. *Neurosurgery.* 1994 May;34(5):895–90; discussion 901–2.
75. El Mogy SA, Mazroa JA, Kassem M, El Mogy MS, El Mogy IS. Role of FIESTA combined with conventional MRI in the evaluation of traumatic brachial plexus roots injury. *Egypt J Radiol Nucl Med.* 2011;42(1):57–67.
76. Hems TE, Birch R, Carlstedt T. The role of magnetic resonance imaging in the management of traction injuries to the adult brachial plexus. *J Hand Surg Br.* 1999 Oct;24(5):550–5.

77. Abul-Kasim K, Backman C, Björkman A, Dahlin LB. Advanced radiological work-up as an adjunct to decision in early reconstructive surgery in brachial plexus injuries. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2010 Jan;5:14.
78. Tsuchiya K, Imai M, Tateishi H, Nitatori T, Fujikawa A, Takemoto S. Neurography of the spinal nerve roots by diffusion tensor scanning applying motion-probing gradients in six directions. *Magn Reson Med Sci*. 2007;6(1):1-5.
79. Viallon M, Vargas MI, Jlassi H, Lövblad KO, Delavelle J. High-resolution and functional magnetic resonance imaging of the brachial plexus using an isotropic 3D T2 STIR (Short Term Inversion Recovery) SPACE sequence and diffusion tensor imaging. *Eur Radiol*. 2008 May;18(5):1018-23.
80. Vargas MI, Viallon M, Nguyen D, Beaulieu JY, Delavelle J, Becker M. New approaches in imaging of the brachial plexus. *Eur J Radiol*. 2010 May;74(2):403-10.
81. Takahara T, Hendrikse J, Kwee TC, Yamashita T, Van Cauteren M, Polders D, et al. Diffusion-weighted MR neurography of the sacral plexus with unidirectional motion probing gradients. *Eur Radiol*. 2010;20(5):1221-6.
82. Mürtz P, Kaschner M, Lakghomi A, Gieseke J, Willinek WA, Schild HH, et al. Diffusion-weighted MR neurography of the brachial and lumbosacral plexus: 3.0T versus 1.5T imaging. *Eur J Radiol*. 2015;84(4):696-702.
83. Zandieh S, Bernt R, Steinbach S, Haller J, Stadlbauer A, Schmidhammer R. The optimal B value in diffusion-weighted magnetic resonance neurography of the brachial plexus. *Internet J Radiol*. 2009;13(1):1-7.
84. Andreou A, Sohaib A, Collins DJ, Takahara T, Kwee TC, Leach MO, et al. Diffusion-weighted MR neurography for the assessment of brachial plexopathy in oncological practice. *Cancer Imaging*. 2015;15(1):6.
85. Mürtz P, Krautmacher C, Trüber F, Gieseke J, Schild HH, Willinek W a. Diffusion-weighted whole-body MR imaging with background body signal suppression: a feasibility study at 3.0 tesla. *Eur Radiol*. 2007;17(12):3031-7.
86. Mürtz P, Kaschner M, Träber F, Kukuk G, Skowasch D, Gieseke J, et al. Diffusion-weighted whole-body MRI with background body signal suppression: Technical improvements at 3.0 T. *J. Magn Reson Imaging*. 2012;35:456–61.

87. Tagliafico A, Succio G, Emanuele Neumaier C, Serafini G, Ghidara M, Calabrese M, et al. MR imaging of the brachial plexus: comparison between 1.5-T and 3-T MR imaging: preliminary experience. *Skeletal Radiol*. 2011 Jun;40(6):717-24.
88. Chhabra A, Thawait GK, Soldatos T, Thakkar RS, Del Grande F, Chalian M, et al. High-resolution 3T MR neurography of the brachial plexus and its branches, with emphasis on 3D imaging. *Am J Neuroradiol*. 2013;34(3):486-97.
89. Chuang T-Y, Chiu F-Y, Tsai Y-A, Chiang S-C, Yen D-J, Cheng H. The comparison of electrophysiologic findings of traumatic brachial plexopathies in a tertiary care center. *Injury*. 2002;33(7):591-5.
90. Chuang DC-C. Brachial plexus injury: nerve reconstruction and functioning muscle transplantation. *Semin Plast Surg*. 2010 Feb;24(1):57-66.
91. Narakas AO. Lesions found when operating traction injuries of the brachial plexus. *Clin Neurol Neurosurg*. 1993;95:S56-64.
92. Sureka J, Cherian R a, Alexander M, Thomas BP. MRI of brachial plexopathies. *Clin Radiol*. 2009 Feb;64(2):208-18.
93. Flores L. Estudo epidemiológico das lesões traumáticas de plexo braquial em adultos. *Arq Neuropsiquiatr*. 2006;64(1):88-94.
94. Silbermann-Hoffman O, Teboul F. Post-traumatic brachial plexus MRI in practice. *Diagn Interv Imaging*. 2013 Oct;94(10):925-43.
95. Todd M, Shah G V, Mukherji SK. MR imaging of brachial plexus. *Top Magn Reson Imaging*. 2004 Apr;15(2):113-25.
96. Sakellariou VI, Badilas NK, Mazis GA, Stavropoulos NA, Kotoulas HK, Kyriakopoulos S, et al. Brachial plexus injuries in adults: evaluation and diagnostic approach. *ISRN Orthop*. 2014;2014:1-9.
97. Kim DH, Murovic JA, Tiel RL, Kline DG. Infraclavicular brachial plexus stretch injury. *Neurosurg Focus*. 2004 May 15;16(5):E4.
98. Hems TEJ, Mahmood F. Injuries of the terminal branches of the infraclavicular brachial plexus: Patterns of injury, management and outcome. *Bone Joint J*. 2012 Jun 1;94-B(6):799-804.
99. Ahmed-Labib M, Golan JD, Jacques L. Functional outcome of brachial plexus reconstruction after trauma. *Neurosurgery*. 2007 Nov;61(5):1016-22; discussion 1022-3.

100. Volpin G, Langer R, Stein H. Complete infraclavicular brachial plexus palsy with occlusion of axillary vessels following anterior dislocation of the shoulder joint. *J Orthop Trauma*. 1990;4(2):121-3.
101. Kline DG, Hackett ER, Happel LH. Surgery for lesions of the brachial plexus. *Arch Neurol*. 1986 Feb;43(2):170-81.
102. Kline DG. Timing for brachial plexus injury: a personal experience. *Neurosurg. Clin N Am*. 2009;20(1):24-6.
103. Sabapathy Sr, Jain DK, Bhardwaj P, Venkataramani H. An epidemiological study of traumatic brachial plexus injury patients treated at an Indian centre. *Indian J Plast Surg*. 2012;45(3):498.
104. Mello JS Jr, Souza TCR, Andrade FG, Castaneda L, Baptista AF, Nunes K, et al. Perfil epidemiológico de pacientes com lesão traumática do plexo braquial avaliados em um Hospital Universitário no Rio de Janeiro, Brasil, 2011. *Rev Bras Neurol*. 2012;48(3):5-8.
105. Uetani M, Hayashi K, Hashmi R, Nakahara N, Aso N, Ito N. Traction injuries of the brachial plexus: signal intensity changes of the posterior cervical paraspinal muscles on MRI. *J Comput Assist Tomogr*. 1997;21(5):790-5.
106. 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(2):397-402.
107. Chhabra A, Ahlawat S, Belzberg A, Andreseik G. Peripheral nerve injury grading simplified on MR neurography: as referenced to Seddon and Sunderland classifications. *Indian J Radiol Imaging*. 2014;24(3):217-24.
108. Balakrishnan G, Kadadi BK. Clinical examination versus routine and paraspinal electromyographic studies in predicting the site of lesion in brachial plexus injury. *J Hand Surg Am*. 2004 Jan;29(1):140-3.
109. Bertelli J a, Ghizoni MF. Clinical findings in C5-C6 and C5-C7 root palsies with brachial plexus traction lesions. *J Hand Surg Eur Vol*. 2013 Mar;38(3):237-41.
110. Brunelli GA, Brunelli GR. Preoperative assessment of the adult plexus patient. *Microsurgery*. 1995;16(1):17-21.
111. Yaar I. Can needle-EMG correctly diagnose combinations of two damaged nerves? *J Electromyogr Kinesiol*. 2004 Apr;14(2):249-54.

11 Apêndices

11 APÊNDICES

11.1 APÊNDICE A - Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do HC-FMUSP

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA USP - HCFMUSP
---	---

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação da Acurácia da Ressonância Magnética no Diagnóstico das Lesões Traumáticas do Plexo Braquial

Pesquisador: Giovanni Guido Cerri

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 16522613.5.0000.0068

Instituição Proponente: Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 426.173

Data da Relatoria: 18/09/2013

Apresentação do Projeto:

Projeto apresentado de forma clara e objetiva. Tema de interesse imediato, considerando a categorização pré-operatória dos traumas avulsivos do plexo braquial por RM, potencialmente vantajosa em relação ao estudo por TC, método invasivo, preconizado atualmente. Metodologia bem elaborada, com correlação cirúrgica e cronograma factível.

Objetivo da Pesquisa:

Correlacionar a acurácia da RM, incluindo as técnicas de mielo-RM e a neurografia por difusão no diagnóstico das lesões traumáticas do plexo braquial nos adultos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

A ponderação entre riscos e benefícios está adequada, com benefícios sobrepujando os riscos de modo significativo, levando em conta as complicações descritas para o uso da RM com injeção de meio de contraste paramagnético.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa atual e de interesse explícito para a comunidade médica e acadêmica, com interesse nacional e internacional. Tema de impacto na área de traumatologia ortopédica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Termo de apresentação obrigatória bem elaborado, adequado e redigido de acordo com as normas

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar	
Bairro: Cerqueira Cesar	CEP: 05.403-010
UF: SP	Município: SAO PAULO
Telefone: (11)2861-7585	Fax: (11)2861-7585
	E-mail: marcia.carvalho@hc.fm.usp.br

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA
FACULDADE DE MEDICINA DA
USP - HCFMUSP

Continuação do Parecer: 426.173

vigentes.

Recomendações:

Projeto bem elaborado. Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

Em conformidade com a Resolução CNS nº 466/12, cabe ao pesquisador: a) desenvolver o projeto conforme delineado; b) elaborar e apresentar relatórios parciais e final; c) apresentar dados solicitados pelo CEP, a qualquer momento; d) manter em arquivo sob sua guarda, por 5 anos da pesquisa, contendo fichas individuais e todos os demais documentos recomendados pelo CEP; e) encaminhar os resultados para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico participante do projeto; f) justificar perante ao CEP interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

SAO PAULO, 16 de Outubro de 2013

Assinador por:
Luiz Eugênio Garcez Leme
(Coordenador)

Endereço: Rua Ovídio Pires de Campos, 225 5º andar
Bairro: Cerqueira Cesar **CEP:** 05.403-010
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)2661-7585 **Fax:** (11)2661-7585 **E-mail:** marcia.carvalho@hc.fm.usp.br

11.2 APÊNDICE B - Termo de consentimento livre e esclarecido

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO-HCFMUSP

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME:

DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº : SEXO : .M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO:/...../.....

ENDEREÇO Nº

..... APTO:

BAIRRO: CIDADE

.....

CEP:..... TELEFONE: DDD (.....)

.....

2. RESPONSÁVEL LEGAL

.....

NATUREZA (grau de parentesco, tutor, curador etc.)

.....

DOCUMENTO DE IDENTIDADE :.....SEXO: M ☐ F ☐

DATA NASCIMENTO.:/...../.....

ENDEREÇO: Nº APTO:

.....

BAIRRO: CIDADE:

.....

CEP: TELEFONE: DDD

(.....).....

.....

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO DO PROTOCOLO DE PESQUISA: **Avaliação da Acurácia da Ressonância Magnética no Diagnóstico das Lesões Traumáticas do Plexo Braquial**

PESQUISADOR : Marcelo Bordalo Rodrigues

CARGO/FUNÇÃO: Medico / Responsável Serviço de Imagem do IOT/HC-FMUSP INSCRIÇÃO
CONSELHO REGIONAL Nº 87146

UNIDADE DO HCFMUSP: InRad e IOT /HC-FMUSP

3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:

RISCO MÍNIMO	☒	RISCO MÉDIO	☐
RISCO BAIXO	☐	RISCO MAIOR	☐

4.DURAÇÃO DA PESQUISA : .1 ano

1-Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo, que visa validar um método menos invasivo (Ressonância Magnética) para o diagnóstico das lesões do plexo braquial, cujo diagnóstico por imagem hoje é realizado , atualmente, através da mielo-tomografia computadorizada.

2-Você será submetido a um exame de Ressonância Magnética, que é o método a ser experimentado para avaliação do plexo braquial, o qual será feito com contraste endovenoso (punção de veia periférica e injeção de contraste paramagnético).

3-Você poderá apresentar após a injeção endovenosa do contraste paramagnético quadro de prurido, exantema e falta de ar.

4 – Não há nenhum benefício direto ao participante, pois trata-se de um protocolo experimental que visa validar um método não invasivo para o diagnóstico de uma afecção. Somente ao final do estudo poderemos aferir este benefício.

5 – Garantia de acesso: em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr Marcelo Bordalo Rodrigues. que pode ser encontrado no endereço Rua Dr Ovídio Pires de Campos 233 Telefone(s) 2661-6911. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – Rua Ovídio Pires de Campos, 225 – 5º andar – tel: 2661-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 2661-6442 ramal 26 – E-mail: cappesq@hcnet.usp.br

6 – É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição;

7 – Direito de confidencialidade – As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente;

8 – Direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais das pesquisas, quando em estudos abertos, ou de resultados que sejam do conhecimento dos pesquisadores;

9– Despesas e compensações: não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Se existir qualquer despesa adicional, ela será absorvida pelo orçamento da pesquisa.

10 – Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo (nexo causal comprovado), o participante tem direito a tratamento médico na Instituição, bem como às indenizações legalmente estabelecidas.

11 - Compromisso do pesquisador de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo **Avaliação por Ressonância Magnética das Lesões Traumáticas do Plexo Braquial**

Eu discuti com o Dr.Marcelo Bordalo Rodrigues. sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Assinatura do paciente/representante
legal

Data ____ / ____ / ____

Assinatura da testemunha

Data ____ / ____ / ____

para casos de pacientes menores de 18 anos, analfabetos, semi-analfabetos ou portadores de deficiência auditiva ou visual.

(Somente para o responsável do projeto)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste paciente ou representante legal para a participação neste estudo.

Assinatura do responsável pelo estudo

Data ____ / ____ / ____

11.3 APÊNDICE C - Permissão para reprodução da Figura 1

Dear Marcelo,

Thank you for returning your completed form.

Given the details you have provided, I should be delighted to grant you rights to a non-commercial reproduction of RCIN 919020 free of charge, providing that you agree to the following terms and conditions:

- Non-commercial use of one of the following kind: academic/scholarly publication or journal; student thesis; Charity, Society or Trust publication; for display in academic/scholarly exhibition; for private study, lecturing or research
- Print-run of not more than 3,000
- One-time use
- Reproduction of images up to A5 size only
- All images to be credited as **Royal Collection Trust / © Her Majesty Queen Elizabeth II 2016**
- No copyright or proprietary right is conveyed with the use of any image
- Images may not be passed on for third-party use
- Images may be cropped but not changed or manipulated in any way without written permission from the Royal Collection
- Reproduction is only permitted from photographic material supplied by Royal Collection Trust.
- Images may not be used in any way which could be considered deceptive or which could reflect unfavourably upon the good name or reputation of Her Majesty The Queen, the Royal Family or the Royal Collection

Please download the image directly from our website:

<https://www.royalcollection.org.uk/collection/search#/1/collection/919020/recto-the-mesentery-of-the-bowel-and-its-blood-supply-with-notes-verso-the>

If you have any further questions or requests, please do not hesitate to contact me.

Kind regards,

Agata

Agata Rutkowska, Picture Library Assistant

Stable Yard House, St James's Palace, London SW1A 1JR

T. +44 (0)20 7839 1377 DD +44 (0)20 7024 5659

Subscribe to our e-Newsletter at www.royalcollection.org.uk/newsletter

Follow us

The Royal Collection Trust, company no. 2713536, charity nos. 1016972 (England and Wales) and SC039772 (Scotland)

Royal Collection Enterprises Ltd, company no. 2778486 (England and Wales)

Registered offices: York House, St James's Palace, London SW1A 1BQ