

**BRUNO AZEVEDO VERONESI**

**Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: estudo anatômico visando a aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial**

**São Paulo**

**2024**

**BRUNO AZEVEDO VERONESI**

**Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: estudo anatômico visando a aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial**

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

Programa de Ciências do Sistema  
Musculoesquelético

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rosa de Rezende

**São Paulo**

**2024**

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

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

©reprodução autorizada pelo autor

Veronesi, Bruno Azevedo

Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro : estudo anatômico visando a aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial / Bruno Azevedo Veronesi; Marcelo Rosa de Rezende, orientador. -- São Paulo, 2024.

Tese (Doutorado) -- Programa de Ciências do Sistema Musculoesquelético. Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2024.

1.Plexo braquial 2.Traumatismos dos nervos periféricos  
3.Transferência de nervo 4.Cadáver 5.Nervo radial  
6.Ombro/inervação I.Rezende, Marcelo Rosa de, orient.  
II.Título

USP/FM/DBD-231/24

Responsável: Daniela Amaral Barbosa, CRB-8 7533

Veronesi BA. Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: estudo anatômico visando a aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial [doutorado]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2024.

Aprovado em: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_

Julgamento: \_\_\_\_\_

*A meus pais, Elaine e Carlos, que trataram com muito zelo da minha formação pessoal e profissional, por quem tenho o amor que independe de qualquer circunstância.*

*A minha irmã Jéssica, companheira e conselheira desde a infância.*

*A minha esposa Denise, que, há anos, divide comigo todas as dificuldades e conquistas, e que me ensina constantemente o nobre sentido do cuidado.*

*A meus filhos Vicente e Manuela, que em pouco tempo ressignificaram minha existência.*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Marcelo Rosa de Rezende, orientador desta tese, por acreditar no projeto e oferecer pertinentes recomendações durante sua execução.

Aos Prof. Dr. Rames Mattar Júnior e Prof. Dr. Teng Hsiang Wei, que juntamente com o Prof. Dr. Marcelo Rosa de Rezende, dedicam esforços e guiam o unido Grupo de Cirurgia da Mão e Microcirurgia do Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Universidade de São Paulo.

Aos Prof. Dr. Olavo Pires de Camargo, Prof. Dr. Gilberto Luis Camanho, e Prof. Dr. Tarcísio Eloy Pessoa de Barros, Professores Titulares do Departamento de Ortopedia e Traumatologia Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo durante minha formação como residente, pela admirável condução das atividades da Instituição.

À banca de qualificação desta tese, Prof. Dr. Teng Hsiang Wei, Dr. Hugo Alberto Nakamoto e Dra. Renata Gregorio Paulos, pelas valiosas recomendações para aprimoramento do trabalho.

À Dra. Renata Gregorio Paulos, pelas contribuições nesse projeto desde sua elaboração, pelos conselhos e pela amizade.

A todos os assistentes do Grupo da Mão e Microcirurgia, por todos os ensinamentos e enorme contribuição em minha formação.

Ao Ângelo Santana Guerra, pela ajuda na organização e auxílio na execução das disseções.

Aos amigos Dr. Luiz Renato Agrizzi de Angeli, Dr. Rodrigo Sousa Macedo, Maria Virginia Arranz Abreu e Erick Yoshio Wataya, por dedicarem tempo, compartilharem seus conhecimentos e contribuírem na construção desta tese.

Aos médicos residentes, pela colaboração nas disseções.

À Noemi Nosomi Taniwaki, do Laboratório de Microscopia eletrônica do Instituto Adolfo Lutz, por todo apoio prestado na confecção das lâminas para análise histológica.

À Tania Maria Borges e Rosana Moreno Costa, por terem sido sempre muito prestativas em sanarem dúvidas e darem recomendações a respeito do funcionamento da Pós-Graduação.

À Catia Rejane e Camila Gomes da Rocha D'Agostino, pelos auxílios na biblioteca.

Ao Fernando Rosas Brito, pelas edições de vídeos.

À Priscila Vargas, pelo apoio quanto à formatação desta tese.

A toda equipe que trabalha no Serviço de Verificação de Óbitos da Capital.

Aos cadáveres utilizados nas disseções anatômicas e seus familiares.

*“Se as coisas são inatingíveis... ora!  
Não é motivo para não querê-las...  
Que tristes os caminhos, se não fora  
A presença distante das estrelas!”*

Mario Quintana

## RESUMO

Veronesi BA. Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: estudo anatômico visando a aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2024.

**INTRODUÇÃO:** as lesões do plexo braquial que envolvem isoladamente as raízes de C5 e C6 ou o tronco superior causam ao ombro déficits de abdução e rotação externa. Os tratamentos cirúrgicos comumente empregados para esses casos apresentam resultados piores de recuperação da rotação externa. O objetivo deste estudo é avaliar a viabilidade de uma nova técnica cirúrgica, a transferência seletiva de ramos do nervo radial destinados ao músculo tríceps braquial aos ramos motores dos músculos infraespinal (rmIE) e redondo menor (rmRm), por meio de estudo anatômico. **MÉTODOS:** em 20 cadáveres adultos foram realizadas disseções, por via posterior, dos nervos supraescapular, axilar e radial. Foram feitas medidas de comprimentos e diâmetros dos seus ramos motores. Medidas entre marcos anatômicos foram feitas com a finalidade de estimar as posições desses nervos. A viabilidade das transferências de nervos foi feita de maneira indireta, pelas medidas em relação à borda inferior do músculo redondo maior, e de maneira direta, simulando cada neurotização. Em 10 casos foram feitas contagens de axônios a fim de avaliar a compatibilidade entre os nervos doadores e receptores. **RESULTADOS:** os nervos supraescapular e axilar não apresentaram variações relevantes nas disseções quanto aos trajetos e ramificações. Após neurotomias e mobilizações no sentido das transferências de nervos, o rmIE ficava mais distante que o rmRm dos nervos doadores. Sobre a inervação do músculo tríceps braquial pelo nervo radial, a cabeça longa recebeu sempre um ramo (rmCLoT), a cabeça lateral recebeu um ou, com mais frequência, dois ramos (rmCLaT1 e rmCLaT2) e a cabeça medial recebeu, exceto em um caso, dois ramos (rmCMT1 e rmCMT2). Dentre esses ramos, o rmCMT2 foi o que teve maior comprimento e, logo, maior alcance aos ramos receptores, seguido pelo rmCMT1. Sobre os diâmetros, o rmCMT2 e o rmCLoT tiveram maiores medidas entre os doadores e melhor compatibilidade com o rmIE. Já com o rmRm, além desses, o rmCMT1 também apresentou boa compatibilidade. As transferências de nervos com maiores taxas de viabilidade quanto aos comprimentos foram do rmCMT2 para o rmIE e do rmCMT1 para o rmRm. Quanto à contagem de axônios, o rmIE apresentou melhor compatibilidade com o rmCMT2 e o rmRm com o rmCMT1 ou rmCLoT. **CONCLUSÃO:** é anatomicamente viável a transferência de ramos do nervo radial destinados ao tríceps para os ramos motores dos músculos infraespinal e redondo menor. Levando-se em consideração as distâncias, diâmetros e número de axônios, apesar de diferentes possibilidades caso a caso, os ramos destinados à cabeça medial do tríceps foram os melhores doadores.

**Palavras-chave:** Plexo braquial. Traumatismos dos nervos periféricos. Transferência de nervo. Cadáver. Nervo radial. Ombro/inervação.

## ABSTRACT

Veronesi BA. Selective neurotizations to achieve shoulder external rotation: an anatomical study aiming the treatment of brachial plexus injuries. [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2024.

**INTRODUCTION:** brachial plexus injuries that involve isolated C5 and C6 roots or upper trunk cause shoulder abduction and external rotation deficits. The surgical treatments commonly used for these patients have worse results for external rotation recovery. The objective of this study is to evaluate the feasibility of a new surgical technique involving the selective transfer of radial nerve branches of the triceps brachii muscle to the motor branches of the infraspinatus (bIS) and teres minor (bTm) muscles through anatomical study. **METHODS:** the suprascapular, axillary, and radial nerves were dissected through a posterior approach in 20 adult cadavers. The lengths and diameters of the motor branches were measured. Also, measurements between anatomical landmarks were made in order to estimate the positions of these nerves. The feasibility of nerve transfers was assessed indirectly through measurements relative to the lower border of the teres major muscle and directly by simulating each neurotization. In 10 cadavers, axons were counted to evaluate the compatibility between the donor and recipient nerves. **RESULTS:** the suprascapular and axillary nerves didn't present significant variations regarding path and branching. After neurotomy and mobilization towards transfer direction, the bIS remained more distant than bTm to the donor nerves. Regarding the innervation of the triceps brachii muscle by the radial nerve, the long head always received one branch (bLoHT), the lateral head received one or, more frequently, two branches (bLaHT1 and bLaHT2) and the medial head received, except in one case, two branches (bMHT1 and bMHT2). The bMHT2 was greater in length and capacity to reach receptor branches, followed by the bMHT1. bMHT2 and bLoHT had the longest diameters among the donors and the best compatibility with bIS. With bTm, in addition to the above, bMHT1 also showed good compatibility. The nerve transfers with the highest viability rates according to length were from bMHT2 to bIS and bMHT1 to bTm. By axon count, the best compatibility with bIS was achieved by bMHT2, and the best compatibility with bTm was achieved by bMHT1 or bLoHT. **CONCLUSION:** it is anatomically feasible to transfer radial nerve branches destined for the triceps to the motor branches of the infraspinatus and teres minor muscles. Considering the distances, diameters, and number of axons, despite case-by-case variations, the triceps branches destined for the medial head were the best donors.

**Key words:** Brachial Plexus. Peripheral nerve injuries. Nerve transfer. Cadaver. Radial nerve. Shoulder/innervation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	A) Anatomia dos nervos supraescapular, axilar e radial; B) Mobilização dos ramos motores do tríceps braquial e dos ramos motores do infraespinal e redondo menor para avaliação da viabilidade das neurotizações.....	22
Figura 2 -	Fotografia (A) e ilustração (B) do planejamento da incisão de pele.....	50
Figura 3 -	Nervo cutâneo lateral superior do braço identificado na margem inferior da porção posterior do deltoide.....	51
Figura 4 -	Exposição dos músculos.....	52
Figura 5 -	Desinserção (A) e rebatimento lateral (B) da porção posterior do deltoide.....	53
Figura 6 -	Fotografia (A) e ilustração (B) da dissecação do espaço quadrangular, identificação do nervo axilar e seus ramos.....	55
Figura 7 -	Fotografia (A) e ilustração (B) do nervo radial e seus ramos na região posterior do braço.....	57
Figura 8 -	Identificação do ramo motor para o músculo infraespinal após sua passagem pela incisura espinoglenoidal.....	58
Figura 9 -	Fotografia (A) e ilustração (B) do nervo supraescapular e seus ramos motores nas fossas supraespinal e infraespinal.....	59
Figura 10 -	Medidas entre marcos anatômicos.....	61
Figura 11 -	Fotografia (A) e ilustração (B) da mobilização do ramo motor do infraespinal para o intervalo entre os músculos infraespinal e redondo menor.....	63
Figura 12 -	Fotografia (A) e ilustração (B) do posicionamento dos nervos para simulação das neurotizações entre os ramos do nervo radial para o tríceps braquial e os ramos motores do infraespinal e redondo menor.....	65
Figura 13 -	Relações entre a distância do ângulo do acrômio à borda medial da espinha da escápula (A-bmEE) com as outras medidas a partir do ângulo do acrômio até pontos onde são encontrados os nervos supraescapular, axilar e radial.....	72

Figura 14 - Rebatimento lateral do músculo supraespinal, secção do ligamento transverso superior da escápula e dissecção do nervo supraescapular na fossa supraespinal.....	73
Figura 15 - Trajeto do nervo supraescapular nas fossas supraespinal e infraespinal.....	74
Figura 16 - Caso em que a divisão anterior do nervo axilar contribuía para a inervação de todas as porções do deltoide .....	75
Figura 17 - Fotografia (A) e ilustração (B) da apresentação mais comum de ramificação do nervo radial para o músculo tríceps braquial. Nota-se que o ramo inferior para a cabeça lateral do tríceps (rmCLaT2) origina-se do ramo inferior para a cabeça medial do tríceps (rmCMT2).....	77
Figura 18 - Exemplo de fotografia de lâmina (aumento de 400 vezes), antes (A) e após (B) a contagem de fibras mielinizadas .....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Medidas entre os marcos anatômicos.....	71
Tabela 2 -	Comprimentos dos ramos.....	78
Tabela 3 -	Diâmetros dos ramos.....	79
Tabela 4 -	Relações entre os diâmetros dos ramos doadores e receptores.....	79
Tabela 5 -	Factibilidade das transferências de nervos avaliadas indiretamente pelas posições das extremidades livres de cada ramo em relação à borda inferior do redondo maior após mobilização no sentido das transferências.....	82
Tabela 6 -	Factibilidade das transferências de nervos e avaliação de sobreposição nos casos em que foram viáveis.....	83
Tabela 7 -	Casos e nervos (ramos motores) que tiveram contagem de axônios.....	84
Tabela 8 -	Contagem de axônios dos ramos dos nervos estudados.....	85
Tabela 9 -	Proporções entre os números de axônios dos nervos doadores e receptores.....	85
Tabela 10 -	Estudos que apresentam contagens de axônios para os ramos motores do infraespinal, redondo menor e/ou tríceps braquial.....	89

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A-biRM	- Ângulo do acrômio - borda inferior do músculo redondo maior (medida entre marcos anatômicos)
A-biRm	- Ângulo do acrômio - borda inferior do músculo redondo menor (medida entre marcos anatômicos)
A-bmEE	- Ângulo do acrômio - borda medial da espinha da escápula (medida entre marcos anatômicos)
A-IEG	- Ângulo do acrômio - incisura espinoglenoidal (medida entre marcos anatômicos)
A-ISE	- Ângulo do acrômio - incisura supraescapular (A-ISE) (medida entre marcos anatômicos)
AQUA	- “Anatomical Quality Assurance”
CLaT	- Cabeça lateral do tríceps (músculo)
CLoT	- Cabeça longa do tríceps (músculo)
CLSB	- Cutâneo lateral superior do braço (nervo)
cm	- Centímetro(s)
CMT	- Cabeça medial do tríceps (músculo)
COVID-19	- “Coronavirus disease 2019”
daAx	- Divisão anterior do nervo axilar
DM	- Deltoide médio (músculo)
DP	- Deltoide posterior (músculo)
dp	- Desvio padrão
dpAx	- Divisão posterior do nervo axilar
h	- Hora(s)
HCFMUSP	- Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
IC95%	- Intervalo de Confiança de 95%
IE	- Infraespinal (músculo)
IOT	- Instituto de Ortopedia e Traumatologia
kg	- Quilograma(s)
LIM	- Laboratório de Investigação Médica
mm	- Milímetro(s)
n.	- Nervo
RM	- Redondo maior (músculo)

Rm	- Redondo menor (músculo)
rmCLaT	- Ramo(s) motor(es) da cabeça lateral do tríceps
rmCLaT1	- Ramo motor superior da cabeça lateral do tríceps
rmCLaT2	- Ramo motor inferior da cabeça lateral do tríceps
rmCLoT	- Ramo motor da cabeça longa do tríceps
rmCMT	- Ramo(s) motor(es) da cabeça medial do tríceps
rmCMT1	- Ramo motor superior da cabeça medial do tríceps
rmCMT2	- Ramo motor inferior da cabeça medial do tríceps
rmDP	- Ramo motor do deltoide posterior
rmIE	- Ramo motor do infraespinal
rmRm	- Ramo motor do redondo menor
rmSE	- Ramo motor do supraespinal
SE	- Supraespinal (músculo)
SVOC	- Serviço de Verificação de Óbito da Capital
T	- Trapézio (músculo)
TCLE	- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>23</b>
2.1	OBJETIVO PRIMÁRIO.....	24
2.2	OBJETIVO SECUNDÁRIO .....	24
<b>3</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>25</b>
3.1	ANATOMIA DO NERVO SUPRAESCAPULAR.....	26
3.2	ANATOMIA DO NERVO AXILAR.....	30
3.3	ANATOMIA DO NERVO RADIAL.....	37
3.4	CONTAGEM DE AXÔNIOS .....	42
3.5	TRANSFERÊNCIAS DE NERVOS SELETIVAS PARA OS RAMOS MOTORES DOS MÚSCULOS INFRAESPINAL E/OU REDONDO MENOR.....	43
<b>4</b>	<b>MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
4.1	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO .....	48
4.2	DISSECÇÕES .....	49
4.2.1	<b>Medidas entre marcos anatômicos .....</b>	<b>60</b>
4.2.2	<b>Contagem dos ramos para o tríceps braquial.....</b>	<b>62</b>
4.2.3	<b>Comprimentos dos ramos .....</b>	<b>62</b>
4.2.4	<b>Diâmetros dos ramos .....</b>	<b>64</b>
4.2.5	<b>Distâncias dos ramos à borda inferior do redondo maior e simulações das transferências .....</b>	<b>64</b>
4.2.6	<b>Coleta de fragmentos dos nervos para análise histológica.....</b>	<b>66</b>
4.3	ANÁLISE HISTOLÓGICA .....	67
4.3.1	<b>Protocolo de inclusão da amostra.....</b>	<b>67</b>
4.3.2	<b>Contagem de axônios.....</b>	<b>68</b>
4.4	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	69
<b>5</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>70</b>
5.1	ESTUDO ANATÔMICO .....	71
5.1.1	<b>Medidas entre marcos anatômicos .....</b>	<b>71</b>
5.1.2	<b>Anatomia do nervo supraescapular na região da escápula .....</b>	<b>73</b>
5.1.3	<b>Anatomia do nervo axilar no espaço quadrangular .....</b>	<b>74</b>
5.1.4	<b>Anatomia do nervo radial e contagem dos ramos para o tríceps braquial .....</b>	<b>76</b>
5.1.5	<b>Comprimentos dos ramos .....</b>	<b>78</b>
5.1.6	<b>Diâmetros dos ramos .....</b>	<b>79</b>
5.1.7	<b>Distâncias dos ramos à borda inferior do redondo maior .....</b>	<b>80</b>
5.1.8	<b>Simulações das transferências .....</b>	<b>83</b>
5.2	CONTAGEM DE AXÔNIOS .....	84
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>86</b>
6.1	ANATOMIA.....	87
6.2	HISTOMORFOMETRIA .....	88

6.3	TRANSFERÊNCIAS DE NERVOS SELETIVAS PARA GANHO DE ROTAÇÃO EXTERNA EM PACIENTES COM LESÃO ALTA DO PLEXO BRAQUIAL.....	92
6.3.1	<b>Análise de viabilidade das transferências de nervos .....</b>	<b>93</b>
6.3.2	<b>Tratamento do paciente com lesão alta do plexo braquial .....</b>	<b>95</b>
6.3.3	<b>Via e técnica cirúrgica .....</b>	<b>97</b>
6.4	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	100
7	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>103</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>116</b>

# **1 INTRODUÇÃO**

Lesões do plexo braquial causam importante limitação funcional, fazendo com que grande parte dos pacientes não consiga retornar ao trabalho e tenha, inclusive, significativa dificuldade na realização de atividades da vida diária<sup>1,2</sup>.

A grande maioria das lesões do plexo braquial inclui as raízes de C5 e C6, o que causa perda de abdução e rotação externa do ombro, e de flexão do cotovelo. Os músculos paralisados são o deltoide e o redondo menor, inervados pelo axilar, o supraespinal e o infraespinal, inervados pelo supraescapular, além dos flexores do cotovelo, coracobraquial, bíceps braquial e braquial, inervados pelo musculocutâneo<sup>3</sup>.

O tratamento tradicional para as lesões do plexo braquial em adultos consiste na sua reconstrução com interposição de enxertos de nervos<sup>4</sup>. Entretanto, além de não ser uma opção em lesões por mecanismo avulsivo das raízes, são observados resultados ruins em grande parte dos casos, sobretudo nas abordagens tardias e/ou com longas distâncias de regeneração neural, culminando em atrofia do músculo antes de sua reinervação<sup>5</sup>.

Felizmente, entre os avanços no tratamento das lesões de nervos periféricos estão as transferências de nervos, ou neurotizações<sup>6</sup>, procedimentos em que um nervo intacto dispensável é transferido à parte distal de um nervo lesado<sup>7-9</sup>. De preferência, elas devem ser realizadas próximo à junção neuromuscular, denominada “distal nerve transfer” por Colbert e Mackinnon<sup>10</sup> ou “close-target neurotization” por Chuang<sup>11</sup>, apresentando maior potencial de bons resultados. Além da proximidade à placa motora, as transferências de nervos utilizando ramos terminais do plexo braquial têm outras vantagens em relação às reconstruções intraplexuais mais proximais: menor chance de inervação cruzada de músculos antagonistas, sinergismo, comprimento suficiente para sutura sem tensão, realizar-se apenas uma neurorafia e leito sem tecido fibrocatricial<sup>12,13</sup>.

Uma revisão sistemática de 2011, que inclui 31 estudos e compara métodos de tratamento das lesões altas do plexo braquial, favorece fortemente as neurotizações em detrimento das tradicionais reconstruções com enxertos<sup>14</sup>. Outra revisão, mais recente, corrobora com esses resultados<sup>15</sup>. Quando avaliada especificamente a recuperação de flexão do cotovelo, os melhores resultados também são com as transferências de nervos<sup>16</sup>.

Baseado nisso, a recuperação da flexão do cotovelo passa a ter bons resultados com a cirurgia descrita por Oberlin et al.<sup>17</sup>, de transferência de parte do nervo ulnar para o ramo motor do bíceps. No entanto, o ganho de função do ombro, sobretudo rotação externa, continua como um ponto deficitário no tratamento desses pacientes<sup>14,18</sup>.

A rotação externa do ombro é um movimento indispensável para a boa função do membro, pois permite posicionar o antebraço e a mão em frente ao corpo para realização das

atividades manuais<sup>19-21</sup>. Um estudo biomecânico que avalia a amplitude de movimento do ombro nas atividades da vida diária conclui que a maioria é realizada com o ombro em rotação externa<sup>22</sup>. Entre os músculos que exercem alguma contribuição para esse movimento do ombro, o infraespinal é o rotador externo mais potente, seguido pelo redondo menor<sup>23-26</sup>. Desse modo, além da restauração da flexão do cotovelo, uma das prioridades na reconstrução do plexo braquial é o restabelecimento da função desses músculos<sup>27</sup>.

É notável nos atendimentos pós-operatórios que a principal queixa dos pacientes com lesão do plexo braquial que tiveram recuperação da flexão do cotovelo é não ter boa função do membro, pois o antebraço permanece encostado no abdome durante todo o movimento (“hand-on-belly position”)<sup>28-30</sup>. Diversos procedimentos secundários são descritos para melhora da função do ombro ou, ao menos, melhor posicionamento passivo do membro superior, como transferência do trapézio inferior para a função de rotador externo, transferência do trapézio contralateral, osteotomia derrotativa do úmero ou artrodese do ombro<sup>28,29,31-43</sup>. Entretanto, os procedimentos neurológicos em fases mais precoces podem atingir bons resultados, evitando-se esses procedimentos secundários<sup>44-47</sup>.

As neurotizações mais comumente realizadas visando a recuperação dos movimentos do ombro são a transferência do nervo acessório (XI) para o nervo supraescapular e a transferência popularizada por Leechavengvongs et al.<sup>48</sup>, de ramo do nervo radial destinado ao tríceps braquial para o nervo axilar. Juntamente com o procedimento de Oberlin et al.<sup>17</sup>, compõem a neurotização tripla mais comumente realizada no tratamento da lesão parcial alta do plexo braquial<sup>49</sup>.

Embora o nervo supraescapular inerve, além do músculo supraespinal, o músculo infraespinal, é observado, com frequência, recuperação insuficiente de rotação externa ativa do ombro após sua neurotização com o nervo acessório (XI). Existem duas teorias que suportam essa pior reinervação do músculo infraespinal: o maior direcionamento dos axônios para o primeiro músculo a ser reinervado, neste caso, o supraespinal<sup>50,51</sup>, e/ou uma dupla lesão do nervo supraescapular devido ao mecanismo de tração em pontos específicos do seu trajeto na região escapular, tal como na sua passagem abaixo do ligamento transverso superior da escápula, onde as fibras neurais destinadas ao músculo infraespinal são mais propensas a serem lesadas, ou na incisura espinoglenoidal<sup>51-53</sup>.

O “procedimento de Leechavengvongs”, que consiste na transferência do ramo motor da cabeça longa do tríceps para a divisão anterior do nervo axilar, também não contribui diretamente com a recuperação de rotação externa do ombro, visto que o músculo redondo menor é inervado pela divisão posterior desse nervo<sup>54</sup>.

O resultado deficitário de recuperação da rotação externa do ombro nas lesões do plexo braquial é publicado por diversos grupos<sup>14,18,50,55-62</sup>.

Com o objetivo de melhorar a reanimação desse movimento, alguns autores propõem técnicas de transferências seletivas para os ramos motores dos músculos infraespinal ou redondo menor. Mishra et al.<sup>63</sup> avaliam a viabilidade da transferência do ramo motor da cabeça medial do tríceps para o ramo motor do músculo infraespinal e para todo o nervo axilar. Posteriormente, Wyles et al.<sup>64</sup> propõem modificações a essa técnica, com o objetivo de se obter comprimento adicional ao ramo motor do músculo infraespinal. Tavares et al.<sup>65</sup>, além de trabalho anatômico, realizam estudo clínico sobre a transferência seletiva de um ramo do nervo radial destinado ao tríceps para o ramo motor do músculo infraespinal. Sommarhem et al.<sup>66</sup> descrevem uma transferência de nervos seletiva para o músculo infraespinal usando o nervo acessório (XI) em pacientes com paralisia obstétrica e, depois, publicam os bons resultados a médio prazo com a técnica<sup>67</sup>. Em adultos, a transferência do nervo acessório (XI) para o ramo motor do músculo infraespinal é descrita em um trabalho anatômico por Kaiser et al.<sup>68</sup>. Usando o nervo subescapular inferior como doador, Paulos propõe a neurotização do ramo motor do redondo menor<sup>69</sup>, enquanto Krajcová et al.<sup>70</sup> estudam a reinervação do ramo motor do infraespinal. Soldado<sup>71</sup> propõe uma transferência dupla para restaurar rotação externa do ombro em crianças com paralisia obstétrica: por via posterior, transferência do nervo acessório (XI) para o ramo motor no músculo infraespinal e, por via axilar, transferência do ramo destinado à cabeça longa do tríceps para o ramo motor do músculo redondo menor. Previamente, outros autores já haviam sugerido que, sempre que possível, deve ser tentada a reinervação do ramo motor para o redondo menor, buscando melhor prognóstico de rotação externa<sup>10,12,51</sup>. No entanto, não é encontrado na literatura nenhum trabalho que foque, em adultos, essencialmente na reinervação seletiva de ambos os músculos rotadores externos do ombro, infraespinal e redondo menor, utilizando apenas os ramos do nervo radial destinados ao tríceps como doadores para ambos.

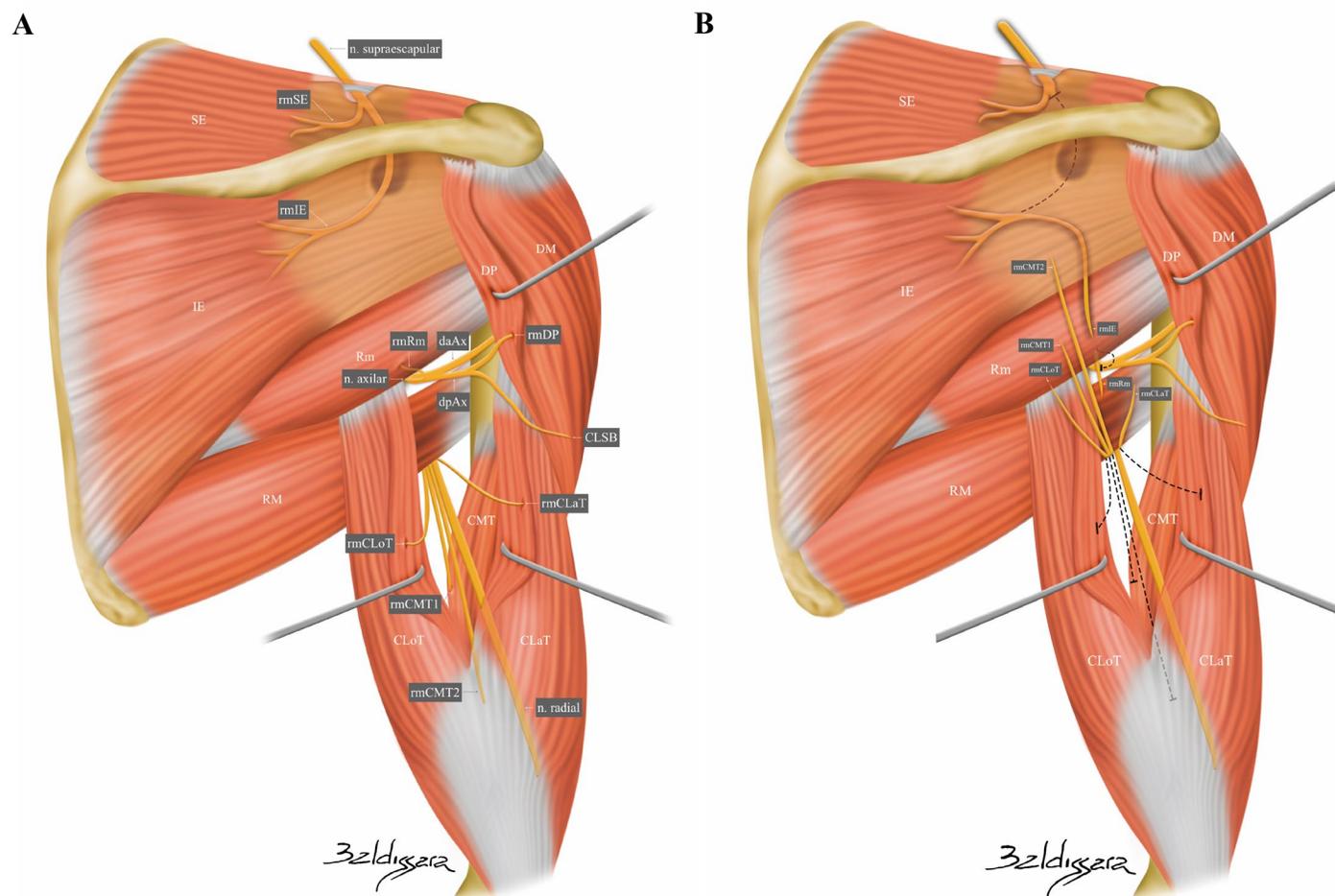
Um dos princípios das transferências de nervos é o sinergismo<sup>72</sup>. A função do nervo acessório (XI) em estabilização do ombro é sinérgica com o movimento de abdução e, portanto, esse nervo é considerado um bom doador em transferências para o nervo supraescapular com o objetivo de recuperação desse movimento<sup>50,72,73</sup>. Da mesma forma, sabendo que os movimentos de extensão do cotovelo e rotação externa do ombro são sinérgicos<sup>74,75</sup>, é plausível que os ramos motores para o tríceps sejam potenciais bons doadores para os músculos infraespinal e redondo menor.

Outro princípio das transferências de nervos é que o doador seja dispensável ou redundante<sup>10,13,72,76,77</sup>. Diversos trabalhos mostram que o músculo tríceps braquial recebe, pelo menos, quatro a cinco ramos motores<sup>78-83</sup>. Além disso, vários estudos apontam para contribuições dos nervos axilar e ulnar na inervação das cabeças longa e medial do tríceps, respectivamente<sup>83-89</sup>. Sendo assim, especialmente nos casos em que a cabeça medial do tríceps receba inervação dos nervos radial e ulnar, a função de extensão cotovelo pode ser preservada quando ramos dessa cabeça originados do nervo radial forem utilizados como doadores em transferência de nervos. Isto posto, desde que o músculo doador tenha boa função, com força grau quatro ou, preferencialmente, cinco (“Medical Research Council”)<sup>77,90</sup>, admite-se a razoabilidade do uso de dois ramos do nervo radial para o tríceps como doadores, de preferência oriundos de uma mesma cabeça.

Desta forma, por meio de estudo anatômico, este trabalho avalia a viabilidade de transferências seletivas, por via posterior, de dois ramos do nervo radial destinados ao tríceps, um para o ramo motor do músculo infraespinal e outro para o ramo motor do músculo redondo menor (Figura 1). Tal técnica, ainda não descrita na literatura, não impactaria outras opções de tratamento no futuro e focaria no ganho de rotação externa do ombro, que representa, atualmente, o maior desafio existente no tratamento de pacientes com lesão parcial do plexo braquial.

De forma a avaliar a exequibilidade dessa técnica cirúrgica, este trabalho estuda a anatomia dos nervos supraescapular, axilar e radial por meio de disseções em cadáveres frescos e analisa também o número de axônios dos seus ramos motores.

Figura 1 - A) Anatomia dos nervos supraescapular, axilar e radial; B) Mobilização dos ramos motores do tríceps braquial e dos ramos motores do infraespinal e redondo menor para avaliação da viabilidade das neurotizações



CLaT: cabeça lateral do tríceps; CLoT: cabeça longa do tríceps; CLSB: cutâneo lateral superior do braço; CMT: cabeça medial do tríceps; daAx: divisão anterior do nervo axilar; dpAx: divisão posterior do nervo axilar; DP: deltoide posterior; DM: deltoide médio; IE: infraespinal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; rmCLaT: ramo motor da cabeça lateral do tríceps; rmCLOt: ramo motor da cabeça longa do tríceps; rmCMT: ramos motores da cabeça medial do tríceps (rmCMT1: ramo superior; rmCMT2: ramo inferior); rmDP: ramo motor do deltoide posterior; rmIE: ramo motor do infraespinal; rmRm: ramo motor do redondo menor; rmSE: ramo motor do supraespinal; SE: supraespinal.

## **2 OBJETIVOS**

## 2.1 OBJETIVO PRIMÁRIO

Estudar a viabilidade da transferência de ramos do nervo radial destinados ao músculo tríceps braquial para o ramo motor do músculo infraespinal e para o ramo motor do músculo redondo menor, por meio de estudo anatômico em cadáveres.

## 2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO

Avaliar a compatibilidade dos nervos doadores e receptores, por meio da análise quantitativa de axônios dos ramos motores dos nervos supraescapular, axilar e radial.

## **3 REVISÃO DA LITERATURA**

A revisão da literatura sobre a anatomia dos nervos estudados foi direcionada para informações sobre suas origens, trajetos e ramos. No caso do nervo supraescapular, também foram revisados artigos que estudam os possíveis pontos de compressão em seu trajeto e que possam justificar a menor taxa de sucesso de reinervação do músculo infraespinal.

### 3.1 ANATOMIA DO NERVO SUPRAESCAPULAR

Kerr<sup>91</sup>, em 1918, publica sobre disseções do “Anatomical Laboratory of the Johns Hopkins Medical School” durante os anos de 1885 a 1900 e do “Anatomical Laboratory of the Cornell University Medical College” de 1900 a 1910. O autor preserva 175 disseções com valor científico e, em 172, os registros são satisfatórios para o nervo supraescapular. O nervo supraescapular origina-se diretamente do tronco superior na maior parte das disseções (62,79%).

Rengachary et al.<sup>92</sup>, em 1979, dissecam 15 cadáveres com finalidade de estudar a incisura supraescapular e sua relação com o nervo supraescapular. Observam um efeito “sling” ou angulação do nervo na passagem abaixo do ligamento transversal superior da escápula, mais acentuada durante a depressão e retração ou hiperabdução do ombro.

Horiguchi<sup>93</sup>, em 1980, dissecam 61 cadáveres e encontra um ramo cutâneo do nervo supraescapular em cinco deles. Todos os nervos supraescapulares com ramo cutâneo têm trajeto normal. O ramo cutâneo origina-se da parte superior dos dois ramos musculares para o músculo supraespinal ou do tronco do nervo supraescapular sob o ligamento transversal superior da escápula. Após passar entre os ligamentos coracoclavicular e coracoacromial, o ramo cutâneo perfura o músculo deltoide próximo à ponta do acrômio.

Kaspi et al.<sup>94</sup>, em 1988, dissecam 25 ombros. Encontram o ligamento transversal inferior da escápula (espinoglenoidal) em 18 casos (72%). A ausência do ligamento é mais comum nas mulheres (50%) que nos homens (13%). A máxima distância do ligamento ao osso é, em média, 10,4 mm em homens e 10 mm em mulheres. A distância do ligamento ao nervo supraescapular é, em média, 5,6 mm em homens e 5,2 mm em mulheres.

Bigliani et al.<sup>95</sup>, em 1990, dissecam 90 ombros com o objetivo de avaliar o curso do nervo supraescapular, os níveis de inervação muscular e sua relação com marcos anatômicos. Os autores observam que os ramos motores para o músculo supraespinal emergem dentro do primeiro centímetro após a passagem pela incisura supraescapular em todos os ombros. O nervo supraescapular tem um curso oblíquo e lateral na fossa supraespinal. Após a passagem pela base da espinha da escápula, o nervo supraescapular se direciona para medial e inerva o músculo infraespinal dentro do primeiro centímetro em 89% das disseções. As distâncias médias do

tubérculo supraglenoidal ao nervo supraescapular na incisura espinoglenoidal e na base da espinha da escápula são de, respectivamente, 3 cm e 2,5 cm. A distância da linha média da borda posterior da glenoide ao nervo na base da espinha da escápula é de, em média, 1,8 cm.

Ajmani<sup>96</sup>, em 1994, disseca 34 cadáveres bilateralmente. O autor estuda o ramo cutâneo do nervo supraescapular, presente em 14,7% dos 68 membros examinados. Quando presente, passa profundamente ao ligamento acromioclavicular, curva-se para frente próximo a ponta do acrômio e perfura o músculo deltoide próximo a sua origem. No tecido subcutâneo, divide-se em três ou quatro ramos e supre o terço proximal da face lateral do braço no território do nervo axilar.

Demirhan et al.<sup>97</sup>, em 1998, estudam 23 ombros. O ligamento espinoglenoidal (ligamento transverso inferior da escápula) é presente em 14 dissecções (60,8%). Quando presente, o ligamento tem sua origem na base da espinha da escápula e insere na cápsula posterior do ombro.

Greiner et al.<sup>98</sup>, em 2003, avaliam 24 ombros. Em todos os casos o nervo supraescapular passa abaixo do ligamento transverso superior da escápula. Os autores observam que a maior parte dos ramos para o músculo supraespal são mediais à incisura supraescapular. A distância entre a incisura supraescapular e o ponto de entrada dos ramos mediais no músculo supraespal é de 29 mm em média.

Bodily et al.<sup>99</sup>, em 2005, estudam o nervo supraescapular em quatro dissecções. Os autores descrevem a utilização de um acesso combinado supra e infraclaviculares para a dissecção do nervo desde sua origem no tronco superior do plexo braquial até a incisura supraescapular. Em média, a neurólise do nervo supraescapular nesse trajeto permite sua mobilização em um comprimento extra de 16 mm e a obtenção de mais 7 mm com a liberação do ligamento transverso superior da escápula, totalizando 23 mm.

Pruksakorn et al.<sup>100</sup>, em 2007, dissecam 41 ombros de cadáveres na posição prona. A distância média do tubérculo conoide ao nervo supraescapular na borda medial da incisura supraescapular é de 3,3 cm.

Vorster et al.<sup>101</sup>, em 2008, estudam 31 ombros de 22 cadáveres para investigar a inervação sensitiva do ombro pelo nervo supraescapular. Em 27 ombros (87,1%) um ramo sensitivo pequeno, chamado “ramo articular”, é observado emergindo do tronco principal do nervo supraescapular proximal (48,2%), inferior (40,7%) ou distal (11,1%) ao ligamento transverso superior da escápula. Em 74,2% dos ombros um ramo acromial também é identificado. Sugerem que os ramos sensitivos do nervo supraescapular são mais comuns e numerosos que previamente descritos.

Duparc et al.<sup>102</sup>, em 2010, dissecam 30 ombros. O nervo supraescapular passa como estrutura única pela incisura supraescapular em 23 ombros (76,7%), junto com a artéria supraescapular em quatro (13,3%), junto com a veia supraescapular em dois (6,7%), e com ambas, artéria e veia, em um caso (3,3%). Um único ligamento superior transverso da escápula é observado em 29 ombros (96,7%) e duplo em um caso (3,3%). O diâmetro do nervo supraescapular na saída da incisura supraescapular é de 3,1 mm em média. O comprimento entre as incisuras supraescapular e espinoglenoidal é, em média, 24,3 mm. O ramo para o músculo supraespal original-se do nervo supraescapular antes da incisura supraescapular em um caso (3,3%), na incisura em dois (6,9%), imediatamente após em 19 (65,5%) e após o nervo supraescapular cruzar a incisura em sete ombros (24,1%). Uma fásia cobrindo o nervo supraescapular ao longo do seu curso na fossa supraespal é observada em 29 ombros (96,7%). O ligamento espinoglenoidal é observado em 28 ombros (93,3%).

Nam et al.<sup>103</sup>, em 2011, estudam 52 ombros de cadáveres coreanos. A distância entre a ponta anterior do acrômio e a borda medial da espinha da escápula é de 13,43 cm  $\pm$  0,94 cm. O nervo supraescapular encontra-se a uma distância de 5,74 cm  $\pm$  0,60 cm em relação à ponta anterior do acrômio.

Yang et al.<sup>104</sup>, em 2012, dissecam 103 ombros. O ligamento transverso superior da escápula é constante em 95,4% dos ombros. A altura e diâmetro médios da incisura supraescapular são de, respectivamente, 5,8 mm e 7,8 mm. O nervo supraescapular passa sob o ligamento transverso superior da escápula ou forame ósseo supraescapular em todos os casos, exceto nos dois em que não são observadas incisuras supraescapulares. O comprimento e largura médios desse ligamento são de, respectivamente, 11,6 mm e 3,4 mm. Todos os ombros têm uma única artéria supraescapular, e múltiplas veias estão presentes em 21,3% dos casos. A artéria supraescapular passa acima e abaixo do ligamento supraescapular em, respectivamente, 73,8% e 26,2% dos casos. Os autores classificam a disposição dos vasos supraescapulares em relação ao ligamento transverso superior da escápula em três tipos. No tipo I (59,4%), todos os vasos passam sobre o ligamento; no tipo II (29,7%), os vasos passam acima e abaixo do ligamento; e no tipo III (10,9%), todos os vasos passam abaixo do ligamento.

Mishra et al.<sup>63</sup>, em 2013, dissecam oito cadáveres para estudar a viabilidade de transferência do ramo motor da cabeça medial do tríceps para o nervo axilar (tronco principal) e para o ramo motor do músculo infraespal. O nervo supraescapular é seccionado após a passagem pela incisura espinoglenoidal e mobilizado para a região entre a espinha da escápula e o músculo infraespal. O comprimento médio do ramo motor para o músculo infraespal após a secção é de 4 cm (3 cm - 6 cm).

Polguy et al.<sup>105</sup>, em 2015, dissecam 106 ombros e avaliam a disposição do nervo, artéria e veia supraescapulares na incisura supraescapular em relação ao ligamento transverso superior da escápula. Os autores descrevem quatro padrões: no tipo I (61,3%), a artéria supraescapular passa acima do ligamento, enquanto veia e nervo passam abaixo; no tipo II (17%), ambos os vasos passam acima do ligamento e o nervo passa abaixo; no tipo III (12,3%); nervo e vasos passam abaixo do ligamento; o tipo IV (9,4%) inclui outras variações.

Wyles et al.<sup>64</sup>, em 2019, dissecam os 14 ombros de sete cadáveres. Isolam e seccionam o nervo supraescapular imediatamente distal à emergência do ramo motor para o músculo supraespal, próximo ao ligamento transverso superior da escápula. O comprimento médio desse ramo até a entrada no músculo infraespal é de 59 mm (46 mm - 80 mm).

Kaiser et al.<sup>68</sup>, em 2021, estudam 25 cadáveres. Descrevem que o nervo supraescapular origina-se do tronco superior do plexo braquial, que é formado pela união dos ramos ventrais de C5 e C6 e raramente da raiz de C4. O nervo passa através do triângulo posterior do pescoço paralelo ao ventre inferior do músculo omo-hióideo e profundo ao músculo trapézio. Em seguida, segue ao longo da borda superior da escápula, passa pela incisura supraescapular abaixo do ligamento transverso superior da escápula e entra na fossa supraespal. Em seguida, tem trajeto profundo ao músculo supraespal, relativamente fixo no assoalho da fossa supraespal, e curva-se ao redor da borda lateral da espinha da escápula através da incisura espinoglenoidal até a fossa infraespal. Os autores propõem uma técnica de transferência do nervo acessório (XI) para o ramo motor do infraespal. A secção desse ramo motor é realizada na região da incisura espinoglenoidal, medindo o coto distal, em média, 3,6 cm.

Montané-Blanchart et al.<sup>106</sup>, em 2022, dissecam seis cadáveres bilateralmente. O nervo supraescapular passa abaixo do ligamento transverso superior da escápula em todos os casos. Em quatro cadáveres a divisão em ramos motores para os músculos supraespal (ramo medial) e infraespal (ramo lateral) acontece após a passagem por esse ligamento, enquanto nos outros dois casos ocorrem proximal ao ligamento. Os diâmetros médios do nervo supraescapular nas topografias das incisuras supraescapular e espinoglenoidal são de, respectivamente, 2,008 mm e 2,047 mm.

Krajcová et al.<sup>70</sup>, em 2023, estudam 18 cadáveres. O ramo motor do músculo infraespal é seccionado na região da incisura espinoglenoidal. Após a neurotomia, o comprimento e diâmetro desse nervo são, em média, 40,9 mm e 2,3 mm, respectivamente.

### 3.2 ANATOMIA DO NERVO AXILAR

Kerr<sup>91</sup>, em 1918, publica sobre disseções do “Anatomical Laboratory of the Johns Hopkins Medical School” durante os anos de 1885 a 1900 e do “Anatomical Laboratory of the Cornell University Medical College” de 1900 a 1910. O autor preserva 175 disseções com valor científico e, em 173, os registros são satisfatórios para o nervo axilar. O nervo axilar origina-se do fascículo posterior em 138 casos (79,76%).

Aszmann e Dellon<sup>107</sup>, em 1996, estudam 40 nervos axilares e observam que sua divisão em dois ramos principais, inferomedial e superolateral, ocorre, em média, 35 mm proximal a sua entrada no espaço quadrangular. O ramo inferomedial termina como ramos para o músculo redondo menor e cutâneo lateral do braço e, em quatro casos (10%), emite também ramo para a porção posterior do deltoide. O ramo superolateral inerva o deltoide.

Duparc et al.<sup>108</sup>, em 1997, estudam 32 ombros. Dividem o curso do nervo axilar em cinco segmentos: 1- de sua origem à borda inferior do músculo subescapular; 2- do músculo subescapular à borda anterolateral do tendão da cabeça longa do tríceps; 3- do tendão da cabeça longa do tríceps à parte posteromedial do colo cirúrgico do úmero; 4- do úmero à entrada do nervo no músculo deltoide; 5- distribuição intramuscular do nervo no deltoide. A divisão do nervo axilar ocorre nas zonas três, quatro e cinco em, respectivamente, oito, 12 e 12 ombros.

Zhao et al.<sup>109</sup>, em 2001, estudam 40 ombros de 20 cadáveres com finalidade de obterem dados para neurotizações seletivas do músculo deltoide. Os autores descrevem que o nervo axilar se origina do fascículo posterior do plexo braquial, tem trajeto ínfero-lateral e anterior ao músculo subescapular e, então, passa pelo espaço quadrangular. Depois, emite os ramos para os músculos deltoide e redondo menor, ramos sensitivos e para o ombro. Dividem o trajeto do nervo axilar em três segmentos: proximal, anterior e distal ao músculo subescapular. Observam que entre a origem do nervo axilar e a borda superior do músculo subescapular, o nervo é um tronco único, enquanto na borda inferior desse músculo, dois grupos de fascículos do nervo podem ser identificados: um medial e um lateral. Mostram que esses grupos ainda não se separaram, mas são distintos por perineuro frouxo. Esses dois grupos de fascículos começam a se separar em duas divisões distintas dentro do espaço quadrangular. Na borda posterossuperior do espaço quadrangular, que é a borda inferior do músculo redondo menor, o nervo axilar separa-se claramente em divisão anterior (continuação do grupo de fascículos laterais) e divisão posterior (continuação do grupo de fascículos mediais). A divisão posterior é mais superficial e emite ramos em direção posterior, enquanto a divisão anterior é direcionada anteriormente ao redor do colo do úmero. A divisão anterior contém todas as fibras que inervam o deltoide anterior e médio. A divisão posterior

origina o ramo para o músculo redondo menor (ao nível da borda inferior desse músculo), o nervo cutâneo lateral superior do braço e, na maior parte dos casos, contém fibras para o deltoide posterior. Sobre isso, constata-se três padrões de inervação do deltoide posterior: no tipo I (47,5%) a inervação ocorre pelas divisões anterior e posterior, no tipo II (42,5%) a inervação é apenas pela divisão posterior e no tipo III (10%) a inervação é apenas pela divisão anterior.

Tubbs et al.<sup>110</sup>, em 2001, dissecam 30 ombros. Constatam que o nervo axilar é encontrado na topografia superior e medial de um triângulo formado pelas linhas que passam pela borda medial do músculo coracobraquial, borda lateral do músculo peitoral menor e terceira porção da artéria axilar. O diâmetro médio do nervo axilar nessa região é de 3,5 mm (2,5 mm - 5 mm).

Ball et al.<sup>111</sup>, em 2003, examinam 19 membros superiores por via posterior com o objetivo de estudar a divisão posterior do nervo axilar. O tronco do nervo axilar se divide na região anterior à origem da cabeça longa do tríceps na posição de 6 h em relação à glenoide. A divisão posterior do nervo axilar tem um comprimento médio de 10 mm (2 mm - 17 mm) até se dividir em ramo para o músculo redondo menor e ramo cutâneo lateral superior do braço. O comprimento médio do ramo para o músculo redondo menor é de 18 mm (11 mm - 25 mm). O nervo cutâneo lateral superior do braço tem trajeto inferior ao deltoide posterior e se torna superficial próximo à borda medial do mesmo. Em todos os casos, a divisão posterior está medial à divisão anterior no espaço quadrangular e cursa medialmente e posteriormente ao longo da borda lateral da origem da cabeça longa do tríceps, inferior à borda da glenoide. Não há ramos articulares com origem na divisão posterior. A parte posterior do deltoide tem uma inervação mais consistente pelo ramo anterior do nervo axilar.

Witoonchart et al.<sup>54</sup>, em 2003, publicam o trabalho sobre a viabilidade da técnica de transferência do nervo destinado à cabeça longa do tríceps para o ramo anterior do nervo axilar, por via posterior. O estudo em cadáveres é realizado em 36 cinturas escapulares. O comprimento médio do ramo anterior do nervo axilar é de 44,5 mm e do ramo destinado à cabeça longa do tríceps é de 68,5 mm. O diâmetro médio do ramo anterior do nervo axilar e do nervo destinado à cabeça longa do tríceps são de, respectivamente, 2,1 mm e 1,1 mm. Sobre a anatomia do nervo axilar, no espaço quadrangular existe a divisão de dois grupos de ramos: um a três ramos anteriores e um ramo posterior. O ramo anterior passa ao redor do colo do úmero e inerva o deltoide. Do ramo posterior emerge o ramo para o redondo menor e tem-se a divisão em ramo para a porção posterior do deltoide e nervo cutâneo lateral superior do braço. Visam apenas a reinervação do deltoide, sem incluir o redondo menor, cujas fibras emergem do ramo posterior do nervo axilar. Concluem que a técnica é factível de ser realizada sem necessidade de interposição de enxerto de nervo.

Tubbs et al.<sup>112</sup>, em 2005, dissecam 30 ombros de 15 cadáveres. Os autores realizam medidas do espaço quadrangular, obtendo médias de 2,5 cm de altura, 2,5 cm de largura e 1,5 cm de profundidade. O nervo axilar é a estrutura mais superior nesse espaço em todos os casos. Ele dá origem a seus ramos musculares, para os músculos redondo menor e deltoide, dentro do espaço quadrangular em 10 casos (33%) e posterior a ele em 20 casos (66%). Bandas fasciais são encontradas no espaço quadrangular em 90% dos casos.

Gelber et al.<sup>113</sup>, em 2006, dissecam 61 ombros. A distância média do nervo axilar, desde sua origem no fascículo posterior do plexo braquial até sua divisão em dois ramos principais, é de 46 mm (8 mm - 74 mm). Em 23 casos a divisão ocorre em região proximal ao espaço quadrangular, em 34 dentro desse espaço e em quatro ombros não existe uma divisão clara do tronco principal. Observam que a divisão anterior do nervo axilar inerva principalmente as porções anterior e média do deltoide, mas também emite ramo para a porção posterior em todos os casos. Entretanto, a porção posterior do deltoide é inervada pela divisão posterior em 88,52% dos casos. A divisão posterior do nervo axilar tem comprimento médio de 8 mm (1 mm - 15 mm) antes de se dividir em ramos para o músculo redondo menor e cutâneo lateral superior do braço.

Bertelli et al.<sup>74</sup>, em 2007, dissecam 20 axilas (braço abduzido e rodado externamente). O nervo axilar emerge da porção superior do fascículo posterior do plexo braquial a uma distância média de 49,6 mm (28,2 mm - 70 mm) do tendão do músculo grande dorsal. Na margem lateral do músculo subescapular, o nervo axilar é encontrado no centro de um triângulo formado pela artéria subescapular, tendão do grande dorsal e artéria circunflexa posterior do úmero. Na entrada do espaço quadrangular, as divisões do nervo axilar são conectadas entre si frouxamente e podem ser facilmente separadas por dissecação romba. A divisão anterior é lateral, tem trajeto ao redor do colo do úmero, inerva as porções anterior e média do deltoide, é seguida pela artéria circunflexa posterior do úmero e tem diâmetro médio de 2,9 mm (1,7 mm - 3,5 mm). Em uma distância média de 12,7 mm (9,7-23,5 mm) distal à sua origem, a divisão posterior se divide em um ramo para o músculo redondo menor e um tronco, o qual dá origem ao nervo cutâneo lateral superior do braço e ao ramo motor para a porção posterior do músculo deltoide. O ramo para o músculo redondo menor é o localizado mais medial e em contato próximo com o tendão da cabeça longa do tríceps. A entrada do ramo no músculo redondo menor está localizada no seu terço proximal e superfície anterior. O diâmetro da divisão posterior contendo o ramo para o deltoide e o ramo sensitivo é, em média, 2,1 mm (0,8 mm - 3,5 mm), enquanto o diâmetro médio do ramo para o músculo redondo menor é 2,2 mm (1,2 mm - 4 mm).

Uz et al.<sup>114</sup>, em 2007, dissecam 30 ombros por vias anterior deltopeitoral e posterior. A distância média do canto póstero-lateral do acrômio ao nervo axilar e seus ramos é 7,8 cm. As divisões anterior e posterior do nervo axilar são claramente distinguíveis ao longo da borda inferior do músculo redondo menor. O ramo posterior tem curso mais superficial e emite ramos posteriormente. Em todos os casos, o primeiro ramo muscular da divisão posterior do nervo axilar é para o músculo redondo menor, abaixo da borda inferior desse músculo. Tendo formato de um gancho, se curva após sua origem para inervar o músculo. Em 28 casos (93,3%) o segundo ramo originado da divisão posterior é para a porção posterior do deltoide e, após, se torna um ramo puramente sensitivo. Os comprimentos médios dos ramos dos músculos redondo menor e deltoide posterior, da origem à entrada muscular, são 2,4 cm e 4,4 cm, respectivamente. As porções acromial e clavicular do músculo deltoide são inervadas pela divisão anterior do nervo axilar em todos os casos. Os ramos para essas porções do deltoide têm comprimento médio de, respectivamente, 3,6 cm e 6,3 cm. A porção posterior do deltoide é inervada por ramo(s) proveniente(s) apenas da divisão posterior em 70%, da divisão anterior e posterior em 26,7% e apenas da anterior em 3,3% dos casos. Em relação ao ramo articular, em nove casos (30%) ele se origina do tronco principal do nervo axilar, em 10 (33,3%) da divisão posterior, em cinco (16,6%) da divisão anterior e nos demais não é identificado.

Loukas et al.<sup>115</sup>, em 2009, examinam o nervo axilar em 100 dissecções. Ele dá origem às divisões anterior e posterior dentro do espaço quadrangular em 65% e no músculo deltoide em 35%. A divisão posterior dá origem ao ramo para o músculo redondo menor e ao nervo cutâneo lateral superior do braço em todos os casos, ao ramo para a porção posterior do deltoide em 90% dos casos e ao ramo para a porção média do deltoide em 38% deles. A divisão anterior emite um ramo para a cápsula articular e para as porções anterior e média do deltoide em 100% dos casos. Em 18% dos ombros a divisão anterior do nervo axilar emite ramo para a porção posterior do deltoide. Portanto, as porções média e posterior do deltoide têm dupla inervação pelas divisões anterior e posterior em 38% e 18% dos casos, respectivamente. O comprimento médio da ponta da cabeça do úmero às divisões anterior e posterior são, respectivamente, 5,55 cm e 4,83 cm. O comprimento médio do ramo para o músculo redondo menor é 2,12 cm, do ramo cutâneo lateral superior do braço é 8,1 cm e do ramo para a cápsula articular é 3,5 cm.

Friend et al.<sup>116</sup>, em 2010, estudam o nervo axilar e seu ramo para o músculo redondo menor em nove ombros de oito cadáveres. O comprimento médio do nervo axilar da sua origem no fascículo posterior até sua bifurcação em divisões anterior e posterior é de 51 mm (31 mm - 69 mm). O comprimento médio entre essa bifurcação e o ramo para o redondo menor é de 11 mm (6 mm - 25 mm). Quanto ao ramo para o músculo redondo menor, o diâmetro médio é de 3 mm (1 mm - 4 mm), o comprimento é de 35 mm (17 mm - 62 mm) e o número médio de seus ramos terminais é 2 (1 - 4).

Stecco et al.<sup>117</sup>, em 2010, realizam um estudo anatômico em 16 ombros com a finalidade de identificar as relações anatômicas do nervo axilar na via transdeltoide. O nervo axilar origina-se do fascículo posterior em todos os casos. Tem trajeto ínfero-lateral na superfície anterior do músculo subescapular até entrar no espaço quadrangular junto com os vasos circunflexos umerais posteriores. Então, ele se separa em divisões anterior e posterior. A divisão anterior passa ao redor do colo cirúrgico do úmero e penetra o deltoide. A divisão posterior emite um ramo ao músculo redondo menor e depois entra na porção posterior do músculo deltoide. O tronco principal do nervo axilar emite ramo para a articulação do ombro. O diâmetro médio do nervo axilar é  $0,57 \text{ cm} \pm 0,44 \text{ cm}$ , da sua divisão anterior  $0,40 \text{ cm} \pm 0,33 \text{ cm}$ , da sua divisão posterior  $0,33 \text{ cm} \pm 0,20 \text{ cm}$  e do ramo para o músculo redondo menor  $0,24 \text{ cm} \pm 0,23 \text{ cm}$ . Em todos os casos o ramo cutâneo lateral do nervo axilar origina-se de sua divisão posterior. Três padrões do nervo axilar são identificados e a principal diferença entre eles é o ramo do músculo redondo menor. No tipo A (32%), ele se origina do tronco principal do nervo axilar, no tipo B (62%), da divisão posterior e no tipo C (6%), origina-se do tronco principal, mas também fornece dois ramos que se destinam à parte posterior do músculo deltoide. Nos tipos A e C, a distância média entre a origem do nervo axilar no fascículo posterior do plexo braquial e a origem do ramo para o músculo redondo menor é  $3,10 \text{ cm} \pm 0,97 \text{ cm}$  e a distância média da origem do ramo do músculo redondo menor ao ponto em que o nervo axilar se divide em divisões posterior e anterior é  $1,75 \text{ cm} \pm 0,78 \text{ cm}$ . No tipo B, a distância média entre o ponto de subdivisão do nervo axilar e a origem do ramo para o músculo redondo menor é  $1,91 \text{ cm} \pm 0,43 \text{ cm}$ . Nos três tipos a divisão anterior emite ramos para as porções anterior e média do deltoide.

Bertelli et al.<sup>118</sup>, em 2011, realizam o estudo da região axilar em 10 cadáveres bilateralmente. O nervo axilar emerge da porção superior do fascículo posterior a uma distância média de  $49,6 \text{ mm} \pm 14,3 \text{ mm}$  medial ao tendão do músculo grande dorsal. Na margem lateral do músculo subescapular, o nervo axilar encontra-se no centro de um triângulo delimitado medialmente pela artéria subescapular, lateralmente pelo tendão do grande dorsal e cefálico pela artéria circunflexa posterior do úmero. Ao longo da margem lateral do músculo subescapular, o nervo axilar bifurca, consistentemente, em divisões anterior e posterior. Em uma distância média de  $12,7 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  distal a sua origem, a divisão posterior do nervo axilar emite o ramo para o músculo redondo menor. O ramo da porção posterior do músculo deltoide tem origem na divisão posterior do nervo axilar a uma distância média de  $13 \text{ mm} \pm 2,4 \text{ mm}$  distal à emergência do ramo para o músculo redondo menor. A divisão posterior do nervo axilar termina como nervo cutâneo lateral superior do braço, que, em nenhum caso, emerge do ramo para o músculo redondo menor. O ramo para o músculo redondo menor tem contato próximo com a cabeça longa do tríceps e a

margem lateral do músculo subescapular e entra no músculo redondo menor pelo seu aspecto anterior ou lateral, nunca posterior. Apresenta comprimento médio de 18 mm  $\pm$  5 mm e diâmetro médio de 2,5 mm  $\pm$  0,7 mm. Em uma dissecação há dois ramos motores para o músculo redondo menor. O ramo motor para o deltoide posterior entra no músculo em um ponto, em média, localizado a 38 mm  $\pm$  8 mm da origem da margem posterior do músculo, tendo comprimento médio de 19 mm  $\pm$  6 mm e diâmetro médio de 1,8 mm  $\pm$  0,7 mm. Em metade das disseções o ramo para o deltoide posterior bifurca logo após sua emergência e na outra metade bifurca no ponto de entrada muscular.

Nam et al.<sup>103</sup>, em 2011, estudam 52 ombros de cadáveres coreanos. A distância entre o ângulo do acrômio e a inserção inferior do músculo redondo maior é de 8,25 cm  $\pm$  1,08 cm. O nervo axilar encontra-se a uma distância de 4,71 cm  $\pm$  0,85 cm do ângulo do acrômio.

Leechavengvongs et al.<sup>119</sup>, em 2015, estudam a anatomia do nervo axilar em 129 membros superiores e observam que ele dá origem às divisões anterior e posterior dentro do espaço quadrangular em todos os casos, nenhum dentro do músculo deltoide. A divisão posterior está localizada mais superficialmente que a anterior. Em todos os casos as porções anterior e média do deltoide são inervadas pela divisão anterior do nervo axilar. A porção posterior do deltoide é inervada apenas pela divisão anterior, apenas pela divisão posterior e por ambas divisões em, respectivamente, 2,3%, 8,5% e 89,1%. A divisão anterior do nervo axilar contribui com a inervação da porção posterior do deltoide em 91,5% dos casos, já a divisão posterior contribui em 97,7%. O comprimento médio da borda lateral do acrômio à bifurcação do nervo axilar é 7,2 cm (5,2 cm - 9,3 cm). Os comprimentos médios das divisões anterior e posterior do nervo axilar são, respectivamente, 5,4 cm (1,6 cm - 9,2 cm) e 4,5 cm (1,7 cm - 8,1 cm). Classificam a inervação do deltoide em quatro padrões: no tipo A (84,5%), a divisão anterior do nervo axilar inerva todas as porções do deltoide e a divisão posterior inerva a porção posterior; no tipo B (2,3%), a divisão anterior do nervo axilar inerva todas as porções do deltoide e a divisão posterior continua como ramo sensitivo, sem emitir ramo para o deltoide; no tipo C (4,7%), existem dois ramos da divisão anterior do nervo axilar que inervam todas as porções do deltoide e a divisão posterior inerva a porção posterior; e no tipo D (8,5%) a divisão anterior inerva as porções anterior e média do deltoide, e a divisão posterior inerva a porção posterior do músculo.

Gurushantappa e Kuppasad<sup>120</sup>, em 2015, dissecam 50 ombros. Observam que o nervo axilar se origina do fascículo posterior do plexo braquial em todos os casos, bifurcando-se em divisões anterior e posterior no espaço quadrangular e abaixo do músculo deltoide em 88% e 12% dos casos, respectivamente. Sobre a inervação das porções do deltoide, a anterior é inervada pela

divisão anterior do nervo em 100% dos casos; a porção média é inervada apenas pela divisão anterior em 56% e por ambas as divisões em 44%; e a porção posterior é inervada apenas pela divisão posterior em 92% e por ambas as divisões em 8% dos casos. Em todas as disseções, o ramo para o músculo redondo menor se origina da divisão posterior do nervo axilar.

Uluer et al.<sup>121</sup>, em 2015, estudam 70 ombros de fetos. Sobre a divisão do nervo axilar, observam que ocorre em dois troncos, primeiramente medial e lateral e depois anterior e posterior. O primeiro ramo da divisão posterior em todos os casos é o ramo motor para o músculo redondo menor. Depois, emerge o nervo cutâneo lateral superior do braço e a continuação dele é o ramo para a porção posterior do deltoide. A divisão anterior contém todas as fibras que inervam as porções anterior e média do deltoide e, em dois casos (2,9%), também contribui para a inervação da porção posterior.

Rastogi et al.<sup>122</sup>, em 2018, estudam o nervo axilar em 23 cadáveres. O nervo axilar divide-se no espaço quadrangular em todos os casos. A distância média da sua origem no fascículo posterior até a bifurcação em ramos anterior e posterior é de  $39 \text{ mm} \pm 13 \text{ mm}$ ; da bifurcação ao ramo do músculo redondo menor é de  $13 \text{ mm} \pm 6 \text{ mm}$ ; e da bifurcação até o ramo médio da divisão anterior é de  $26 \text{ mm} \pm 11 \text{ mm}$ . O ramo para o músculo redondo menor e nervo cutâneo lateral superior do braço originam-se da divisão posterior ou tronco principal do nervo axilar em todos os casos. O peso da porção do músculo deltoide inervada pela divisão anterior do nervo axilar é de  $85\% \pm 4\%$  do peso total, enquanto a divisão posterior supre  $15\% \pm 4\%$ , em peso. O deltoide posterior é inervado pelas divisões anterior e posterior em 91,3% dos casos.

Paulos<sup>69</sup>, em 2021, disseca 20 axilas. O ramo motor para o músculo redondo menor é a estrutura mais medial originada do nervo axilar em todos os casos, apresentando diâmetro médio de 1,91 mm (1,4 mm - 2,27 mm; dp: 0,23).

Kim et al.<sup>123</sup>, em 2021, dissecam 37 membros superiores. Os autores classificam o padrão de ramificação do nervo axilar em três tipos: 1- o nervo axilar se divide no espaço quadrangular, a divisão anterior inerva as porções anterior e média do deltoide e a divisão posterior emite ramos para o deltoide posterior, redondo menor e o cutâneo lateral superior do braço (23 casos); 2- o nervo axilar se divide no espaço quadrangular, a divisão anterior inerva todo o deltoide e a divisão posterior emite os ramos para o redondo menor e cutâneo lateral superior do braço (13 casos); 3- semelhante ao tipo 2, porém o nervo axilar se divide antes do espaço quadrangular (um caso). Estudam o ramo motor para o redondo menor em 27 ombros. Destes casos, em 23 o músculo redondo menor recebe apenas um ramo, enquanto os outros quatro casos recebem dois ramos. Esse ramo sempre entra na face ventral do músculo, inferiormente, em forma de “U”.

### 3.3 ANATOMIA DO NERVO RADIAL

Kerr<sup>91</sup>, em 1918, publica sobre disseções do “Anatomical Laboratory of the Johns Hopkins Medical School” durante os anos de 1885 a 1900 e do “Anatomical Laboratory of the Cornell university Medical College” de 1900 a 1910. O autor preserva 175 disseções com valor científico e, em 173, os registros são satisfatórios para o nervo radial. O nervo radial origina-se do fascículo posterior em 138 casos (79,76%).

Witoonchart et al.<sup>54</sup>, em 2003, publicam o trabalho sobre a viabilidade da técnica de transferência do nervo destinado à cabeça longa do tríceps para o ramo anterior do nervo axilar, por via posterior. O estudo em cadáveres é realizado em 36 cinturas escapulares. O comprimento médio do ramo destinado à cabeça longa do tríceps é de 68,5 mm, e seu diâmetro médio é de 1,1 mm. Sobre a anatomia do nervo radial, observam que o ramo para a cabeça longa do tríceps é o primeiro ramo a emergir do nervo radial. O ramo para a cabeça lateral emerge distalmente.

De Sèze et al.<sup>84</sup>, em 2004, estudam 20 membros superiores de cadáveres quanto à inervação da cabeça longa do tríceps. Observam que em 13 casos o ramo motor para a cabeça longa do tríceps origina-se do nervo axilar próximo a sua origem, em cinco casos origina-se da divisão terminal do fascículo posterior do plexo braquial e, em dois casos origina-se do fascículo posterior 10 mm antes de sua divisão entre nervos axilar e radial. Em nenhum caso foi observada origem no nervo radial. Realizam também a mesma investigação em 15 pacientes com lesão de C5-C6, sem paralisia da cabeça longa do tríceps. Em 11 casos o ramo motor para a cabeça longa do tríceps origina-se do nervo axilar próximo a sua origem e, em quatro casos, da divisão terminal do fascículo posterior. Em nenhum caso originou-se do nervo radial.

Özer et al.<sup>124</sup>, em 2006, dissecam 14 cotovelos e observam o padrão de inervação da cabeça medial do músculo tríceps e do músculo ancônio pelo nervo radial. A distância média do ponto de ramificação do nervo para a cabeça medial do tríceps é de 168,3 mm (130,36 mm - 185,4 mm) proximal ao epicôndilo medial. Após um curso distal e lateral, o ramo entra na cabeça medial do tríceps a uma distância média de 83,73 mm (63,03 mm - 102,12 mm) da linha horizontal que passa pelo epicôndilo lateral.

Bertelli et al.<sup>78</sup>, em 2007, dissecam ambos os membros superiores de 10 cadáveres. Por via posterior no braço, o nervo radial e seus ramos para o tríceps encontram-se próximos do tendão do redondo maior. Um único ramo inerva a cabeça longa do tríceps, enquanto dupla inervação é identificada para as cabeças lateral e medial. Nessa região, em direção anti-horária, o ramo motor para a cabeça longa do tríceps é o primeiro ramo a ser identificado, seguido pelo ramo superior para a cabeça medial, ramo inferior para a cabeça medial do tríceps e músculo

ancôneo e, finalmente, ramo motor superior para a cabeça lateral. Todos os ramos são mediais ao nervo radial, exceto o ramo superior para a cabeça lateral. O ramo superior para a cabeça lateral origina-se do nervo radial, enquanto o ramo inferior é originado do ramo motor inferior da cabeça medial, que por fim inerva o músculo ancôneo. Ambos os ramos motores da cabeça longa e superior da cabeça medial originam-se na região axilar nas proximidades do tendão do músculo grande dorsal. Da borda distal do tendão do redondo maior à entrada do sulco espiral, o nervo radial não emite outros ramos motores. O ramo para a cabeça longa do tríceps é o primeiro a emergir do nervo radial e tem o menor comprimento. O ramo superior para a cabeça medial do tríceps também se origina na região da axila, logo distal à origem do ramo para a cabeça longa do tríceps, se localiza profundo e entre os ramos para a cabeça longa do tríceps e o nervo radial, e entra no músculo na sua porção proximal. O ramo inferior para a cabeça medial do tríceps e para o músculo ancôneo é o mais comprido, tem trajeto paralelo e justa-medial ao nervo radial e entra no músculo logo antes do sulco espiral. Nessa região, emite um ou dois ramos motores (inferiores) para a cabeça lateral. O ramo motor superior para a cabeça lateral se origina distalmente ao tendão do redondo maior e forma uma “imagem em espelho” do ramo para a cabeça longa do tríceps. Os diâmetros médios dos ramos motores para a cabeça longa, lateral, superior medial e inferior medial são, respectivamente, 2,1 mm, 1,9 mm, 1,6 mm e 2 mm. Os comprimentos médios dos ramos motores para a cabeça longa, lateral, superior medial e inferior medial são, respectivamente, 31,6 mm, 44 mm, 65,1 mm e 93,7 mm.

Bekler et al.<sup>85</sup>, em 2009, estudam 18 membros superiores de 10 cadáveres adultos. Os autores exploram a possibilidade de contribuição do nervo ulnar para a inervação da cabeça medial do tríceps. Observam que em 11 casos existe ramificação do nervo ulnar (tronco principal) para a cabeça medial do tríceps e em seis casos esse músculo recebe ramificação colateral ulnar acessória do nervo radial.

Bertelli et al.<sup>118</sup>, em 2011, dissecam 10 cadáveres bilateralmente. Registram o diâmetro médio dos ramos motores para as cabeças longa e medial do tríceps em, respectivamente, 1,5 mm  $\pm$  0,5 mm e 1,7 mm  $\pm$  0,6 mm.

Uerpaiojkit et al.<sup>79</sup>, em 2013, estudam a anatomia dos ramos do nervo radial para o músculo tríceps braquial em 79 membros superiores. Observam que o primeiro ramo é constante para a cabeça longa do tríceps, próximo à margem inferior do músculo redondo maior. Esse ramo é originado do nervo radial em região proximal à margem inferior do músculo redondo maior em 48 braços (comprimento médio de 34,8 mm, variação de 15 mm - 60 mm, e distância média da margem inferior do músculo redondo maior de 13,5 mm em um intervalo de 5 mm - 34 mm), na margem inferior do redondo maior em 17 casos (comprimento médio de

32,8 mm e uma variação de 10 mm - 62 mm) e distal à margem inferior do músculo redondo maior em 14 braços (comprimento médio de 29,9 mm com variação de 20 mm - 50 mm, e distância média da margem inferior do músculo redondo maior de 7,9 mm, com variação de 2 mm - 23 mm). O segundo ramo não é constante, sendo em 30 casos (38%) o ramo para a cabeça medial superior, em oito (10,1%) o ramo para a cabeça medial, em 35 (44,3%) o ramo para a cabeça lateral superior e em seis (7,6%) o ramo para a cabeça lateral. Observam também variação quanto ao número de ramos para o tríceps, na qual se baseiam para a criação de uma classificação: cinco ramos em 21 braços (26,6%) (tipo A), quatro ramos em 38 (48,1%) (tipo B), três ramos em 17 (21,5%) (tipo C) e dois ramos em três casos (3,8%) (tipo D).

Pascual-Font et al.<sup>80</sup>, em 2013, estudam 15 membros superiores de embriões e fetos quanto à inervação da cabeça medial do músculo tríceps braquial. Em todos os casos, ramos oriundos do nervo radial (chamados nervos colaterais ulnares) emergem ao nível da axila e vão em direção ao nervo ulnar. Esses ramos unem-se às bainhas dos nervos ulnares no terço superior do braço, mas sem se misturar com as fibras dos nervos ulnares. Eles permanecem intimamente ligados aos nervos ulnares até a região distal do braço onde os abandonam e entraram nas cabeças mediais dos músculos tríceps. Observam um ramo adicional para a cabeça medial do tríceps mais distalmente, também originado do nervo radial, com maior calibre que o primeiro. Não observam inervação real do nervo ulnar para a cabeça medial do tríceps.

Loukas et al.<sup>86</sup>, em 2013, estudam 50 membros superiores. Constatam que a inervação da cabeça medial do tríceps é feita pelo nervo ulnar em 14 casos (28%). A distância média dos ramos do nervo ulnar ao longo de uma linha entre o colo cirúrgico e a linha epicondilar do úmero, de distal para proximal, é de 26% ou 7,28 cm (variação de 11% - 39% ou 3,1 cm - 10,9 cm). O comprimento dos ramos de nervo ulnar variam de 1,2 mm a 4,5 mm, com média de 3,4 mm. O diâmetro médio desses ramos é de 0,9 mm (0,6 mm - 1,3 mm).

Al-Meshal e Gilbert<sup>81</sup>, em 2013, dissecam 25 membros superiores. Todos os ramos motores para as cabeças do tríceps originam-se do nervo radial. A cabeça longa do tríceps recebe inervação por um único ramo em 23 casos (92%) e dois ramos em dois casos (8%). A cabeça medial do tríceps recebe apenas um ramo em 22 casos (88%) e dois ramos em três casos (12%). A cabeça lateral do tríceps recebe mais de um ramo (dois a cinco) em todos os casos.

Mishra et al.<sup>63</sup>, em 2013, estudam oito cadáveres. O comprimento médio do ramo motor para a cabeça medial do tríceps é de 15 cm (10 cm - 19 cm), havendo distalmente pelo menos dois ramos na entrada muscular (2 - 6).

Seema e Gangadhar<sup>125</sup>, em 2015, estudam 50 membros superiores de cadáveres adultos. Observam a inervação da cabeça longa do tríceps braquial pelo nervo axilar em 4% dos casos.

Bertelli et al.<sup>126</sup>, em 2015, dissecam 10 cadáveres para avaliar viabilidade anatômica da transferência de nervos de um ramo do músculo flexor ulnar do carpo para o ramo inferior da cabeça medial do tríceps braquial. O comprimento e diâmetro médios do ramo inferior para a cabeça medial do tríceps são de, respectivamente, 86 mm e 1,5 mm.

Khair et al.<sup>82</sup>, em 2016, estudam 10 membros superiores quanto à factibilidade das neurotizações de ramos do tríceps para o nervo axilar. Os autores seccionam os nervos doadores em seu ponto de arborização mais distal e os mobilizam em direção aos nervos receptores. Os comprimentos dos ramos para tríceps são registrados como valores positivos, significando que passaram a linha de referência (borda inferior do redondo maior) em direção ao espaço quadrangular. A distância do tronco do nervo axilar, ramo para o músculo redondo menor, ramo para o deltoide posterior e divisão anterior são registrados como valores negativos, significando que estão aquém da linha de referência (borda inferior do músculo redondo maior). Essas distâncias médias, em milímetros, são: ramo da cabeça longa do tríceps, 12; ramos da cabeça medial do tríceps, 49 do primeiro ramo e 48 do segundo; cabeça lateral do tríceps, 28 do primeiro ramo, 41 do segundo e 62 do terceiro; tronco do nervo axilar, -13; divisão anterior, -12; divisão posterior, -12; ramo para o redondo menor, -11. Em apenas quatro dos 10 casos, o ramo para a cabeça longa do tríceps alcança todos os possíveis nervos receptores. Nos outros seis casos, é insuficiente para alcançar o tronco do nervo axilar (cinco), a divisão anterior (cinco), a divisão posterior (quatro) e o ramo para o músculo redondo menor (cinco). Em um caso, o ramo para a cabeça lateral do tríceps não alcança o tronco do nervo axilar, a divisão posterior ou o ramo para o redondo menor, mas consegue alcançar a divisão anterior. Em todos os outros nove casos, esses ramos são suficientes para atingir todos os alvos. Todos os ramos para as cabeças mediais do tríceps têm comprimentos suficientes para alcançar todos os possíveis nervos receptores.

Erhardt e Futterman<sup>87</sup>, em 2017, dissecam 22 ombros a fim de estudar a inervação da cabeça longa do tríceps. Observam que em apenas oito ombros a inervação é feita pelo nervo radial exclusivamente, considerado o padrão clássico de inervação. Dos outros casos, 11 têm inervação dupla pelos nervos radial e axilar e três casos tem inervação apenas pelo nervo axilar.

Silva et al.<sup>88</sup>, em 2017, estudam 60 membros superiores. Em 50 casos (83,3%) não existe comunicação do nervo ulnar e outros nervos. Observam contribuição do nervo ulnar para o tríceps em nove casos: em cinco deles existe ramo do nervo ulnar para o tríceps; em três casos, comunicação do nervo ulnar com o nervo radial; em um caso tanto um ramo direto do nervo ulnar para o tríceps quanto comunicação entres os nervos ulnar e radial. Finalmente, em outro caso, foi observada comunicação entres os nervos ulnar e musculocutâneo.

Develi<sup>89</sup>, em 2018, estuda 35 membros superiores. O autor registra a presença de um ramo do nervo ulnar para a cabeça medial do músculo tríceps braquial no terço distal do braço em cinco dissecções (14,7%).

Chaware et al.<sup>83</sup>, em 2018, dissecam os membros superiores de 36 cadáveres. A cabeça longa do tríceps braquial é inervada por um ramo do nervo radial em 31 casos (86%), dois ramos, sendo um do nervo radial e outro do nervo axilar, em quatro casos (11%) e inervação exclusiva por um ramo no nervo axilar em um caso (3%). A cabeça medial do tríceps recebe dois ramos do nervo radial em 34 casos (94%), três ramos do nervo radial em um caso (3%) e dupla inervação pelos nervos radial e ulnar em um caso (3%). A cabeça lateral do tríceps recebe de dois a cinco ramos exclusivamente do nervo radial em todos os casos.

Wade et al.<sup>127</sup>, em 2018, dissecam 27 membros superiores de 15 cadáveres para analisar a inervação da cabeça longa do tríceps braquial. Os autores observam inervação exclusiva pelo nervo radial, em nenhum caso pelo nervo axilar. Com base na análise de estudos prévios sobre essa questão, concluem que o ramo motor primário para a cabeça longa do tríceps origina-se do nervo radial, mas inervações pelo nervo axilar e pelo fascículo posterior do plexo braquial podem ocorrer ocasionalmente.

Wyles et al.<sup>64</sup>, em 2019, dissecam os 14 ombros de sete cadáveres. Os autores estudam uma técnica de neurotização de ramos do tríceps com o ramo motor para o músculo infraespal. O comprimento médio do ramo para a cabeça longa do tríceps é de 72 mm (65 mm - 85 mm).

Ellabban et al.<sup>128</sup>, em 2020, publicam um estudo retrospectivo em que comparam os resultados de pacientes com lesão alta do plexo braquial submetidos às neurotizações do nervo acessório (XI) distal para o nervo supraescapular e de ramo do nervo radial destinado ao tríceps braquial (ramo da cabeça longa versus ramo inferior da cabeça medial) para o nervo axilar. Os comprimentos médios  $\pm$  dp dos ramos do tríceps da cabeça longa e inferior da cabeça medial são 38 mm  $\pm$  5,6 mm e 76 mm  $\pm$  10,2 mm, respectivamente. Os diâmetros desses ramos têm o mesmo valor, 3 mm  $\pm$  0,2 mm.

Kim et al.<sup>123</sup>, em 2021, dissecam 37 membros superiores. A cabeça longa do tríceps é inervada pelo nervo radial em todos os casos. Observam dois a quatro ramos para essa cabeça emergindo do tronco principal na região da borda inferior do redondo maior. Com referência à distância entre o acrômio e o epicôndilo medial do úmero, os pontos de entrada dos ramos na cabeça longa do tríceps foram aproximadamente entre 25,6% e 42,4% (primeiro e último ramos).

### 3.4 CONTAGEM DE AXÔNIOS

Bonnel<sup>129</sup>, em 1984, publica um estudo anatômico e histológico do plexo braquial por meio de 100 dissecções. É realizada a análise histológica de 21 plexos braquiais. O número médio de fibras mielinizadas do nervo radial é de 15.964 e do nervo axilar é de 6.547.

Witoonchart et al.<sup>54</sup>, em 2003, estudam 36 cinturas escapulares e em seis são coletadas amostras dos nervos para histomorfometria. A média de axônios do ramo anterior do nervo axilar e do nervo destinado à cabeça longa do tríceps são de, respectivamente, 2.704 e 1.233. A média de fascículos é de, respectivamente, 5,4 e 3,6.

Pruksakorn et al.<sup>100</sup>, em 2007, dissecam 41 ombros de cadáveres na posição prona. O número médio de axônios mielinizados do nervo supraescapular é de 6.004.

Bertelli et al.<sup>118</sup>, em 2011, dissecam 10 cadáveres bilateralmente. O número médio de fibras mielinizadas dos ramos para os músculos redondo menor e porção posterior do deltoide são, respectivamente,  $961 \pm 204$  e  $937 \pm 163$ . Já o número de fibras mielinizadas dos ramos para as cabeças longa e medial do tríceps são, em média,  $1.329 \pm 353$  e  $987 \pm 283$ , respectivamente.

Bertelli et al.<sup>126</sup>, em 2015, dissecam 10 cadáveres para avaliar viabilidade anatômica da transferência de nervos de um ramo do músculo flexor ulnar do carpo para o ramo inferior da cabeça medial do tríceps braquial. A contagem média de axônios mielinizados do ramo inferior para a cabeça medial do tríceps é de 818.

Khair et al.<sup>82</sup>, em 2016, estudam 10 membros superiores quanto à factibilidade das neurotizações de ramos do tríceps para o nervo axilar. Os autores coletam fragmentos de um centímetro dos nervos na região de entrada muscular para contagem de axônios, que, em média, são 2.302 do ramo da cabeça longa do tríceps, 2.198 do(s) ramo(s) da cabeça medial do tríceps (somando as contagens de todos os ramos quando mais de um), 1.462 do(s) ramo(s) da cabeça lateral do tríceps (somando as contagens de todos os ramos quando mais de um), 7.887 do tronco principal do nervo axilar, 4.052 da sua divisão anterior, 1.242 da sua divisão posterior, 1.239 do seu ramo sensitivo e 1.161 do ramo para o músculo redondo menor.

Cheah et al.<sup>76</sup>, em 2019, estudam 10 membros superiores e coletam fragmentos de um centímetro dos ramos motores primários de 23 músculos do membro superior no ponto mais distal onde entram no epimísio, simulando a dissecção de um nervo doador para neurotização. Os autores observam que os ramos motores para os músculos do braço têm contagem de axônios maior que dos músculos do antebraço. O músculo deltoide tem a maior contagem média de axônios, seguido pelo tríceps braquial, braquial e bíceps. A contagem média de axônios dos ramos motores primários para o deltoide é de 1835 (888 - 2.432) e do tríceps é de 1.416 (716 - 2.097).

Tavares et al.<sup>65</sup>, em 2020, estudam a transferência seletiva de um ramo do nervo radial que inerva o tríceps para o ramo motor do nervo supraescapular destinado ao músculo infraespinal. Em seis cadáveres, é realizada a contagem de axônios de fragmentos da porção mais proximal do ramo motor para o músculo infraespinal após sua secção na incisura espinoglenoidal e das porções mais distais dos ramos motores para as cabeças do tríceps, obtendo uma média de 830,3 do ramo motor para o infraespinal, 544,3 do ramo para a cabeça longa tríceps, 994,2 do ramo para a cabeça lateral e 1.030,8 do ramo para a cabeça medial.

Saltzman et al.<sup>130</sup>, em 2021, dissecam 12 plexos braquiais. São realizados exames histológicos e contagem de axônios de cortes axiais dos nervos supraescapular, torácico longo e ramo motor para o músculo levantador da escápula. A contagem de axônios do nervo supraescapular é de  $3.361,7 \pm 627,4$ .

Paulos<sup>69</sup>, em 2021, disseca 20 axilas. O ramo motor para o músculo redondo menor tem contagem média de axônios de 610,47 (281 - 970; dp 186,07).

### 3.5 TRANSFERÊNCIAS DE NERVOS SELETIVAS PARA OS RAMOS MOTORES DOS MÚSCULOS INFRAESPINAL E/OU REDONDO MENOR

Vathana et al.<sup>131</sup>, em 2007, estudam 10 cadáveres bilateralmente. Os autores avaliam o alcance do nervo acessório (XI) como doador em neurotizações. Observam que, dentre outras possibilidades, é factível a transferência para o nervo supraescapular na região da incisura supraescapular, tanto proximal quanto distal ao ligamento supraescapular. Não é um estudo direcionado especificamente para neurotizações seletivas dos músculos que fazem rotação externa do ombro, mas mostra a viabilidade da transferência do nervo acessório (XI) para o ramo motor do músculo infraespinal.

Mishra et al.<sup>63</sup>, em 2013, apresentam um trabalho no “Autumn Scientific Meeting of the British Society for Surgery of the Hand” sobre transferências combinadas para ganho de abdução e rotação externa do ombro em pacientes com lesão alta do plexo braquial. Trata-se de um estudo anatômico que avalia a viabilidade da transferência do ramo motor da cabeça medial do tríceps para o nervo axilar (tronco principal) e para o ramo motor do músculo infraespinal, em oito cadáveres. O nervo supraescapular é seccionado após a passagem pela incisura espinoglenoidal e mobilizado para a região entre a espinha da escápula e o músculo infraespinal. Em um dos casos (12,5%) não é possível a transferência proposta devido à insuficiência dos comprimentos dos nervos. O trabalho ainda não foi publicado, mas o Dr. Dominic Power informa que os resultados clínicos da técnica são bons\*.

---

\* Power D. (Queen Elizabeth Hospital). Contato por e-mail; 2023.

Sommarhem et al.<sup>66</sup>, em 2015, apresentam uma nova técnica para restauração da rotação externa ativa em pacientes com paralisia obstétrica. Oito crianças com idades entre 1,5 e 4,7 anos são submetidas à neurotização do ramo motor do músculo infraespinal pelo nervo acessório (XI). O nervo supraescapular é seccionado distal a sua passagem pela incisura espinoglenoidal após desinserção do músculo infraespinal da espinha da escápula na região lateral. Com um ano de pós-operatório, todos os pacientes melhoram o grau de rotação externa do ombro. O ganho médio de rotação externa em adução é de 47° (20° - 85°) e de 49° (5° - 85°) com ombro em abdução.

Wyles et al.<sup>64</sup>, em 2019, dissecam os 14 ombros de sete cadáveres. Os autores propõem modificações à técnica descrita por Mishra et al.<sup>63</sup>, com objetivo de se obter comprimento adicional ao ramo motor do infraespinal, nervo receptor da neurotização com o ramo do tríceps. Sugerem isolar e seccionar o nervo supraescapular imediatamente distal à emergência do ramo motor para o músculo supraespinal, próximo ao ligamento transverso superior da escápula, e direcioná-lo através da incisura espinoglenoidal, profundamente ao músculo infraespinal e, então, através do intervalo entre os músculos infraespinal e redondo menor. A neurotização é possível em todos os casos, com interposição de pelo menos 21 mm entre o ramo do tríceps e o ramo motor do infraespinal.

Abou-Al-Shaar et al.<sup>53</sup>, em 2020, publicam o caso de um homem de 48 anos de idade com o diagnóstico de lesão bilateral do nervo supraescapular. Realizam, em ambos os lados, a transferência seletiva de um ramo distal do nervo acessório (XI) para o ramo destinado ao músculo infraespinal. O nervo supraescapular é seccionado distal à saída do ramo para o músculo supraespinal. O paciente apresenta boa recuperação da rotação externa dos ombros em avaliação após 16 meses da cirurgia.

Tavares et al.<sup>65</sup>, em 2020, propõem a transferência seletiva de um ramo do nervo radial que inerva o tríceps para o ramo motor do nervo supraescapular que inerva o músculo infraespinal. Realizam um estudo anatômico em 30 cadáveres. A secção do ramo motor do músculo infraespinal é realizada na região da incisura espinoglenoidal e o mesmo é direcionado distalmente superficial ao músculo infraespinal. Realizam medidas para avaliar a viabilidade da técnica: distância da ponta do acrômio à incisura espinoglenoidal (média de 5,3 cm); distância entre a borda posterior da espinha da escápula e a incisura espinoglenoidal (média de 3,1 cm); comprimento do nervo supraescapular da incisura espinoglenoidal a sua entrada no músculo infraespinal (média de 1,5 cm); distância da incisura espinoglenoidal à borda inferior do músculo redondo maior (média de 8,4 cm); distâncias entre a borda inferior do músculo redondo maior e as entradas musculares dos ramos para a cabeça longa do tríceps (média de 3

cm), cabeça lateral (média de 7 cm) e cabeça medial (média de 12 cm). O ramo para o músculo infraespinal é único na altura da incisura espinoglenoidal em 86,6% dos casos. Todos os ramos para a cabeça longa do tríceps têm origens proximais ao redondo maior. São determinados os calibres médios, em centímetros, dos ramos motores para músculo infraespinal (0,25), cabeça longa do tríceps (0,21), cabeça lateral do tríceps (0,13) e cabeça medial do tríceps (1,17). Em seis cadáveres, é realizada a contagem de axônios de fragmentos da porção mais proximal do ramo motor para o músculo infraespinal após sua secção e das porções mais distais dos ramos motores para as cabeças do tríceps braquial, obtendo-se uma média de 830,3 do ramo motor para o infraespinal, 544,3 do ramo para a cabeça longa tríceps, 994,2 do ramo para a cabeça lateral e 1.030,8 do ramo para a cabeça medial. Comparando os comprimentos dos ramos para as três cabeças do tríceps braquial, o ramo mais adequado para a transferência é o da cabeça medial, neste caso factível em 93,8% dos cadáveres. Devido ao menor comprimento, o ramo para a cabeça longa do tríceps alcança o ponto de neurotização apenas em dois casos, portanto, é o menos adequado para essa transferência. Em apenas um caso a transferência proposta não é viável devido aos comprimentos dos ramos. Os autores realizam o estudo clínico dessa neurotização em nove pacientes, todos do sexo masculino, com idade média de 24 anos. Até o momento da publicação do estudo, dois pacientes atingiram bom resultado, definido como ganho de rotação externa maior ou igual a 55°.

Soldado<sup>71</sup>, em 2020, publica uma série de 20 casos operados. Trata-se de uma transferência dupla para restaurar rotação externa do ombro em crianças com paralisia obstétrica e mais de 18 meses de idade. Por via posterior, o nervo acessório (XI) é transferido para o ramo motor no músculo infraespinal e, por via axilar, o ramo para a cabeça longa do tríceps é transferido para o ramo motor do músculo redondo menor. É associada liberação anterior do ombro quando a rotação externa passiva em adução é menor que 30°. Em todos os pacientes, exceto dois, são restauradas abdução e rotação externa ativas do ombro em abdução.

Grahn et al.<sup>67</sup>, grupo que propõe, em 2015, a neurotização do ramo motor do músculo infraespinal pelo nervo acessório (XI) em crianças com paralisia obstétrica<sup>66</sup>, publicam, em 2020, seus resultados de médio prazo. O estudo revê 14 crianças e conclui que nos pacientes com rotação externa passiva livre (maior que 45°), a rotação externa ativa pode ser restaurada e mantida com o uso dessa técnica de transferência de nervos.

Kaiser et al.<sup>68</sup>, em 2021, estudam 25 cadáveres adultos e propõem uma técnica de transferência do nervo acessório (XI) para o ramo motor do músculo infraespinal através de um canal ósseo abaixo da espinha da escápula. Os músculos deltoide e infraespinal são desinseridos da margem inferior da espinha da escápula e da fossa infraespinal como no “acesso de Judet”

para tratamento de fraturas da escápula. A secção do ramo motor para o músculo infraespinal é realizada na região da incisura espinoglenoidal. Confirmam a factibilidade da técnica em todas as disseções. Concluem que a técnica tem aplicabilidade principalmente em casos de paralisia do músculo infraespinal em fraturas da escápula e em alguns casos de lesão do plexo braquial, porém não é realizado estudo clínico.

Paulos<sup>69</sup>, em 2021, propõe uma nova técnica de neurotização, do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor, com o objetivo de recuperação de rotação externa ativa do ombro, ao mesmo tempo que diminui força de rotação interna. Por meio de estudo anatômico em 20 cadáveres, conclui que a técnica é factível em todas as disseções. Realiza também a contagem de axônios dos nervos estudados, demonstrando compatibilidade entre eles.

Soldado et al.<sup>132</sup>, em 2022, avaliam os resultados após a cirurgia de transferência do ramo da cabeça longa do tríceps para o ramo motor do músculo redondo menor, por via axilar, em 12 crianças com paralisia obstétrica. Metade dos casos foram cirurgias como parte de uma reconstrução primária do plexo braquial e metade como uma cirurgia secundária em pacientes com falha na recuperação de rotação externa ativa após reconstrução do plexo braquial. Os resultados são ruins para o primeiro grupo e favoráveis no segundo. É o primeiro estudo a analisar a eficácia da restauração da rotação externa do ombro por meio de uma transferência isolada de ramo motor do tríceps para o ramo motor do redondo menor.

Krajcová et al.<sup>70</sup>, em 2023, estudam a viabilidade da transferência do nervo subescapular inferior para o ramo motor do infraespinal por meio de disseções em 18 cadáveres. O ramo motor do infraespinal é seccionado na região da incisura espinoglenoidal e mobilizado para o espaço entre os músculos redondo maior, redondo menor e cabeça longa do tríceps, onde encontra o nervo subescapular inferior. Após neurotomias, os comprimentos médios do ramo motor do infraespinal e do nervo subescapular inferior são de, respectivamente, 40,9 mm e 66,5 mm. Os diâmetros médios são, em média, 2,3 mm e 2,1 mm, respectivamente. A transferência é viável em 17 casos (94,4%).

## **4 MÉTODOS**

Este é um estudo observacional e transversal, que investiga a viabilidade de uma técnica cirúrgica de transferência de nervos por meio de disseções em cadáveres frescos. Também é realizado exame histológico dos nervos estudados para a análise de compatibilidade entre eles.

O projeto foi aprovado pela comissão científica do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (IOT-HCFMUSP) (protocolo IOT 1376) (Anexo A) e pelo Comitê de Ética e Pesquisa (3.974.694), tendo sido incluído na Plataforma Brasil (Anexo B).

Foram realizadas 23 disseções, conforme disponibilidade de cadáveres, durante os anos 2019, 2022, 2023 e 2024, no Serviço de Verificação de Óbito da Capital (SVOC) / Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (Anexo C). As três primeiras disseções foram realizadas para treinamento da técnica e padronização das medidas, não sendo utilizadas para análise de dados, resultando, portanto, em uma amostra de 20 casos. Nos anos 2020 e 2021 não foram realizadas disseções devido à paralisação das atividades acadêmicas com esse fim no SVOC em razão da pandemia da “coronavirus disease 2019” (COVID-19).

O preparo das lâminas para o estudo histológico foi realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto Adolfo Lutz e a contagem de axônios foi realizada no Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo Esquelético (LIM 41), localizado no IOT-HCFMUSP. A coleta de amostras dos nervos estudados foi realizada em 11 cadáveres, conforme autorização pelos familiares por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo D).

Foi utilizado o “Anatomical Quality Assurance (AQUA) Checklist”<sup>133</sup> para aperfeiçoamento e aumento da clareza do estudo anatômico (Anexo E).

#### 4.1 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram incluídos no estudo cadáveres de adultos, com idade maior ou igual a 18 anos, e que não possuíam sinais de trauma prévio ou cicatrizes na região do ombro e tórax.

Não houve seleção baseada em gênero.

## 4.2 DISSECÇÕES

Foram registrados gênero, idade, peso e altura de todos os cadáveres.

As dissecções foram realizadas com uso de lupa para magnificação (marca “Design For Vision” com aumento da imagem em 3,5 vezes).

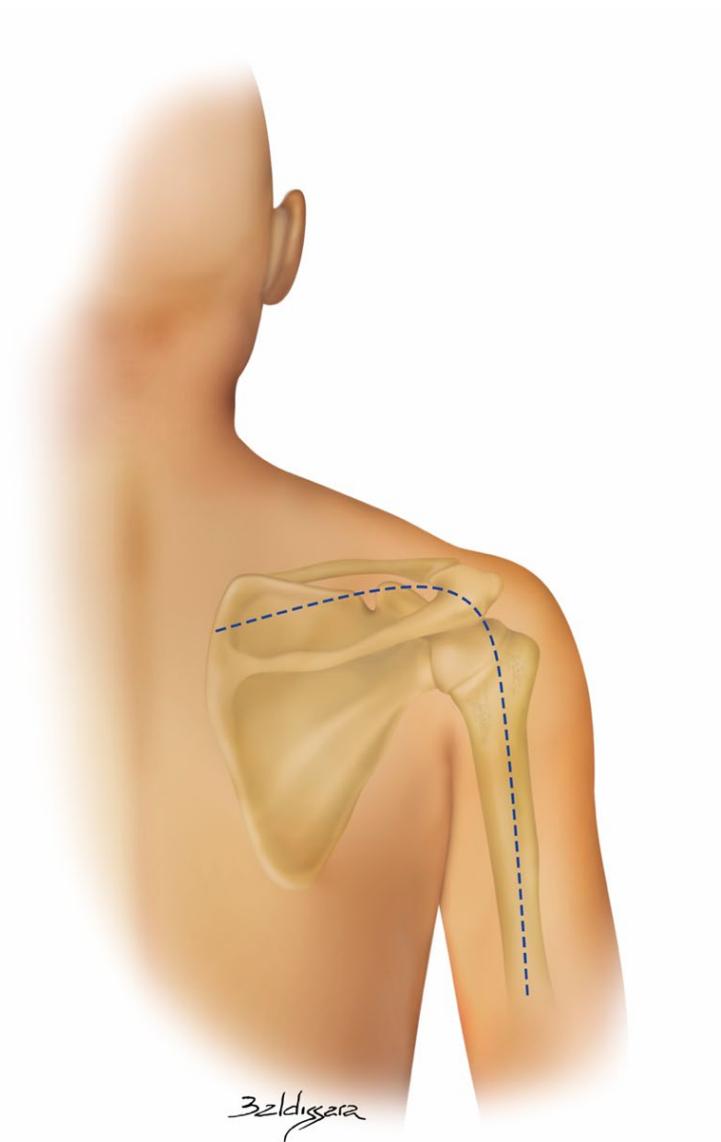
Todas as dissecções foram realizadas do lado direito por questão de padronização.

O cadáver foi colocado em posição prona com o ombro abduzido em 20° e o cotovelo em extensão. Foi realizada uma via paralela e 2 cm cranial à espinha da escápula e, próximo ao ângulo do acrômio, curvada para a linha média posterior do braço, topografia do intervalo entre as cabeças longa e lateral do músculo tríceps braquial, estendida pelos dois terços proximais do braço (Figura 2).

Figura 2 - Fotografia (A) e ilustração (B) do planejamento da incisão de pele



**B**



Foi identificado o nervo cutâneo lateral superior do braço (CLSB), ramo sensitivo do nervo axilar. Posteriormente, este nervo foi dissecado até sua origem na divisão posterior do nervo axilar, assim, facilitando a identificação do tronco principal no espaço quadrangular (Figura 3).

**Figura 3 - Nervo cutâneo lateral superior do braço identificado na margem inferior da porção posterior do deltoide**



CLoT: cabeça longa do tríceps; CLSB: cutâneo lateral superior do braço; DP: deltoide posterior.

Foi feito o levantamento dos retalhos de pele e tecido subcutâneo, expondo os músculos trapézio, deltoide, infraespinal, redondo menor, redondo maior e tríceps braquial. O músculo trapézio foi elevado da espinha da escápula, descobrindo o músculo supraespinal (Figura 4).

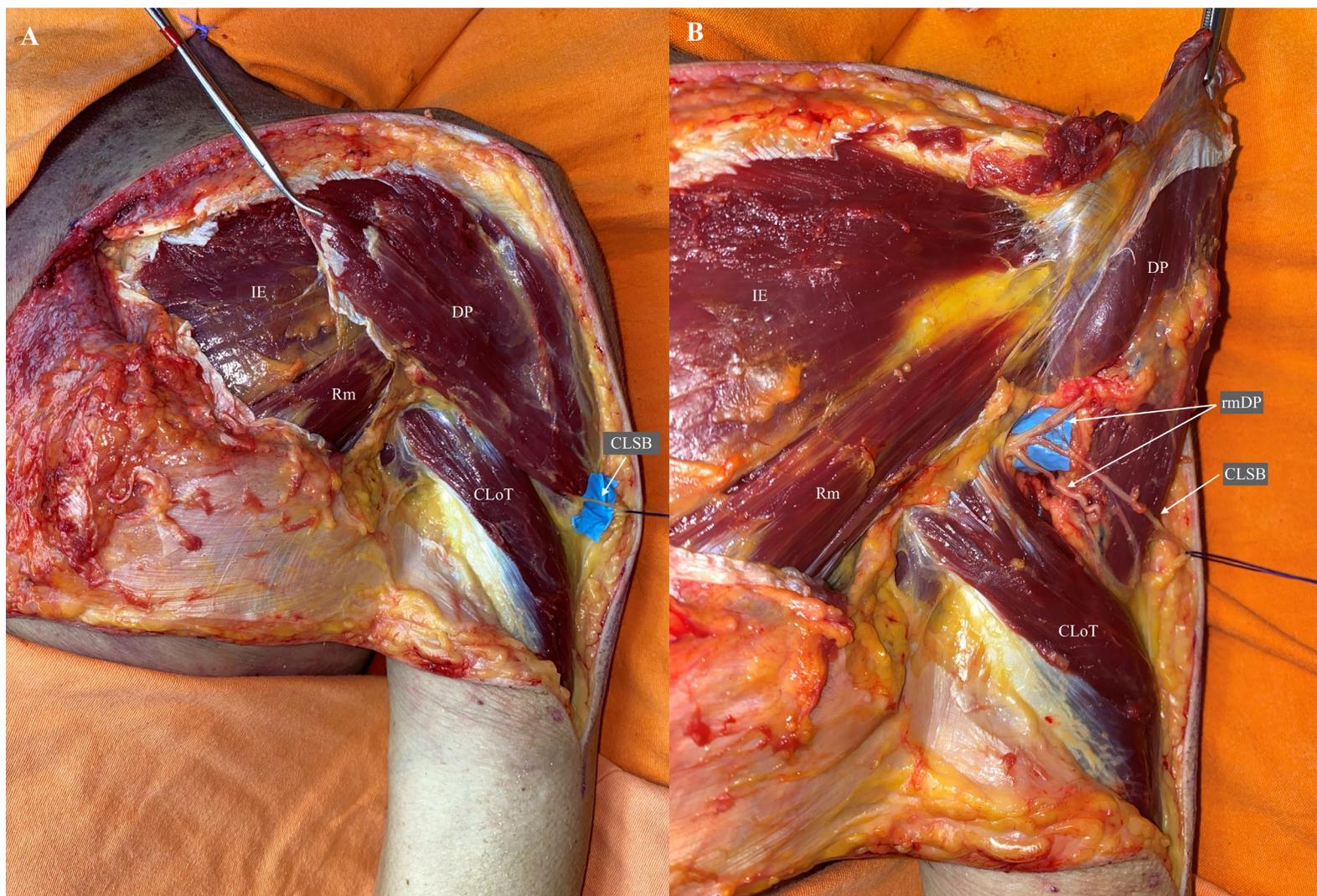
**Figura 4 - Exposição dos músculos**



CLaT: cabeça lateral do tríceps; CLoT: cabeça longa do tríceps; DM: deltoide médio; DP: deltoide posterior; IE: infraespinal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; SE: supraespinal; T: trapézio.

A porção posterior do deltoide foi desinserida da espinha da escápula e rebatida lateralmente, expondo os músculos infraespinal e redondo menor, bem como seu ramo motor, proveniente da divisão posterior do nervo axilar (Figura 5).

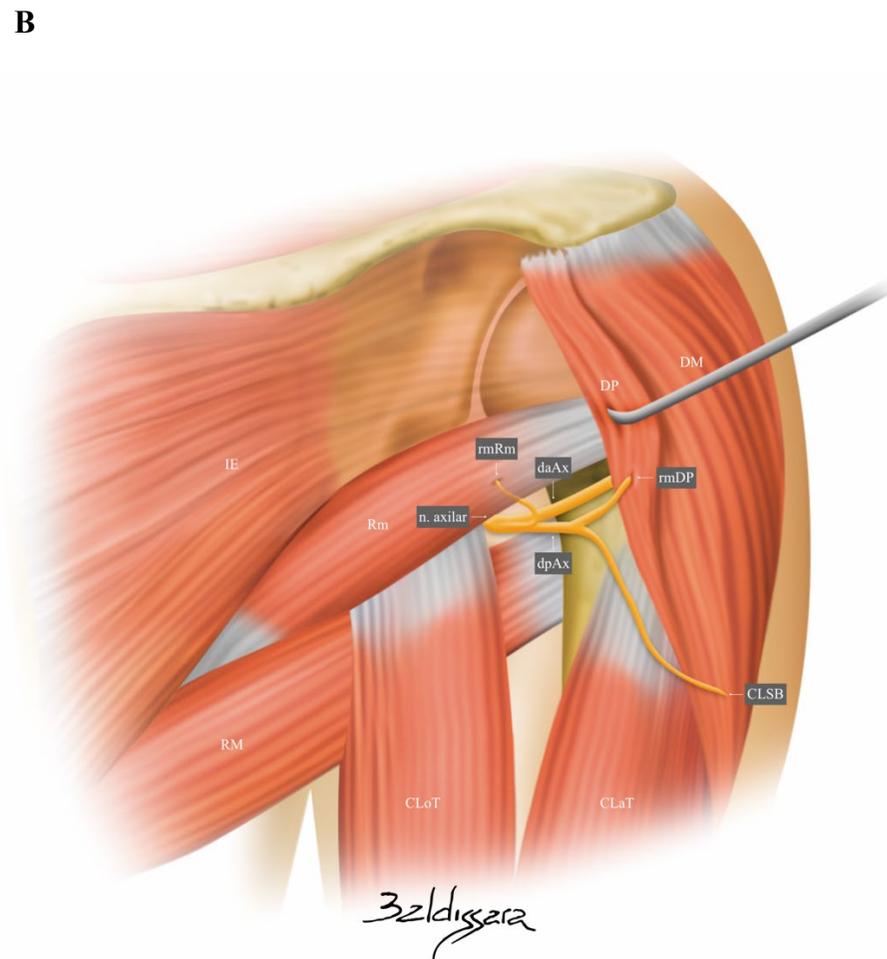
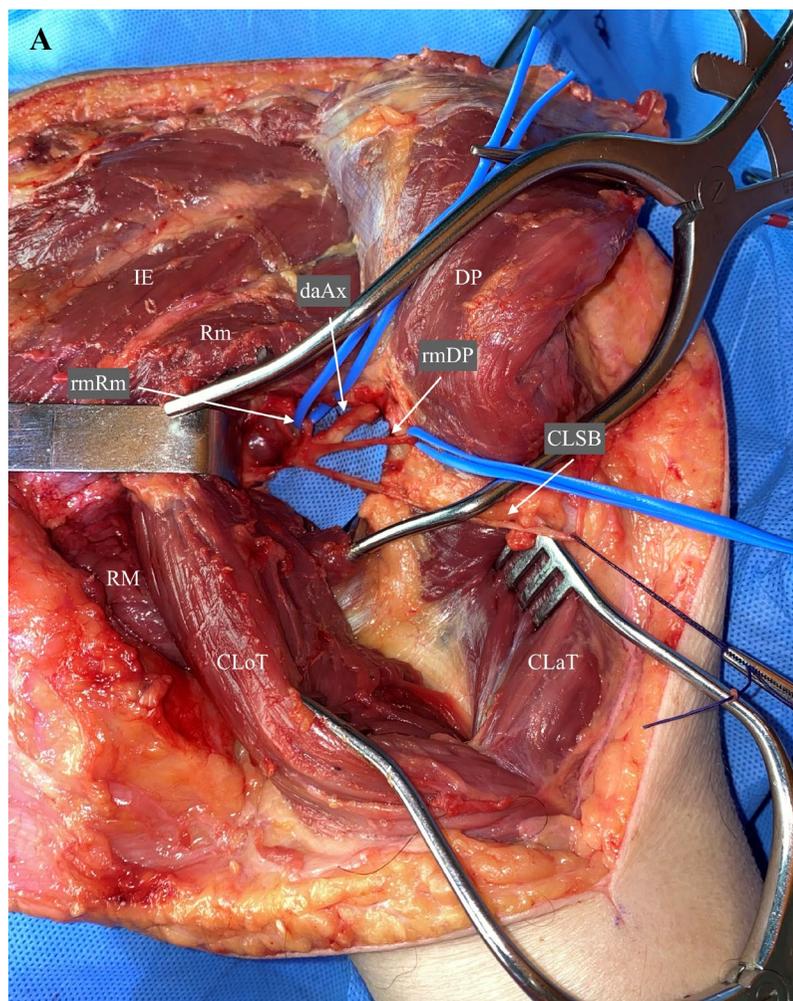
Figura 5 - Desinserção (A) e rebatimento lateral (B) da porção posterior do deltoide



CLoT: cabeça longa do tríceps; CLSB: cutâneo lateral superior do braço; DP: deltoide posterior; IE: infraespal; Rm: redondo menor; rmDP: ramo motor do deltoide posterior.

Foi realizada a dissecação do espaço quadrangular, com identificação das divisões anterior e posterior do nervo axilar. Seguindo a divisão posterior, foram identificados os ramos motores para o músculo redondo menor (rmRm) e para o deltoide posterior (rmDP), além do ramo sensitivo (n. CLSB) (Figura 6).

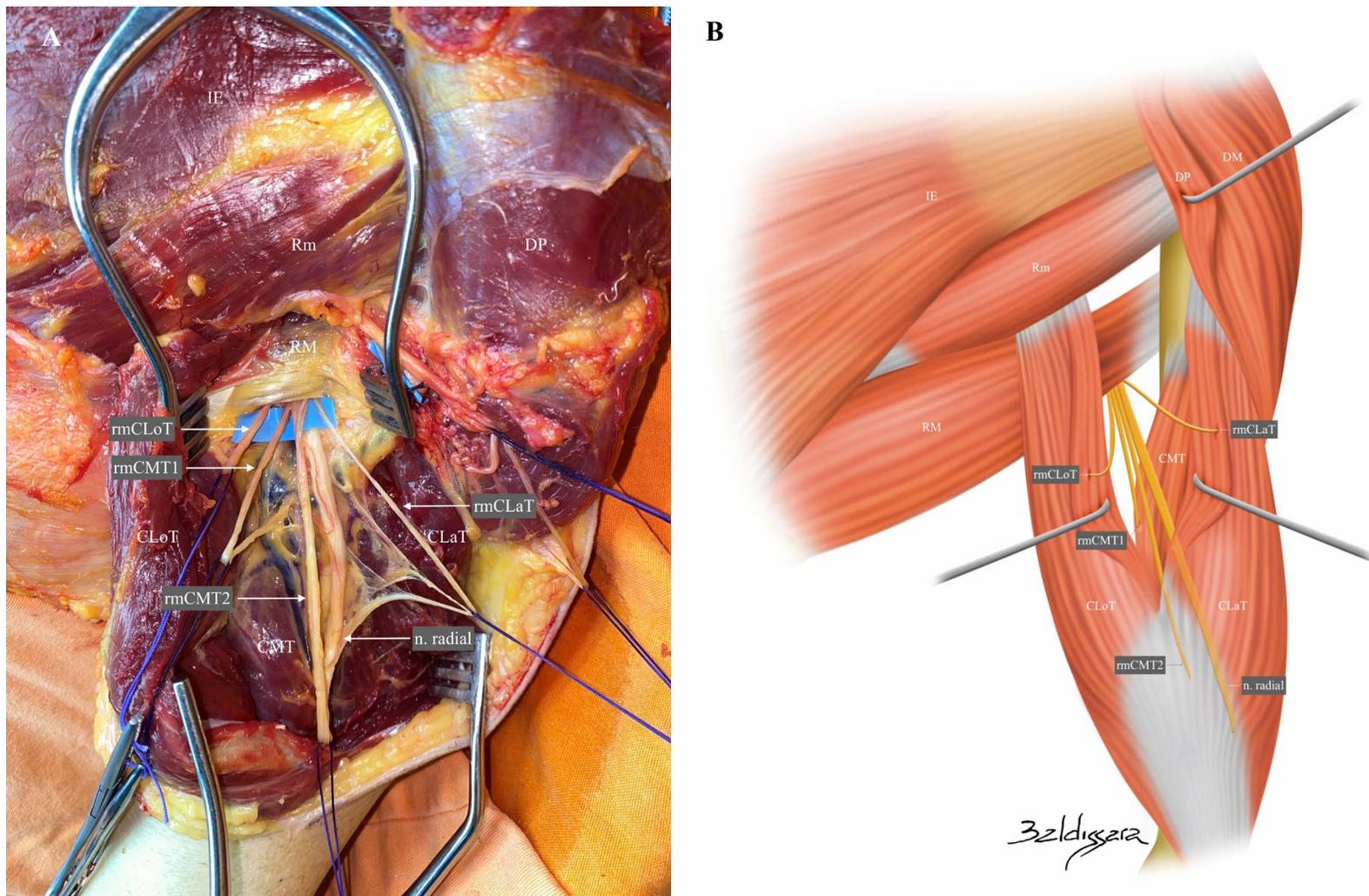
Figura 6 - Fotografia (A) e ilustração (B) da dissecação do espaço quadrangular, identificação do nervo axilar e seus ramos



CLaT: cabeça lateral do tríceps; CLoT: cabeça longa do tríceps; CLSB: cutâneo lateral superior do braço; daAx: divisão anterior do nervo axilar; DM: deltoide médio; dpAx: divisão posterior do nervo axilar; DP: deltoide posterior; IE: infraespalinal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; rmDP: ramo motor do deltoide posterior; rmRm: ramo motor do redondo menor.

Na região posterior do braço, foi realizada dissecação romba entre as cabeças longa e lateral do tríceps braquial e, em seguida, identificação da cabeça medial. Na borda inferior do músculo redondo maior, foram identificados o nervo radial e seus ramos para as cabeças do tríceps. Esses ramos foram dissecados desde a origem no tronco principal do nervo radial até cada entrada muscular (Figura 7).

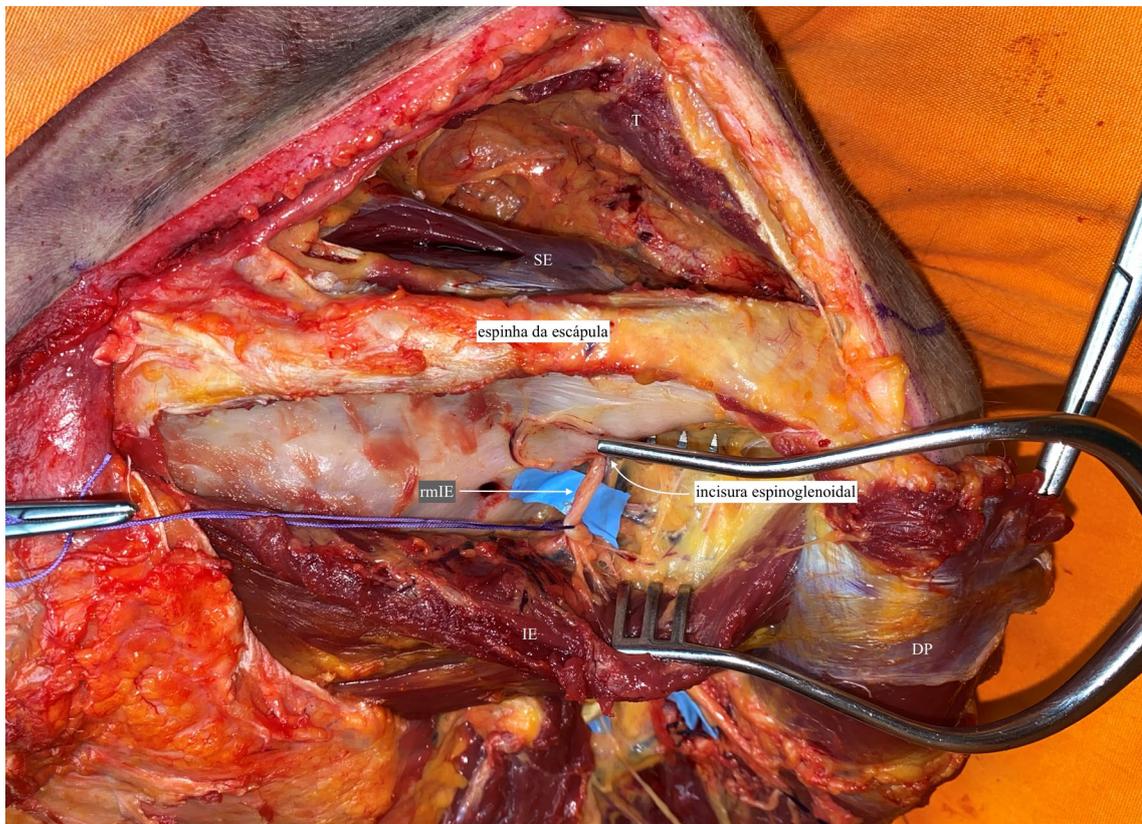
Figura 7 - Fotografia (A) e ilustração (B) do nervo radial e seus ramos na região posterior do braço



CLaT: cabeça lateral do tríceps; CLoT: cabeça longa do tríceps; CMT: cabeça medial do tríceps; DM: deltoide médio; DP: deltoide posterior; IE: infraespalinal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; rmCLaT: ramo motor da cabeça lateral do tríceps; rmCLoT: ramo motor da cabeça longa do tríceps; rmCMT: ramo motor da cabeça medial do tríceps (rmCMT1: ramo superior; rmCMT2: ramo inferior).

O estudo, então, foi direcionado para a região escapular. Foi realizada a desinserção do músculo infraespinal da porção lateral da espinha da escápula. Observa-se aderência frouxa do músculo ao osso nessa região, sendo possível fácil descolamento, visto que a origem do músculo infraespinal é na sua porção mais medial. Foi realizada a identificação do ramo motor para o músculo infraespinal (rmIE) após sua passagem pela incisura espinoglenoidal e seguido até sua entrada no músculo (Figura 8).

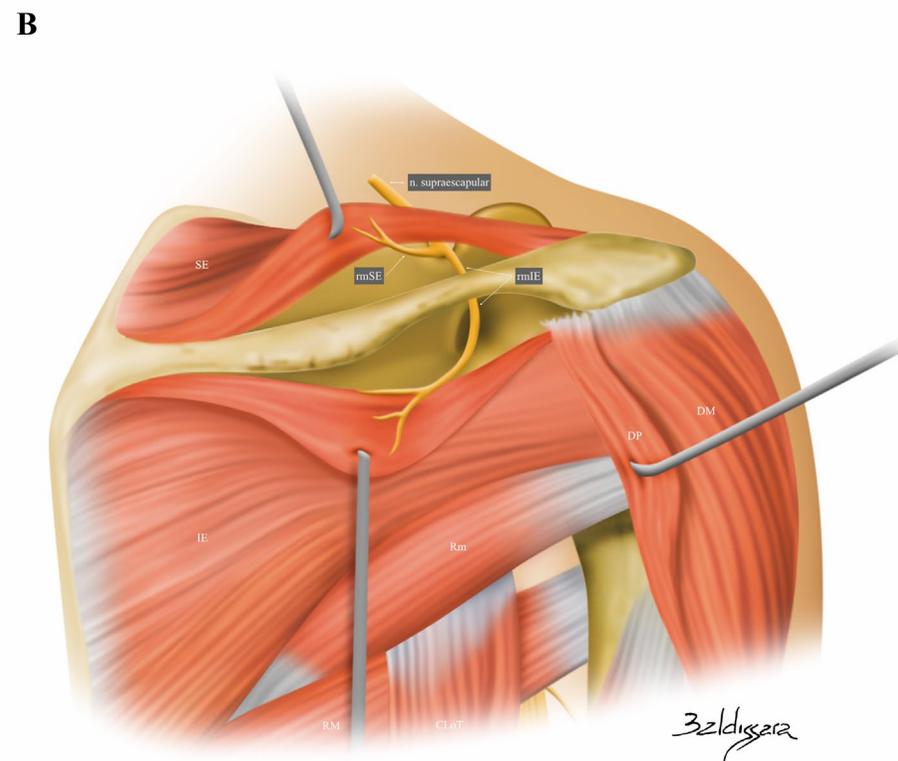
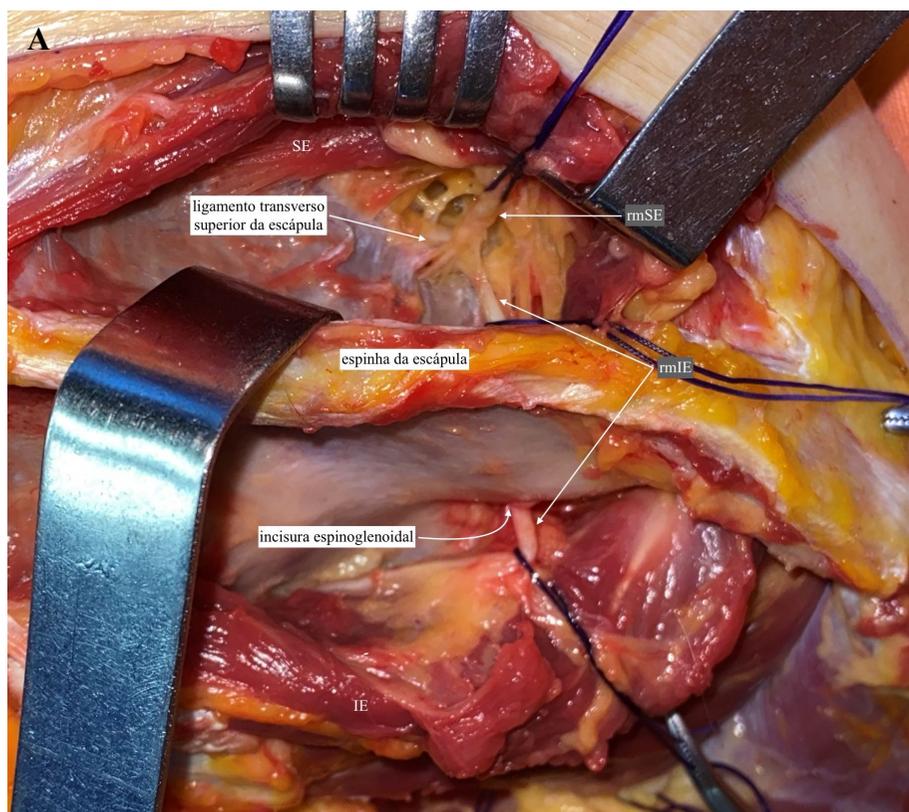
**Figura 8 - Identificação do ramo motor para o músculo infraespinal após sua passagem pela incisura espinoglenoidal**



DP: deltoide posterior; IE: infraespinal; rmIE: ramo motor do infraespinal; SE: supraespinial; T: trapézio.

Previamente, havia sido feita a desinserção parcial do músculo trapézio da espinha da escápula, expondo o músculo supraespinial. Então, foi realizado o descolamento desse músculo da região lateral escapular. Foi identificado o nervo supraescapular em sua passagem pela incisura supraescapular, abaixo do ligamento transverso superior da escápula. Esse ligamento foi seccionado. Foi identificada a emergência do ramo motor para o músculo supraespinial (rmSE), que foi seguido até sua entrada muscular. Após a emergência do rmSE, o nervo supraescapular, agora predominantemente motor para o músculo infraespinal, foi acompanhado em direção a sua passagem pela incisura espinoglenoidal. Nesse momento, uma leve tração desse nervo (rmIE) abaixo da espinha da escápula facilitava sua identificação e dissecação na fossa supraespinial (Figura 9).

**Figura 9 - Fotografia (A) e ilustração (B) do nervo supraescapular e seus ramos motores nas fossas supraespinal e infraespinal**



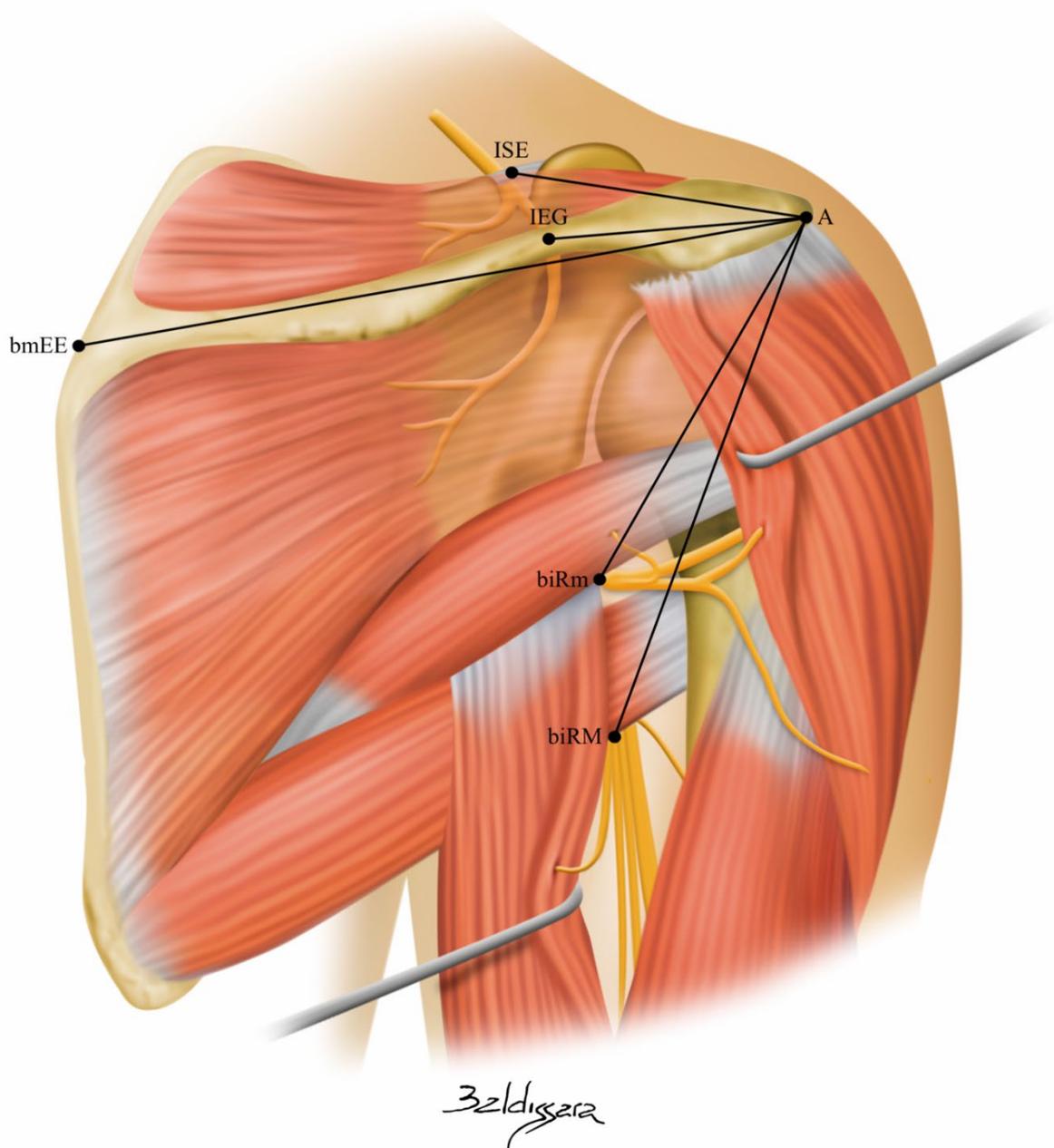
CLoT: cabeça longa do tríceps; DM: deltoide médio; DP: deltoide posterior; IE: infraespal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; rmIE: ramo motor do infraespal; rmSE: ramo motor do supraespal; SE: supraespal.

#### 4.2.1 Medidas entre marcos anatômicos

Todas as medidas foram feitas com uso de paquímetro de precisão digital (resolução 0,01 mm; precisão  $\pm 0,02$  mm).

Foram realizadas medidas entre marcos anatômicos utilizando o ângulo do acrômio como ponto de partida, com o objetivo de estimar as posições dos nervos supraescapular, axilar e radial, e, dessa forma, planejar de maneira mais precisa o acesso para a realização da técnica cirúrgica proposta (Figura 10):

- Ângulo do acrômio – borda medial da espinha da escápula (A-bmEE) (infere o tamanho da escápula e foi utilizada como referência para comparações).
- Ângulo do acrômio – incisura supraescapular (A-ISE) (onde é encontrado o nervo supraescapular).
- Ângulo do acrômio – incisura espinoglenoidal (A-IEG) (topografia onde é encontrado o rmIE do nervo supraescapular).
- Ângulo do acrômio – borda inferior do músculo redondo menor (A-biRm) (topografia onde é encontrado o nervo axilar).
- Ângulo do acrômio – borda inferior do músculo redondo maior (A-biRM) (topografia onde é encontrado o nervo radial).

**Figura 10 - Medidas entre marcos anatômicos**

A: ângulo do acrômio; biRm: borda inferior do redondo menor; biRM: borda inferior do redondo maior; IEG: incisura espinoglenoidal; ISE: incisura supraescapular.

#### 4.2.2 Contagem dos ramos para o tríceps braquial

Foi registrada a quantidade de ramos para cada cabeça do tríceps braquial. Foram considerados ramos diferentes quando originados em pontos distintos do tronco principal ou, se originado no mesmo ponto, quando tiveram inserções musculares em diferentes cabeças. Quando encontrado mais de um ramo motor para determinada cabeça, o ramo com entrada muscular mais proximal foi denominado pelo número “1” e aquele com entrada muscular mais distal pelo número “2”.

#### 4.2.3 Comprimentos dos ramos

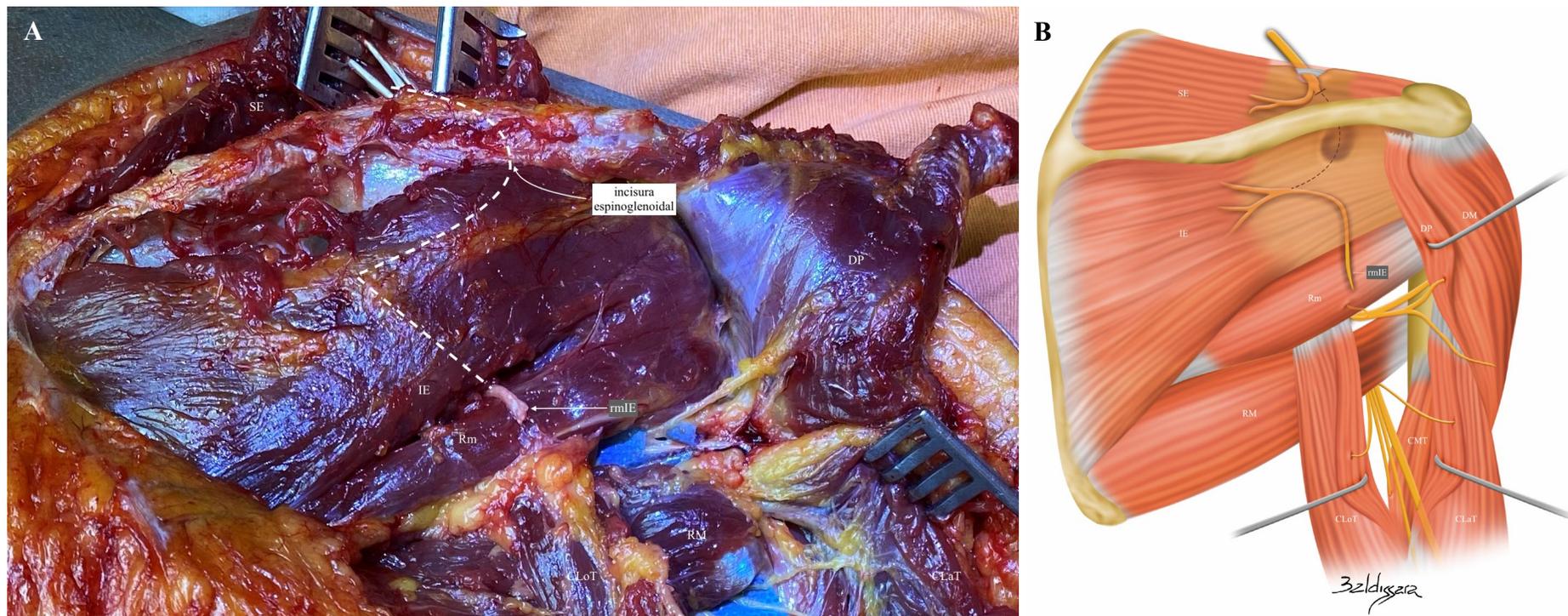
Foram medidos os comprimentos dos ramos dos nervos, desde o tronco principal até a entrada muscular:

- Ramo motor do músculo supraespinal (rmSE).
- Ramo motor do músculo infraespinal (rmIE).
- Divisão anterior do nervo axilar (nesse caso, a medida foi realizada até a borda posterolateral do úmero, onde o nervo se curva em direção anterior, para inervação das porções média e anterior do deltoide) (daAx).
- Ramo motor do músculo redondo menor (rmRm).
- Ramo motor do músculo deltoide posterior (rmDP).
- Ramo motor da cabeça longa do tríceps (rmCLoT).
- Ramo(s) motor(es) da cabeça lateral do tríceps (rmCLaT).
- Ramo(s) motor(es) da cabeça medial do tríceps (rmCMT).

Foram realizadas as neurotomias dos ramos dos nervos para simulação das transferências: ramos receptores seccionados na região de saída do tronco principal e ramos doadores seccionados na região de entrada muscular.

O ramo motor do nervo supraescapular destinado ao músculo infraespinal foi seccionado logo após a emergência do ramo motor para o músculo supraespinal e após passagem sob o ligamento transversal superior da escápula. Um detalhe importante da dissecação foi a mobilização do rmIE após sua secção, conforme proposto por Wyles et al.<sup>64</sup>. Através da incisura espinoglenoidal, esse ramo foi transferido para a fossa infraespinal e, por meio de dissecação romba, puxado para o intervalo entre os músculos infraespinal e redondo menor. Ao término de sua mobilização, ele permanecia superficial ao músculo redondo menor (Figura 11).

Figura 11 - Fotografia (A) e ilustração (B) da mobilização do ramo motor do infraespinal para o intervalo entre os músculos infraespinal e redondo menor



CLaT: cabeça lateral do tríceps; CLoT: cabeça longa do tríceps; CMT: cabeça medial do tríceps; DM: deltoide médio; DP: deltoide posterior; IE: infraespinal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; rmIE: ramo motor do infraespinal; SE: supraespinal.

Os ramos motores do nervo axilar (rmRm e rmDP, ambos provenientes da divisão posterior, e a daAx) foram seccionados na região proximal do espaço quadrangular, onde ocorre a ramificação do tronco principal. Como nervos doadores, os ramos do nervo radial para as cabeças do tríceps foram seccionados nos pontos de entrada muscular.

Simulando-se as possíveis neurotizações, os nervos receptores, rmIE e rmRm, foram mobilizados distalmente no braço. Já os nervos doadores, ramos motores das cabeças do tríceps, foram mobilizados em direção proximal.

#### **4.2.4 Diâmetros dos ramos**

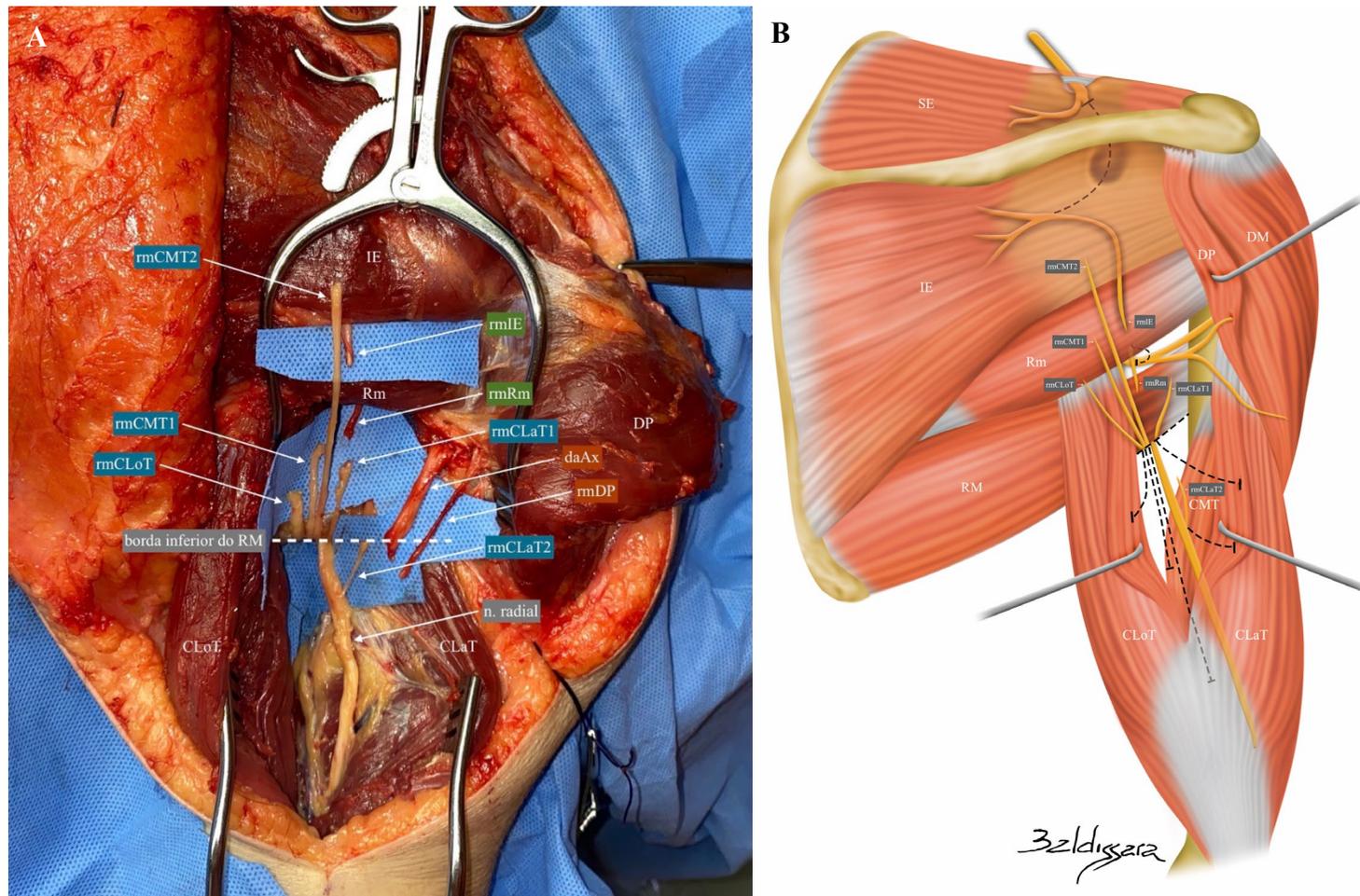
Foram realizadas as medidas dos diâmetros de cada ramo dos nervos estudados nos pontos de extremidade livre após as neurotomias, ou seja, na região onde ocorreria a neurotização: nervos doadores na região de entrada muscular (antes de “arborização” em ramos menores) e nervos receptores na região de emergência do tronco principal.

Para uma análise de compatibilidade, foram feitas as relações entre os diâmetros dos possíveis ramos doadores e receptores da técnica estudada.

#### **4.2.5 Distâncias dos ramos à borda inferior do redondo maior e simulações das transferências**

Após redirecionamento dos ramos em direção às neurotizações, foram realizadas as medidas das posições das extremidades livres deles em relação à borda inferior do músculo redondo maior, sendo considerados valores positivos quando acima dessa linha e negativos quando abaixo. Essa referência (borda inferior do músculo redondo maior) foi utilizada como “eixo zero” pois é o anteparo anatômico por onde os ramos das cabeças do tríceps, potenciais nervos doadores, fazem o redirecionamento de distal para proximal no braço em uma transferência com os nervos receptores descritos (Figura 12).

Figura 12 - Fotografia (A) e ilustração (B) do posicionamento dos nervos para simulação das neurotizações entre os ramos do nervo radial para o tríceps braquial e os ramos motores do infraespinal e redondo menor



CLaT: cabeça lateral do tríceps; CLoT: cabeça longa do tríceps; CMT: cabeça medial do tríceps; daAx: divisão anterior do nervo axilar; DM: deltoide médio; DP: deltoide posterior; IE: infraespinal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; rmCLaT: ramo motor da cabeça lateral do tríceps (rmCLaT1: ramo superior; rmCLaT2: ramo inferior); rmCLoT: ramo motor da cabeça longa do tríceps; rmCMT: ramo motor da cabeça medial do tríceps (rmCMT1: ramo superior; rmCMT2: ramo inferior); rmDP: ramo motor do deltoide posterior; rmIE: ramo motor do infraespinal; rmRm: ramo motor do redondo menor; RM: redondo maior; SE: supraespinal.

As medidas das posições das extremidades dos ramos redirecionados em relação à borda inferior do redondo maior permitiram a inferência das neurotizações possíveis, porém, de maneira indireta. Como os nervos e músculos são estruturas com certa elasticidade e adaptação, e não são colineares em seus trajetos, também foram feitas simulações de cada transferência de nervos entre doadores e receptores, de forma a averiguar quais, de fato, seriam possíveis, sem tensionamento dos nervos. Quando a transferência foi factível, o intervalo de sobreposição entre os nervos doador e receptor foi registrado. Transferências testadas:

- Ramo motor do músculo infraespinal – ramo motor da cabeça longa do tríceps.
- Ramo motor do músculo infraespinal – ramo(s) motor(es) da cabeça lateral do tríceps.
- Ramo motor do músculo infraespinal – ramo(s) motor(es) da cabeça medial do tríceps.
- Ramo motor do músculo redondo menor – ramo motor da cabeça longa do tríceps.
- Ramo motor do músculo redondo menor – ramo(s) motor(es) da cabeça lateral do tríceps.
- Ramo motor do músculo redondo menor – ramo(s) motor(es) da cabeça medial do tríceps.

#### **4.2.6 Coleta de fragmentos dos nervos para análise histológica**

Para os cadáveres cuja família concedeu autorização pelo TCLE, foram colhidas amostras de 1 cm de comprimento de cada ramo dos nervos estudados nos mesmos pontos de medida do diâmetro. Optou-se pela retirada dessa dimensão, 1 cm, pois o comprimento seria claramente maior que a espessura, facilitando a identificação da orientação longitudinal das fibras e, portanto, permitiria que o técnico realizasse um corte axial de maneira mais precisa para o preparo da lâmina. As amostras foram imersas em fixador *paraformaldeído 4%* em potes separados e enviadas ao laboratório de microscopia eletrônica do Instituto Adolfo Lutz:

- Ramo motor do músculo supraespinal (rmSE).
- Ramo motor do músculo infraespinal (rmIE).
- Ramo motor do músculo redondo menor (rmRm).
- Divisão anterior do nervo axilar (daAx).
- Ramo motor do músculo deltoide posterior (rmDP).
- Ramo motor da cabeça longa do tríceps (rmCLoT).
- Ramo(s) motor(es) da cabeça lateral do tríceps (rmCLaT).
- Ramo(s) motor(es) da cabeça medial do tríceps (rmCMT).

Os ramos não envolvidos na transferência de nervos estudada (rmSE, daAx e rmDP) tiveram suas medidas de comprimentos, diâmetros e contagens de axônios explícitas apenas como parte do estudo anatômico e histológico dos nervos. Não foram envolvidos nas análises de viabilidade das neurotizações nem de compatibilidade entre ramos doadores e receptores.

### 4.3 ANÁLISE HISTOLÓGICA

A confecção das lâminas para análise histológica foi feita de acordo com o seguinte protocolo:

#### 4.3.1 Protocolo de inclusão da amostra

##### Fixação:

1. Imediatamente após a retirada da amostra, o fragmento (nervo) é imerso em fixador *paraformaldeído 4%* e preservado sob refrigeração (4 °C - 8 °C) por 2 dias.
2. Retirado o fixador.
3. Adicionada a solução de lavagem (solução de sacarose) e deixada por 30 min. Repetido o processo três vezes.
4. Retirada a solução de lavagem.
5. Adicionado 1 mL de solução de *tetróxido de ósmio + ferricianeto* e deixado por 2,5 h.
6. Retirada a solução de *tetróxido de ósmio + ferricianeto*.
7. Adicionada solução de lavagem e deixado por 20 min. Repetido o processo quatro vezes.

##### Desidratação:

8. Retirada a solução de lavagem.
9. Adicionada *acetona 50%* e aguardados 30 min.
10. Retirada a *acetona 50%*.
11. Adicionada *acetona 70%* deixando “overnight” sob refrigeração (4 °C - 8 °C).
12. Retirada a *acetona 70%*.
13. Adicionada *acetona 100%* deixando por 30 min.
14. Retirada a *acetona 100%*. Repetido o processo três vezes.

Embebição em resina Epon:

15. Adicionada *resina Epon: acetona* (1:1) deixando por 30 min.
16. Retirada *resina: acetona*.
17. Adicionada *resina Epon* puro deixando por 24 h.

Emblocamento

18. Transferido o fragmento em formas de silicone ou cápsula de gelatina, de acordo com o tamanho. Preenchido com resina pura.

Polimerização da resina

19. Levada a forma de silicone ou a cápsula de gelatina contendo o fragmento à estufa 56 °C por 3 dias.

Obtenção de corte semifino

20. Foi realizado corte semifino da amostra utilizando ultramicrotótomo (Sorvall) e navalha de vidro. Os cortes foram capturados e depositados em gota de água destilada estéril sobre uma lâmina de vidro. Posteriormente, os cortes foram fixados à quente, corados com *azul de metileno 1%*, lavados com água destilada estéril e secos.
21. Lâmina pronta para ser observada no Microscópio de Luz.

#### **4.3.2 Contagem de axônios**

As lâminas foram colocadas em um microscópio “Carl Zeiss”, modelo “Axiolab” e, através de câmera acoplada (“JVC TK-1270”), foram realizadas fotografias digitais através de objetiva de imersão (400x).

As fotografias foram transferidas ao computador por um sistema de captura de imagem denominado “EasyCap”. As fibras mielinizadas foram contadas de forma manual pela ferramenta “Mousotron”, tendo sido realizada uma marcação pontual em cada axônio contado para garantir que não houvesse uma dupla contagem de uma mesma fibra. Apenas um investigador analisou as lâminas.

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram armazenados em uma planilha de “Excel®” e posteriormente importados para o software “Jamovi®” com linguagem R.

Para a análise descritiva, os dados contínuos foram explícitos pela média, desvio padrão (dp), intervalo de confiança 95% (IC95%), valor mínimo e valor máximo. Os dados categóricos foram descritos pela sua frequência absoluta e respectiva proporção das categorias possíveis.

Para análise da estatística inferencial, os dados contínuos foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Quando a distribuição foi normal, foram utilizados para comparações os testes paramétricos, teste t-student para amostras pareadas quando dois grupos, e ANOVA de medidas repetidas seguido pela correção de Bonferroni quando três ou mais grupos. Quando a distribuição foi não-normal, foram utilizados os testes não-paramétricos, teste de Wilcoxon em comparações entre dois grupos, e teste de Friedman quando três ou mais grupos. As correlações entre as variáveis quantitativas contínuas foram realizadas pelo teste de correlação de Pearson nas variáveis com distribuição normal e o teste de correlação de Spearman para as variáveis de distribuição assimétrica. Foi aceito como estatisticamente significativo quando o valor de p foi menor ou igual a 0,05.

## **5 RESULTADOS**

## 5.1 ESTUDO ANATÔMICO

Dos 20 cadáveres, 13 eram homens (65%) e 7 mulheres (35%). A média de idade foi de 67,8 anos (38 anos - 86 anos; dp: 13,1), sendo os homens com média  $\pm$  dp de 67,1 anos  $\pm$  11,9 anos e as mulheres com 69,3 anos  $\pm$  16,2 anos. Desconsiderando o caso número 3, que tinha amputações ao nível das coxas, a altura média foi de 173,2 cm (160 cm - 192 cm; dp: 10,4), sendo que os homens tiveram média  $\pm$  dp de 177,1 cm  $\pm$  9,7 cm e as mulheres de 164,8 cm  $\pm$  6,4 cm. O peso médio foi de 60,7 kg (30 kg - 93 kg; dp: 17,6), sendo que os homens tiveram média  $\pm$  dp de 67,2 kg  $\pm$  16,2 kg e as mulheres de 48,7 kg  $\pm$  13,9 kg.

### 5.1.1 Medidas entre marcos anatômicos

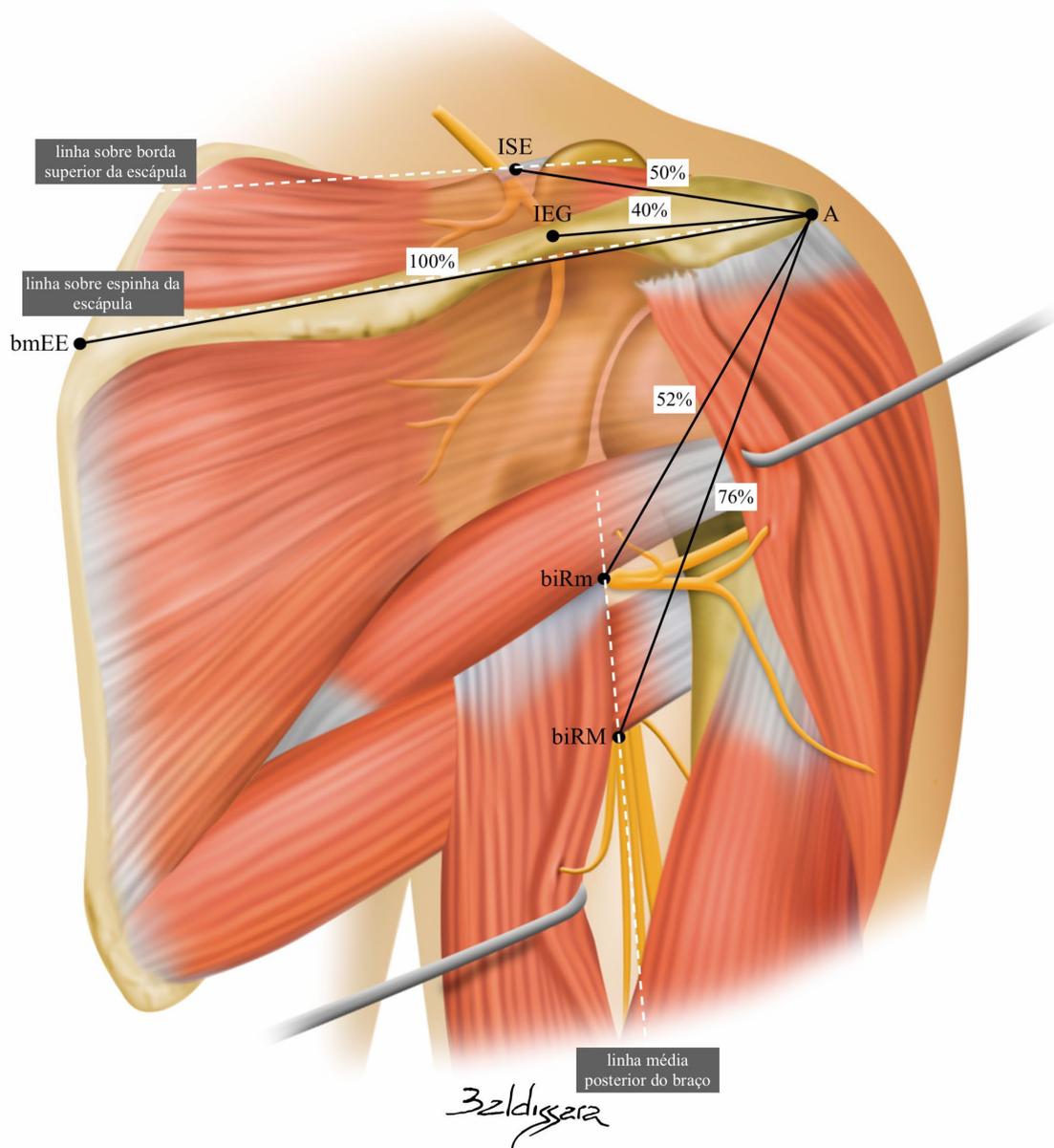
A Tabela 1 apresenta os dados relacionados às medidas a partir do ângulo do acrômio até marcos anatômicos onde são encontrados os nervos supraescapular (incisuras supraescapular e espinoglenoidal), axilar (borda inferior do músculo redondo menor) e radial (borda inferior do músculo redondo maior).

**Tabela 1 - Medidas entre os marcos anatômicos**

Medidas	Média (mm)	IC95% (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
A-bmEE	132,7	127,9-137,6	117,6	154
A-ISE	66,3	62,9-69,6	50,8	78,4
A-IEG	52,8	49,7-55,9	42,2	62
A-biRm	69,3	65,2-73,4	57,1	87,8
A-biRM	101,2	95,9-106,6	80	118,4

Quando comparada a medida do ângulo do acrômio à borda medial da espinha da escápula (A-bmEE) com as outras medidas, obteve-se, em média, as proporções conforme a Figura 13.

**Figura 13 - Relações entre a distância do ângulo do acrômio à borda medial da espinha da escápula (A-bmEE) com as outras medidas a partir do ângulo do acrômio até pontos onde são encontrados os nervos supraescapular, axilar e radial**



A: ângulo do acrômio; biRm: borda inferior do redondo menor; biRM: borda inferior do redondo maior; IEG: incisura espinoglenoidal; ISE: incisura supraescapular.

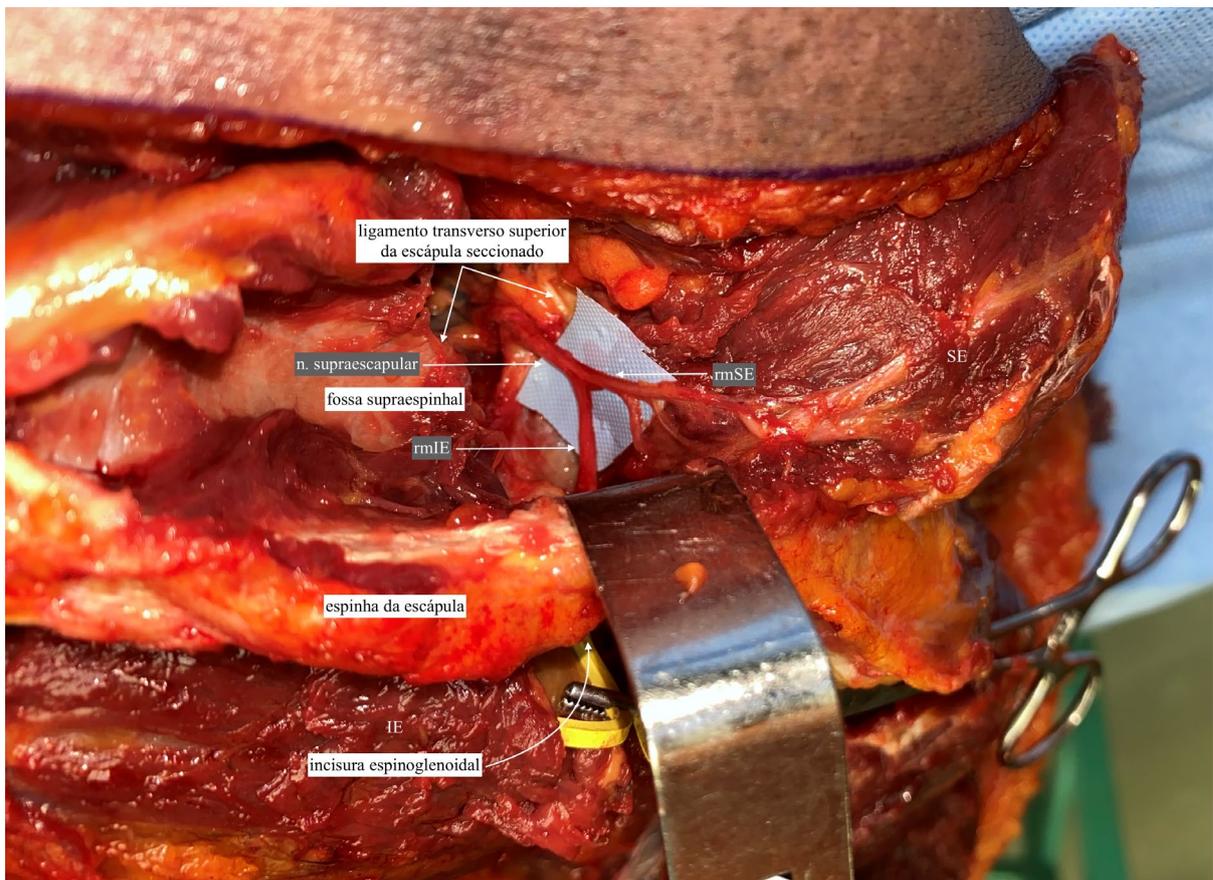
Por meio dessas proporções, é possível inferir, pela anatomia de superfície, as posições aproximadas dos nervos estudados nesta tese, facilitando o planejamento da incisão de pele e a via cirúrgica. Logo, utilizando como referência a medida do ângulo do acrômio à borda medial da espinha da escápula (A-bmEE), e sempre partindo do ângulo do acrômio, pode-se deduzir que o nervo supraescapular é encontrado na linha sobre a borda superior da escápula, na incisura

supraescapular, a uma distância média de 50% dessa medida (IC95% 48%-52%). O mesmo nervo, agora rmIE, é encontrado na linha sobre a espinha da escápula, na incisura espinoglenoidal, em média, a 40% dessa medida (IC95% 38%-42%). Os nervos axilar e radial são identificados sobre a linha longitudinal média posterior do braço, no espaço quadrangular e intervalo triangular, respectivamente, a uma distância média de 52% (IC95% 49%-55%) e 76% (IC 95% 73%-80%) daquela medida.

### 5.1.2 Anatomia do nervo supraescapular na região da escápula

O ligamento transversal superior da escápula foi presente em todas as dissecções. Em todos os casos o nervo supraescapular tinha trajeto abaixo desse ligamento na incisura supraescapular. Foi observada variação quanto ao ponto de ramificação do nervo supraescapular, sempre próximo a esse ligamento (Figura 14).

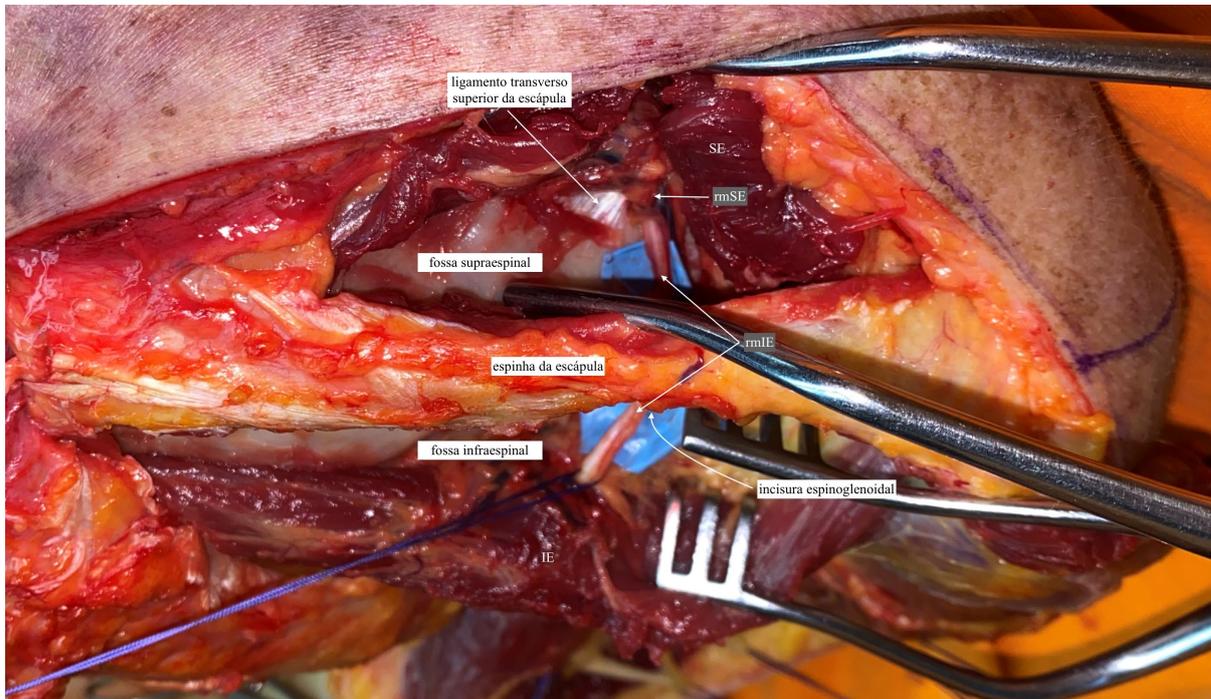
**Figura 14 - Rebatimento lateral do músculo supraespal, secção do ligamento transversal superior da escápula e dissecção do nervo supraespal na fossa supraespal**



IE: infraespal; rmIE: ramo motor do infraespal; rmSE: ramo motor do supraespal; SE: supraespal.

Após emissão do ramo para o músculo supraespinal, o nervo supraescapular seguia curso levemente oblíquo e lateral na fossa supraespinal em direção à incisura espinoglenoidal e, então, oblíquo e medial na fossa infraespinal até adentrar o músculo infraespinal (Figura 15).

**Figura 15 - Trajeto do nervo supraescapular nas fossas supraespinal e infraespinal**

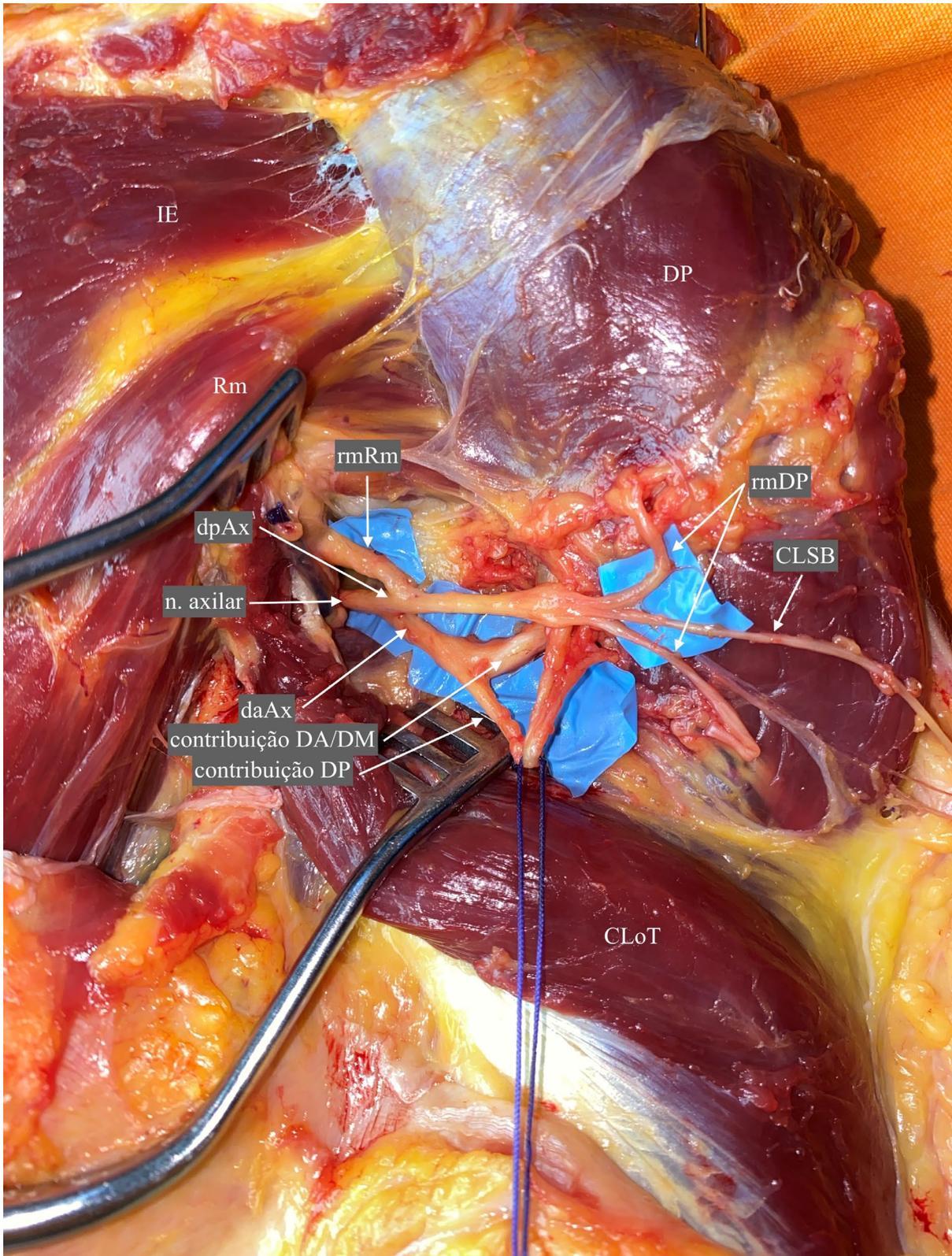


IE: infraespinal; rmIE: ramo motor do infraespinal; mSE: ramo motor do supraespinal; SE: supraespinal.

### 5.1.3 Anatomia do nervo axilar no espaço quadrangular

Em todos os casos o nervo axilar se dividia na região medial e superior do espaço quadrangular, na altura da borda inferior do músculo redondo menor: divisão anterior (mais profunda e superior) e divisão posterior (mais superficial e inferior). Em todos os casos, a divisão posterior logo emitia um ramo para o músculo redondo menor, próximo à margem lateral da cabeça longa do tríceps. Então, continuava como um tronco que se dividia em ramo para a porção posterior do deltoide e um ramo sensitivo que seguia superficialmente em direção lateral (nervo cutâneo lateral superior do braço). A divisão anterior passava ao redor do colo do úmero e seguia em direção anterior para inervação das porções anterior e média do deltoide. Foi observada variação quando à contribuição da divisão anterior na inervação do deltoide posterior (Figura 16).

**Figura 16 - Caso em que a divisão anterior do nervo axilar contribuía para a inervação de todas as porções do deltoide**

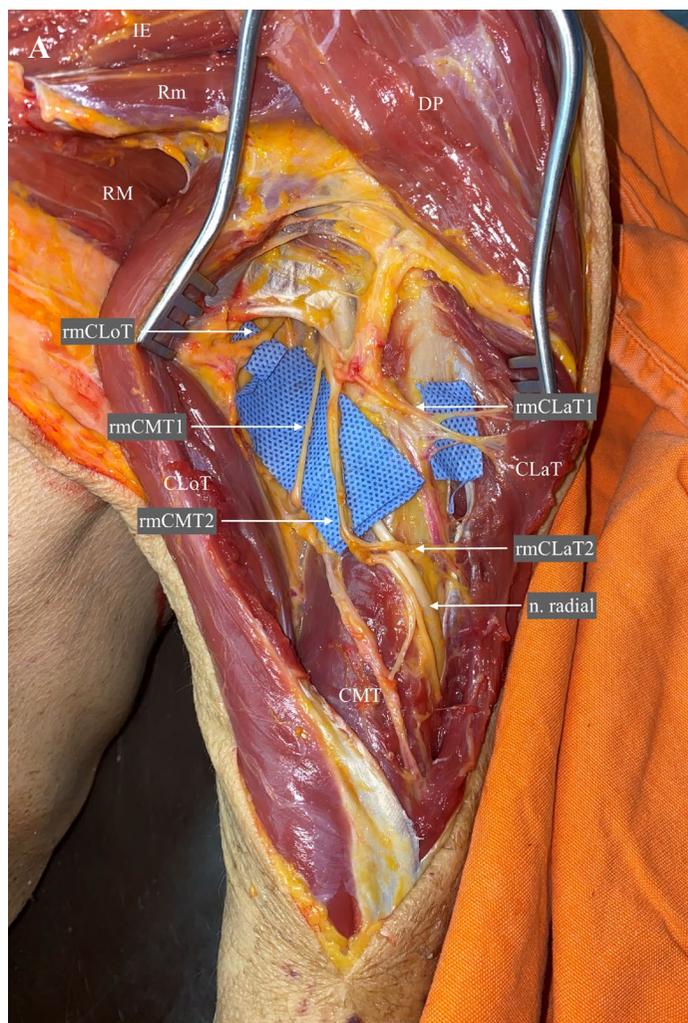


CLoT: cabeça longa do tríceps; CLSB: cutâneo lateral superior do braço; daAx: divisão anterior do nervo axilar; dpAx: divisão posterior do nervo axilar; DA: deltoide anterior; DM: deltoide médio; DP: deltoide posterior; IE: infraespal; Rm: redondo menor; rmDP: ramo motor do deltoide posterior; rmRm: ramo motor do redondo menor.

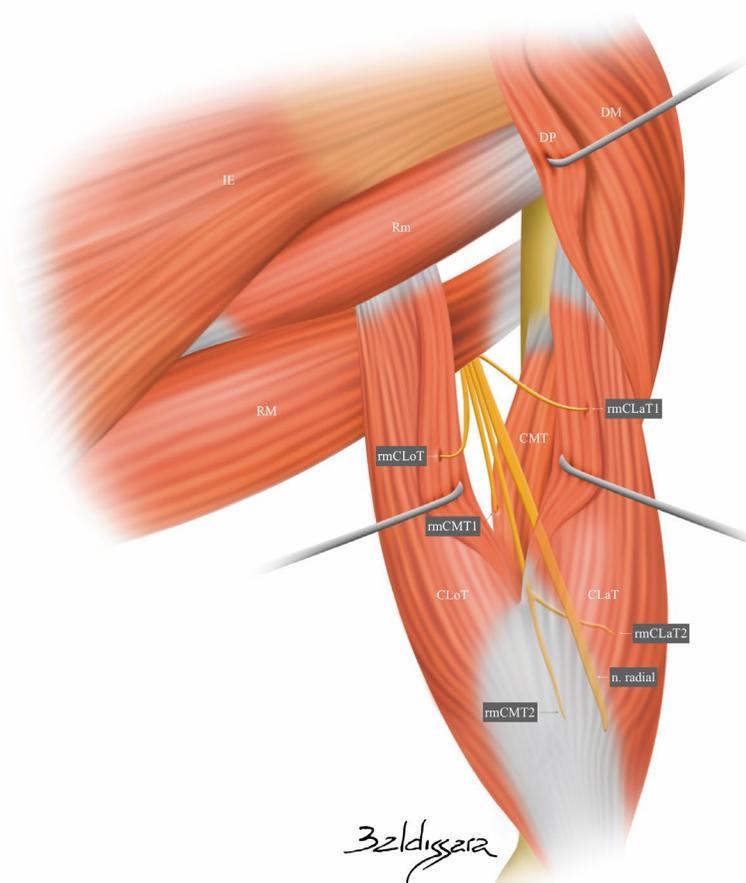
#### **5.1.4 Anatomia do nervo radial e contagem dos ramos para o tríceps braquial**

Em todas as disseções, foi observado apenas um ramo que se originou do tronco principal do nervo radial para a cabeça longa do tríceps (rmCLOt). Em 19 disseções (95%), foram notados dois ramos para a cabeça medial do tríceps (rmCMT1 e rmCMT2) e em uma (cadáver número 10), apenas um ramo, que tinha trajeto até região distal do músculo (rmCMT2). A cabeça lateral recebeu um ramo em nove casos (45%) e dois ramos nos outros 11 (55%) (rmCLaT1 e rmCLaT2). Dos casos que receberam um ramo, em um deles originava-se do ramo inferior para a cabeça medial do tríceps (cadáver número 20) (considerado rmCLaT2). Dos casos que receberam dois ramos, em sete deles o ramo inferior (rmCLaT2) originava-se do ramo inferior para a cabeça medial do tríceps (rmCMT2) (cadáveres número 3, 10, 12, 16, 17, 18 e 19). Assim, a apresentação mais frequente foi: um ramo para a cabeça longa do tríceps, dois ramos para a cabeça medial e, apesar de maior variação, dois ramos para a cabeça lateral, tendo o ramo inferior origem no rmCMT2 (Figura 17).

**Figura 17 - Fotografia (A) e ilustração (B) da apresentação mais comum de ramificação do nervo radial para o músculo tríceps braquial. Nota-se que o ramo inferior para a cabeça lateral do tríceps (rmCLaT2) origina-se do ramo inferior para a cabeça medial do tríceps (rmCMT2)**



**B**



CLaT: cabeça lateral do tríceps; CLoT: cabeça longa do tríceps; CMT: cabeça medial do tríceps; DP: deltoide posterior; IE: infraespal; Rm: redondo menor; RM: redondo maior; rmCLaT: ramo motor da cabeça lateral do tríceps (rmCLaT1: ramo superior; rmCLaT2: ramo inferior); rmCLoT: ramo motor da cabeça longa do tríceps; rmCMT: ramo motor superior da cabeça medial do tríceps (rmCMT1: ramo superior; rmCMT2: ramo inferior).

O primeiro ramo destinado ao músculo tríceps braquial a emergir do nervo radial sempre foi o ramo para a cabeça longa do tríceps (rmCLoT), próximo à borda inferior do músculo redondo maior, seguido pelos ramos superior e inferior para a cabeça medial (rmCMT1 e rmCMT2) e ramos para a cabeça lateral (rmCLaT1 e rmCLaT2). O rmCLoT e o rmCLaT1 apresentavam trajetos oblíquos opostos em direção às porções proximais das cabeças longa e lateral do tríceps, respectivamente. O rmCMT1 sempre teve trajeto medial ao nervo radial e entrava na região proximal da cabeça medial do tríceps. O rmCMT2 apresentou-se, primeiro, superficial e, depois, medial ao nervo radial, até sua entrada mais distal na cabeça medial do tríceps, próximo ao sulco desse nervo. Finalmente, seguia em direção ao músculo ancônio.

### 5.1.5 Comprimentos dos ramos

Os comprimentos dos ramos dos nervos estudados, do tronco principal até a entrada muscular, podem ser observados na Tabela 2. Dos ramos para as cabeças do tríceps, o mais comprido foi rmCMT2,  $p < 0,05$ , e o que teve maior variação da média foi rmCLaT2, devido aos diferentes pontos de origem e de inserção muscular.

**Tabela 2 - Comprimentos dos ramos**

Ramo motor	n	Média (mm)	IC95% (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
SE	20	17,2	14,4-19,9	6	30,0
IE	20	40,8	37,3-44,3	24,8	53,7
Rm	20	22,6	20,3-24,9	14,8	30,2
daAx	20	33,1	30,6-35,5	23,5	45,2
DP	20	42,9	38,3-47,5	28,2	60,8
CLoT	20	37,8	32,8-42,8	21,8	59,7
CLaT1	19	41,2	36,2-46,1	27,4	67,9
CLaT2	12	40,5	30,5-50,5	18,8	64,3
CMT1	19	54,3	48,4-60,2	34,4	78,9
CMT2	20	93	89,3-96,7	77,5	106,8

### 5.1.6 Diâmetros dos ramos

Os diâmetros dos mesmos ramos podem ser analisados na Tabela 3.

**Tabela 3 - Diâmetros dos ramos**

Ramo motor	n	Média (mm)	IC95% (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
SE	7	1,55	1,28-1,82	1,23	2,05
IE	20	2,05	1,86-2,25	1,39	2,83
Rm	20	1,95	1,70-2,20	1,38	3,61
daAx	20	2,37	2,14-2,60	1,41	3,30
DP	20	1,68	1,51-1,84	0,75	2,10
CLoT	20	1,99	1,77-2,22	0,98	2,87
CLaT1	19	1,24	1,10-1,39	0,78	1,87
CLaT2	12	0,86	0,64-1,08	0,40	1,43
CMT1	19	1,56	1,40-1,72	1,02	2,40
CMT2	20	2,07	1,80-2,34	1,33	3,55

Em uma análise comparativa entre os ramos do tríceps, o rmCLoT e o rmCMT2 tiveram os maiores diâmetros,  $p < 0,05$ . Os ramos motores do infraespinal e redondo menor (receptores da técnica estudada) tiveram diâmetro aproximado de 2 mm, semelhantes aos diâmetros desses ramos doadores. A análise de compatibilidade por meio das relações entre os diâmetros dos possíveis ramos doadores e receptores da técnica estudada pode ser observada na Tabela 4.

**Tabela 4 - Relações entre os diâmetros dos ramos doadores e receptores**

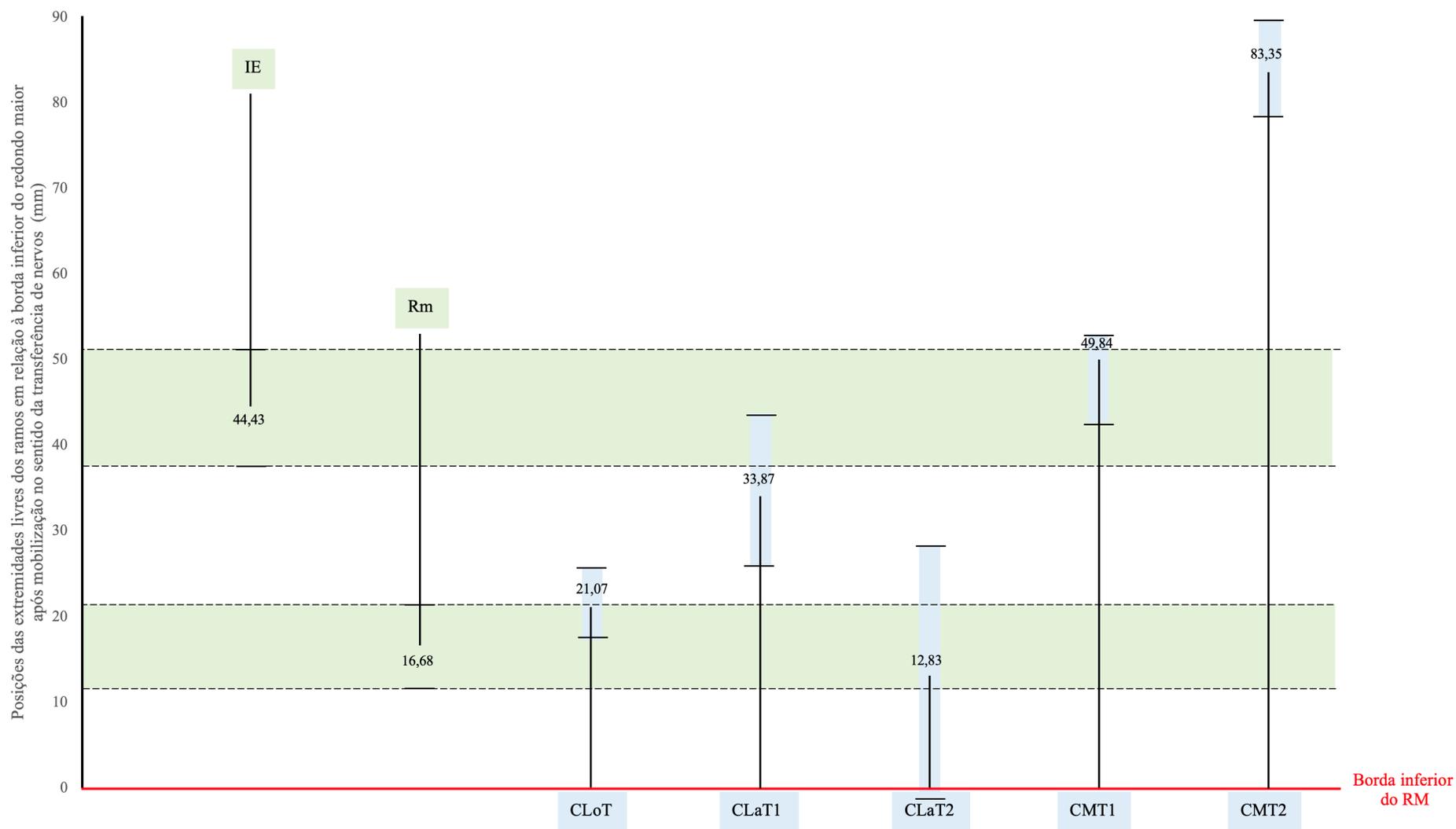
Ramos motores	n	Média	IC95%	Mínimo	Máximo
CLoT/IE	20	100%	87-113%	40%	171%
CLaT1/IE	19	63%	53-73%	32%	111%
CLaT2/IE	12	44%	31-56%	18%	84%
CMT1/IE	19	79%	68-91%	46%	141%
CMT2/IE	20	103%	89-117%	55%	202%
CLoT/Rm	20	106%	92-119%	59%	178%
CLaT1/Rm	19	65%	56-75%	36%	110%
CLaT2/Rm	12	43%	33-54%	18%	70%
CMT1/Rm	19	86%	72-100%	45%	133%
CMT2/Rm	20	112%	93-130%	54%	207%

A comparação entre os diâmetros dos ramos receptores e doadores não mostrou diferença estatisticamente significativa entre o rmCLoT e rmCMT2 com o rmIE, enquanto os outros ramos (rmCLaT1, rmCLaT2 e rmCMT1) tiveram diâmetros menores que ele. O rmRm apresentou diâmetro maior que os ramos da cabeça lateral, sem diferença estatisticamente significativa com os outros ramos (rmCLoT e ramos da cabeça medial do tríceps).

### **5.1.7 Distâncias dos ramos à borda inferior do redondo maior**

O Gráfico 1 mostra as posições médias e IC95% das extremidades livres de cada ramo em relação à borda inferior do músculo redondo maior após mobilização no sentido das transferências de nervos.

**Gráfico 1 - Posições das extremidades livres de cada ramo em relação à borda inferior do músculo redondo maior (RM) após mobilização no sentido da transferência de nervos (média e IC95%)**



Por essa avaliação indireta, considerando as médias e IC95%, pode-se inferir que o ramo do tríceps com maior alcance ao rmIE foi o rmCMT2, enquanto para o rmRm, o rmCLaT1 e ambos os ramos da cabeça medial foram os melhores nesse sentido.

Houve grande variação da posição do ramo inferior da cabeça lateral (rmCLaT2) devido aos pontos distintos das origens desses ramos, do tronco principal ou do ramo inferior da cabeça medial do tríceps (rmCMT2).

Por meio de análise comparativa das posições dos ramos do tríceps em relação à borda inferior do redondo maior, observou-se que o rmCMT2 tem o maior comprimento, ou seja, maior alcance aos ramos receptores, seguido pelo rmCMT1,  $p < 0,05$ .

A seguir, foi feita, em cada caso, uma análise da diferença (subtração) entre as distâncias das extremidades livres do ramo doador e ramo receptor em relação à borda inferior do redondo maior. Desta forma, valores maiores ou igual a zero indicavam a factibilidade da transferência de nervos. A Tabela 5 mostra, por medida indireta, em quantos casos seria possível cada transferência, no total de casos e nos casos em que havia os dois ramos, doador e receptor. Essa avaliação caso a caso corrobora com o resultado avaliado pelas médias e IC95%.

**Tabela 5 - Factibilidade das transferências de nervos avaliadas indiretamente pelas posições das extremidades livres de cada ramo em relação à borda inferior do redondo maior após mobilização no sentido das transferências**

Ramos motores	Todos os casos	Casos que tinham ambos os ramos, doador e receptor
IE-CLoT	1/20 (5%)	1/20 (5%)
IE-CLaT1	5/20 (25%)	5/19 (26,3%)
IE-CLaT2	1/20 (5%)	1/12 (8,3%)
IE-CMT1	10/20 (50%)	10/19 (52,6%)
IE-CMT2	20/20 (100%)	20/20 (100%)
Rm-CLoT	13/20 (65%)	13/20 (65%)
Rm-CLaT1	15/20 (75%)	15/19 (78,9%)
Rm-CLaT2	4/20 (20%)	4/12 (33,3%)
Rm-CMT1	17/20 (85%)	17/19 (89,5%)
Rm-CMT2	20/20 (100%)	20/20 (100%)

### 5.1.8 Simulações das transferências

A Tabela 6 mostra em quantos casos cada transferência foi possível e, nesses casos, a análise de sobreposição dos nervos.

**Tabela 6 - Factibilidade das transferências de nervos e avaliação de sobreposição nos casos em que foram viáveis**

Ramos motores	Factibilidade		Média de sobreposição (mm)	Desvio-padrão (mm)	Mínimo (mm)	Máximo (mm)
	Todos os casos	Casos que tinham os ramos				
IE-CLoT	2/20 (10%)	2/20 (10%)	17,5	24,7	0	34,91
IE-CLaT1	6/20 (30%)	6/19 (31,6%)	15,7	30,3	0	77,13
IE-CLaT2	2/20 (10%)	2/12 (16,7%)	0	0	0	0
IE-CMT1	16/20 (80%)	16/19 (84,2%)	14	18,1	0	54,55
IE-CMT2	20/20 (100%)	20/20 (100%)	37,8	19,8	9,02	94,48
Rm-CLoT	16/20 (80%)	16/20 (80%)	12,7	10,11	0	34,35
Rm-CLaT1	16/20 (80%)	16/19 (84,2%)	16,6	17,94	0	72,13
Rm-CLaT2	4/20 (20%)	4/12 (33,3%)	28,9	5,3	22,50	35,23
Rm-CMT1	19/20 (95%)	19/19 (100%)	33,4	21,51	0	74,36
Rm-CMT2	20/20 (100%)	20/20 (100%)	60,5	19,73	16,03	96,93

Observação: devido ao n pequeno de algumas transferências, foi utilizado o desvio-padrão como medida de dispersão, e não foi utilizado o intervalo de confiança a 95%, que se apresentou muito alargado nesses casos.

As simulações das neurotizações (avaliação direta) apresentaram taxas de factibilidade superiores à avaliação indireta que considerava a borda inferior do redondo maior como referência. Além do rmCMT2, o rmCMT1 também passou a apresentar taxa de factibilidade  $\geq 80\%$  na transferência para o rmIE. Da mesma forma, além do rmCMT1 e rmCMT2, o rmCLoT e rmCLaT1 também passaram a mostrar taxa de factibilidade  $\geq 80\%$  na transferência para o rmRm.

## 5.2 CONTAGEM DE AXÔNIOS

O preparo das lâminas para avaliação histológica foi feito nas amostras de 11 disseções, conforme autorização pelos familiares pelo TCLE. Foram excluídas todas as lâminas cujas fotografias não ficaram adequadas para a contagem das fibras mielinizadas, o que excluiu todas as lâminas do caso 16. Portanto, a contagem foi feita em 10 casos, conforme a Tabela 7.

**Tabela 7 - Casos e nervos (ramos motores) que tiveram contagem de axônios**

Identificação	SE	IE	Rm	daAx	DP	CLoT	CLaT1	CLaT2	CMT1	CMT2
6	1006	2361	2601	3576	x	x	x		x	x
7	x	x	1336	3502	1060	1234	x		983	1874
9	1441	2416	1046	3702	1288	735	1507		1631	3375
10	1488	4267	2346	5376	2249	2049	651	x		5210
11	2013	2167	x	x	1985	1089	x		1207	6112
12	1425	3275	2160	x	2547	1810	198		687	2666
13	1623	2975	x	x	x	1646	2117		854	8160
14	1475	3222	1683	4001	565	1308	473	521	1385	1541
18	3229	5001	1966	x	685	x	x	177	1385	2251
20	3411	3309	x	3696	922	1417		414	1348	1621

A Figura 18 exibe um exemplo de fotografia de uma lâmina no microscópio, antes e após a contagem dos axônios.

**Figura 18 - Exemplo de fotografia de lâmina (aumento de 400 vezes), antes (A) e após (B) a contagem de fibras mielinizadas**



A Tabela 8 mostra a média, desvio-padrão, mínimo e máximo das contagens de axônios de cada ramo do estudo anatômico.

**Tabela 8 - Contagem de axônios dos ramos dos nervos estudados**

Ramos motores	n	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
SE	9	1901	846	1006	3411
IE	9	3221	924	2167	5001
Rm	7	1877	556	1046	2601
dAx	6	3976	707	3502	5376
DP	8	1413	750	565	2547
CLoT	8	1411	418	735	2049
CLaT1	5	989	798	198	2117
CLaT2	3	371	176	177	521
CMT1	8	1185	317	687	1631
CMT2	9	3646	2333	1541	8160

Observação: devido ao n pequeno de alguns ramos, foi utilizado o desvio-padrão como medida de dispersão, e não foi utilizado o intervalo de confiança a 95%, que se apresentou muito alargado nesses casos.

Entre os ramos do tríceps, o rmCMT2 apresentou maior contagem de axônios,  $p < 0,05$ .

Na comparação quanto ao número de axônios entre ramos receptores e doadores, o rmIE teve maior contagem que todos os ramos do tríceps,  $p < 0,05$ , exceto com o rmCMT2. O rmRm apresentou contagem superior estatisticamente significativa, embora relativamente pequena, apenas na comparação com o rmCLoT. Devido ao n pequeno dessas comparações, os resultados devem ser interpretados com cautela.

As correlações entre contagens de axônios dos nervos e idade não tiveram significância estatística,  $p > 0,05$ .

Enfim, a compatibilidade quanto à taxa do número de axônios entre doador e receptor é demonstrada na Tabela 9.

**Tabela 9 - Proporções entre os números de axônios dos nervos doadores e receptores**

Ramos motores	n	Média	Desvio-padrão	Mínimo	Máximo
CLoT/IE	7	46%	9%	30%	55%
CLaT1/IE	5	34%	30%	6%	71%
CLaT2/IE	3	11%	6%	4%	16%
CMT1/IE	7	41%	17%	21%	68%
CMT2/IE	8	130%	98%	45%	282%
CLoT/Rm	5	82%	9%	70%	92%
CLaT1/Rm	4	52%	62%	9%	144%
CLaT2/Rm	2	20%	16%	9%	31%
CMT1/Rm	5	83%	45%	32%	156%
CMT2/Rm	6	170%	88%	92%	323%

Observação: devido ao n pequeno de algumas proporções, foi utilizado o desvio-padrão como medida de dispersão, e não foi utilizado o intervalo de confiança a 95%, que se apresentou muito alargado nesses casos.

Os dados de todas as disseções podem ser observados na tabela “Baseline” (Anexo F).

## **6 DISCUSSÃO**

## 6.1 ANATOMIA

Os nervos supraescapular e axilar não apresentaram variações significativas quanto aos trajetos e ramificações nas dissecações, respectivamente, nas regiões da escápula e do espaço quadrangular. Em contrapartida, conforme já abordado por Uerpaiojkit et al.<sup>79</sup>, o nervo radial apresentou variações quanto a sua ramificação para o músculo tríceps braquial. A cabeça longa recebeu sempre apenas um ramo, o primeiro a emergir do nervo radial, em concordância com a maior parte das descrições anatômicas. A cabeça medial recebeu, predominantemente, dois ramos, um que entrava na parte proximal do músculo e outro mais distal, seguindo depois para o ancôneo. A cabeça lateral teve inervação mais variável, por um ou dois ramos, e quanto à origem deles, do tronco principal do nervo radial ou do rmCMT2. Dessa forma, concordante com a descrição anatômica feita por Bertelli et al.<sup>78</sup>, a apresentação mais frequente foi com um ramo para a cabeça longa, dois ramos para a cabeça medial e, embora com maior variação, dois ramos para a cabeça lateral, tendo o seu ramo inferior origem no ramo inferior para a cabeça medial do tríceps e ancôneo.

Concordou-se com Wyles et al.<sup>64</sup> em ser realizada a secção do nervo supraescapular após a emissão do ramo para o músculo supraespinal, na região da incisura supraescapular, aumentando o alcance do rmIE em direção à neurotização. Realizando-se a neurotomia nessa topografia, foi medido um comprimento médio desse ramo em 40,8 mm, valor inferior ao apresentado por esses autores (média de 59 mm). Outros estudos apresentam medidas do comprimento desse ramo a partir de neurotomia realizada na região da incisura espinoglenoidal, portanto, mais distal, tendo sido obtidos valores médios semelhantes ou menores aos aferidos nesta tese: Mishra et al.<sup>63</sup> obtêm média de 40 mm, Kaiser et al.<sup>68</sup> de 36 mm e Krajková et al.<sup>70</sup> de 40,9 mm.

Observou-se que o rmRm sempre se originou da divisão posterior do nervo axilar na região superior e medial do espaço quadrangular. Conforme mostrado por outros autores, a emissão desse ramo próximo à primeira divisão do nervo axilar, em alguns casos, passava a impressão de uma trifurcação (divisão anterior, divisão posterior e ramo para o músculo redondo menor)<sup>69,118</sup>. O comprimento médio desse ramo foi de 22,6 mm, valor que se encontra próximo aos verificados em outros trabalhos: Ball et al.<sup>111</sup> medem esse comprimento em 18 mm, Uz et al.<sup>114</sup> em 24 mm, Loukas et al.<sup>115</sup> em 21,2 mm e Bertelli et al.<sup>118</sup> em 18 mm.

Sobre os comprimentos médios dos ramos do nervo radial para as cabeças do tríceps braquial, em concordância com o estudo de Bertelli et al.<sup>78</sup>, esta tese constata que os ramos mais longos foram da cabeça medial do tríceps (54,3 mm e 93 mm) e os mais curtos da cabeça longa (37,8 mm) e lateral (41,2 mm e 40,5 mm).

## 6.2 HISTOMORFOMETRIA

A avaliação histomorfométrica de nervos periféricos permite avaliar a quantidade, o tamanho e a distribuição das fibras neurais<sup>134</sup>. Nesta tese, com o objetivo de avaliar a compatibilidade entre os nervos doadores e nervos receptores das neurotizações estudadas, foi realizada apenas a quantificação dos axônios mielinizados.

Foi encontrada na literatura variação acerca do método utilizado para contagem dos axônios, se manual ou semiautomático, alguns estudos não relatam o método utilizado e outros referenciam artigos prévios sem fornecer informações a respeito disso<sup>8,82,126,129-131,135-139</sup>. Foi utilizado o método de contagem manual, tendo sido somadas todas as fibras coradas, de imagens capturadas em microscópio de luz com aumento de 400 vezes. Optou-se pela contagem manual de todas as fibras pois, apesar de maior tempo dispendido e de uma possível interpretação inadequada da lâmina pelo examinador, evitava-se o viés de seleção de uma amostra com distribuição heterogênea de axônios e tecido conectivo, o que poderia subestimar ou superestimar os valores em uma contagem semiautomática<sup>140</sup>. Além disso, não exige software dedicado a essa tarefa e é mais barata<sup>76</sup>.

Reparou-se nesta tese uma variação significativa do número de axônios mielinizados de cada ramo de nervo na comparação entre os cadáveres, refletido pelos grandes desvios-padrões das médias. Essa observação pode ser feita em outros trabalhos<sup>76,82,118</sup>. Khair et al.<sup>82</sup>, por exemplo, relatam contagens axônios de 553 a 2.771 para o ramo da cabeça longa do tríceps, 679 a 4.428 para os ramos da cabeça medial e 211 a 4.187 para os ramos da cabeça lateral, tal como Cheah et al.<sup>76</sup>, que encontram valores de contagens de axônios mielinizados de 487 a 1.876 nos ramos motores do músculo braquial e 716 a 2.097 nos ramos do tríceps.

A Tabela 10 compara os resultados histomorfométricos desta tese com o de estudos que fazem a contagem de axônios dos ramos motores para o infraespinal, redondo menor e/ou para as cabeças do tríceps<sup>54,65,69,82,118,126</sup>. Poucos são os estudos desta comparação, uma vez que foram excluídos trabalhos que contam fibras apenas dos troncos dos nervos supraescapular, axilar e/ou radial, ao invés de seus ramos motores. O presente estudo é o único que expõe as contagens de axônios de cada ramo das cabeças do tríceps, ao invés de apresentar um valor da somatória das contagens para uma determinada cabeça. Esse detalhamento pode ajudar na escolha dos ramos doadores para as neurotizações.

**Tabela 10 - Estudos que apresentam contagens de axônios para os ramos motores do infraespinal, redondo menor e/ou tríceps braquial**

Estudo	Método de contagem	n	Aumento	Contagem média de axônios						
				rmIE	rmRm	rmCLoT	rmCLaT1	rmCLaT2	rmCMT1	rmCMT2
Esta tese	Manual	5 a 9	400 x	3221	1877	1411	989	371	1185	3646
Witoonchart et al. <sup>54</sup>	Semiautomático	6	100 x	-	-	1233	-	-	-	-
Bertelli et al. <sup>118</sup>	Manual	16	-	-	961	1329	-	-	987	-
Bertelli <sup>126</sup>	Manual	10	-	-	-	-	-	-	-	818
Khair et al. <sup>82</sup>	Manual	10	-	-	1161	2302	1462	-	2198	-
Tavares et al. <sup>65</sup>	Semiautomático	6	40 x	830	-	544	994	-	1031	-
Paulos <sup>69</sup>	Manual	20	400 x	-	610	-	-	-	-	-

Como se pode observar, existe uma divergência dos valores obtidos entre os trabalhos, tendo este estudo, via de regra, apresentado resultados de contagens semelhantes ou superiores aos dos outros. Atribuiu-se a isso o aumento de imagem que foi utilizado no microscópio e o critério de escolha dos axônios contados, tendo sido incluídas também pequenas fibras que foram coradas pelo método de preparo. De qualquer modo, concorda-se com Cheah et al.<sup>76</sup> que se deve valorizar as proporções entre os números de axônios dos nervos estudados dentro de um mesmo trabalho e não seus valores absolutos ou a comparação com outras publicações que utilizam métodos distintos de contagem.

Uma quantidade suficiente de axônios do nervo doador em relação ao receptor é um requisito para que uma neurotização tenha bom resultado funcional. Por esse motivo, vários autores discutem sobre a proporção mínima de axônios doador/receptor para obtenção de um resultado satisfatório, porém, sem chegar a um consenso<sup>76,82,130,139,141,142</sup>.

Um estudo comumente referenciado nas discussões é o de Tötösy de Zepetnek et al.<sup>143</sup>, de 1992, utilizado para defender que uma força muscular normal pode ser atingida com o mínimo de 30% de fibras motoras originais. Trata-se de um estudo experimental em ratos, em que realizam a secção e sutura do nervo fibular comum e, posteriormente, examinam o músculo tibial anterior. Apesar da relevante contribuição, não é possível inferir que os resultados desse trabalho suportam o uso de uma proporção mínima de contagem de axônios doador/receptor de 30% para neurotizações em humanos.

Outros trabalhos citados são o de Gordon et al.<sup>144</sup>, Lutz et al.<sup>145</sup> e Cederna et al.<sup>146</sup>, também realizados com animais. Gordon et al.<sup>144</sup> testam a capacidade de aumento compensatório de unidades motoras após denervação parcial do músculo tibial anterior de ratos. Observam que, em média, as unidades motoras aumentam até cerca de cinco vezes o seu tamanho original, resultando na capacidade de compensar até 80% da perda de motoneurônios. No estudo de Lutz et al.<sup>145</sup>, o uso de um terço do nervo ulnar para reinervar o nervo mediano de coelhos resulta em recuperação de 75% da força muscular quando comparado com a neurografia término-terminal desses nervos. No trabalho de Cederna et al.<sup>146</sup>, o nervo fibular de ratos é seccionado e reparado incluindo 50% ou 100% dos axônios do coto proximal. Demonstra uma recuperação de força isométrica do primeiro grupo de aproximadamente 74% em relação ao segundo grupo, e 68% quando comparado a ratos que não sofrem a lesão do nervo, diferenças estaticamente significativas. Esses estudos também não permitem uma conclusão definitiva a respeito da proporção mínima de axônios doador/receptor para obter-se bons resultados nas transferências de nervos.

O trabalho que aborda esse tema de maneira mais específica é o de Schreiber et al.<sup>141</sup>. Os autores correlacionam a proporção de axônios entre doador e receptor com os resultados clínicos das cirurgias de transferências de nervos para obtenção de flexão do cotovelo. Sugerem que os resultados são otimizados quando essa taxa é de pelo menos 70%. Todavia, correlacionam os resultados de contagens de axônios do próprio estudo e de outros prévios com os resultados funcionais das neurotizações levantados em revisão da literatura. Outra limitação consiste na seleção imprecisa dos fascículos dos nervos mediano e ulnar nas disseções em cadáveres, sem a possibilidade de eletroestimulação e escolha dos fascículos destinados aos flexores de punho, como acontece nas cirurgias. Portanto, entende-se que o desenho de estudo adequado para obtenção dessa conclusão seja, de maneira resumida: seleção de pacientes adultos com lesões do plexo braquial de mesmo nível que necessitem da mesma abordagem cirúrgica de transferência de nervos; realização da cirurgia com tempos semelhantes de evolução desde a lesão; padronização dos passos da cirurgia; coleta de fragmentos dos nervos transferidos da região de neurorafia durante as cirurgias; realização da histomorfometria das lâminas desses fragmentos; avaliação da correlação entre o resultado funcional desses pacientes com as proporções das contagens de axônios dos nervos doador e receptor da neurotização feita.

Nesta tese, avaliando as médias das proporções entre os números de axônios dos ramos do tríceps (possíveis ramos doadores) e o ramo do infraespinal (ramo receptor), apenas a relação  $rmCMT2/rmIE$  foi maior que 70% (130%). Todas as outras relações foram menores que 50%. Tendo o ramo motor do redondo menor como receptor, as proporções médias maiores que 70% foram com os ramos da cabeça longa (82%) e da cabeça medial do tríceps (83% para o  $rmCMT1$  e 170% para o  $rmCMT2$ ). Assim, considerando uma proporção média das contagens de axônios doador/receptor de, pelo menos, 70% e caso de menor proporção maior que 30%, as melhores compatibilidades foram do  $rmIE$  com o  $rmCMT2$  e do  $rmRm$  com o  $rmCLOt$  ou  $rmCMT1$ . É importante observar que em algumas combinações o número amostral foi pequeno e o desvio-padrão foi grande. Logo, deve-se analisar esses resultados com prudência.

Da amostra de pacientes que foram submetidos à histomorfometria, metade dos cadáveres tinham mais de 70 anos de idade, faixa etária em que possivelmente a contagem de axônios pode ser menor<sup>76,147,148</sup>. Essa correlação negativa não foi observada neste estudo.

### 6.3 TRANSFERÊNCIAS DE NERVOS SELETIVAS PARA GANHO DE ROTAÇÃO EXTERNA EM PACIENTES COM LESÃO ALTA DO PLEXO BRAQUIAL

A primeira publicação sobre transferências de nervos para reanimação do ombro em paciente com lesão alta do plexo braquial foi de Lurje, em 1948<sup>149</sup>. O autor relata um caso operado em 1945, em que realizou transferências de ramos do nervo radial (destinados ao tríceps e não especificados) para o nervo axilar e do nervo torácico longo para o nervo supraescapular, tendo tido resultado de abdução do ombro em 35° enquanto contração máxima do músculo tríceps. Não relata o resultado sobre recuperação de rotação externa. Desde então, inúmeras publicações descrevem técnicas para reanimação do ombro em pacientes com lesão alta do plexo braquial, permanecendo a discussão sobre quais devem ser os nervos receptores e nervos doadores.

Para reanimação dos movimentos do ombro em pacientes com lesão alta do plexo braquial, quando avaliado o resultado de rotação externa, a “dupla neurotização”, dos nervos supraescapular e axilar, apresenta melhores resultados que uma única neurotização<sup>150</sup>. No presente estudo, constatou-se a viabilidade de neurotizações direcionadas especificamente para os ramos desses nervos que são destinados aos músculos rotadores externos, infraespinal e redondo menor.

A neurotização seletiva do rmIE seccionado após sua passagem sob o ligamento transversal superior da escápula refuta as duas teorias que suportam o pior resultado de reinervação do músculo infraespinal em relação ao supraespinal na neurotização do acessório (XI) para o supraescapular: lesão do nervo supraescapular na incisura supraescapular e maior direcionamento dos axônios para o músculo supraespinal. Nos casos em que houver comprimento excedente dos ramos na transferência seletiva para o rmIE, sugere-se o encurtamento desse ramo e não do doador, o que, além de tornar a coaptação mais próxima da junção neuromuscular, pode retirar também o território do nervo que passava pela incisura espinoglenoidal, outro ponto de possível lesão adicional.

É relevante também a neurotização seletiva do ramo motor do redondo menor. Esse músculo, além do papel estabilizador da glenoumeral, é considerado, tal como o músculo infraespinal, rotador externo primário dessa articulação<sup>26</sup>. Kuhlman et al.<sup>151</sup> avaliam a força de abdução e rotação externa de indivíduos submetidos a bloqueio do nervo supraescapular. Os autores demonstram que os músculos supraespinal e infraespinal produzem cerca de 75% da força de rotação externa glenoumeral, restando ao músculo redondo menor contribuição de aproximadamente 25%. Essa pode ser uma porcentagem relevante, dado que uma pequena

recuperação de rotação externa é capaz de reduzir significativamente a incapacidade funcional de um paciente com lesão do plexo braquial<sup>19</sup>. Além disso, estudos apontam que o redondo menor é capaz de hipertrofiar e suprir a função de rotação externa na ausência funcional do supraespinal e infraespinal<sup>152,153</sup>. Em suma, apesar de ser o menor músculo do manguito rotador, assume papel fundamental na ausência dos outros<sup>154</sup>.

### 6.3.1 Análise de viabilidade das transferências de nervos

Para avaliação da viabilidade e da compatibilidade entre os nervos de uma neurotização, pode-se verificar as seguintes condições: comprimento suficiente do nervo doador para encontrar o nervo receptor, axônios suficientes para reinervá-lo e diâmetros compatíveis. Nesta tese foram realizadas as três avaliações.

A factibilidade das neurotizações quanto aos comprimentos dos ramos foi averiguada de maneira indireta, pelas medidas em relação à borda inferior do músculo redondo maior, método semelhante ao utilizado por Khair et al.<sup>82</sup>, e de maneira direta, testando, de fato, cada transferência e, quando possível, sendo medido o tamanho da sobreposição entre os nervos.

Considerando as posições das extremidades livres de cada ramo em relação à borda inferior do músculo redondo maior após mobilização no sentido das transferências de nervos, o rmCMT2 foi quem teve maior alcance dentre os ramos do tríceps, seguido pelo rmCMT1. Tanto pelas médias e IC95% quanto pela avaliação caso a caso, o melhor ramo do tríceps para alcance do rmIE foi o rmCMT2, factível em 100% dos casos. Os outros ramos do tríceps apresentaram viabilidade, nessa situação, menor ou igual a 50% de todos os casos. Já para o rmRm, os melhores doadores foram o rmCMT2, rmCMT1 e CLaT1, com factibilidade de 100%, 85% e 75% de todos os casos, respectivamente.

O estudo de Khair et al.<sup>82</sup> mostra que o ramo destinado à cabeça longa do tríceps é o que tem menor comprimento médio em relação à borda inferior do músculo redondo maior, logo, dentre os ramos do nervo radial, o que tem menor alcance nas neurotizações com o nervo axilar. O presente estudo aponta que o rmCLaT2 é o que tem esse menor alcance médio, com medidas de variabilidade alargadas. A origem desse ramo sempre foi distal à linha da borda inferior do músculo redondo maior e não foi realizada a neurólise dele até essa região. Se assim fosse feito, certamente ter-se-ia um resultado de melhor alcance desse ramo e, assim como no trabalho de Khair et al.<sup>82</sup>, o rmCLoT provavelmente teria a menor média de comprimento relativo a essa linha.

As simulações de cada transferência (avaliação direta) mostraram, em geral, resultados de viabilidade um pouco superiores ao da avaliação indireta, provavelmente devido à capacidade de adaptação e elasticidade dos músculos e nervos, o que permitia a aproximação dos ramos receptor e doador quando a distância entre eles era pequena, mantendo ainda a sensação da possibilidade de coaptação sem tensionamento dos nervos. Isso justifica os vários resultados “zero” para o intervalo de sobreposição. Nessa avaliação, os melhores ramos para a neurotização com o rmIE foram o rmCMT2 (100%) e o rmCMT1 (80% de todos os casos), enquanto todos os ramos do tríceps alcançaram o rmRm em pelo menos 80% de todos os casos, exceto o rmCLaT2 (20%), tendo os ramos para a cabeça medial do tríceps encontrado o rmRm em todos os casos em que eles existiam.

Sendo assim, pelas avaliações de viabilidade que consideram os comprimentos dos ramos e distâncias entre eles, podemos inferir que a combinação de neurotizações para os músculos rotadores externos com mais garantia de sucesso é rmCMT2 para rmIE e rmCMT1 para rmRm. Vale ressaltar que, se for seccionada parte da fáscia do redondo maior, conforme proposto por Leechavengvongs et al.<sup>48</sup> e por Colbert e Mackinnon<sup>155</sup>, aumenta-se o alcance dos ramos do tríceps aos nervos receptores, o que possibilita mais opções de neurotizações, além de possivelmente reduzir a força de adução e rotação interna, forças contrárias às que são objetivadas com a cirurgia nesses pacientes. Outro benefício dessa liberação é o redirecionamento do(s) ramo(s) do tríceps em sentido proximal sobre um leito muscular e não fascial.

Em relação aos diâmetros nas regiões de neurotomias, os ramos receptores, o rmCLoT e os ramos da cabeça medial do tríceps apresentaram valores médios próximos de 2 mm. Essas medidas se assemelham às realizadas por outros autores<sup>65,69,70,78,106,117,118,128</sup>. Com o objetivo de avaliar a compatibilidade entre os ramos doadores e receptores quanto aos seus diâmetros, foram calculadas as médias das relações entre eles. Dessa forma, quanto mais próxima de 100% fosse a relação, teoricamente, melhor a compatibilidade. As médias dessas proporções foram mais próximas de 100% quando os doadores eram os ramos para as cabeças longa ou medial do tríceps (79% a 112%) e mais distantes quando os doadores eram os ramos para a cabeça lateral do tríceps (43% a 65%).

Devido às medidas na ordem de poucos milímetros e à maleabilidade do tecido neural, essa foi uma aferição delicada, necessitando-se precisão no uso do paquímetro para apenas encostar as pontas de medição nas bordas dos nervos sem comprimi-los. Como um único examinador realizou essas medidas de maneira cuidadosa, usando lupa cirúrgica, com a mesma técnica em todas as dissecções, entende-se que os resultados obtidos podem ser valorizados.

Enfim, baseado nos achados relacionados aos comprimentos, diâmetros e contagens de axônios, e considerando que a utilização dos ramos de uma única cabeça do tríceps como doadores não causa perda funcional de extensão do cotovelo<sup>48,155-157</sup>, é uma sugestão de neurotizações para os músculos rotadores externos:

- rmCMT2 para rmIE: comprimentos dos ramos permitiram factibilidade da técnica em todos os casos tanto nos testes indiretos (usando a borda inferior do redondo maior como parâmetro) quanto pelas simulações, com intervalo de sobreposição médio de 37,8 mm; média da relação entre os diâmetros de 103%; média das proporções entre os números de axônios de 130%.
- rmCMT1 para rmRm: comprimentos dos ramos permitiram factibilidade da técnica em 17/19 casos que tinham ambos os ramos pela avaliação indireta e em todos pelas simulações, com intervalo de sobreposição médio de 33,4 mm; média da relação entre os diâmetros de 86%; média das proporções entre os números de axônios de 83%.

É de referir que, apesar dessas avaliações de compatibilidade, existem neurotizações que vêm sendo utilizadas com bons resultados funcionais e que não cumprem com proporções ditas adequadas de diâmetros e contagens de axônios entre os nervos doador e receptor, especialmente as mais distais no membro superior, onde as massas musculares são menores<sup>76,139</sup>.

### 6.3.2 Tratamento do paciente com lesão alta do plexo braquial

No contexto de um paciente com lesão alta do plexo braquial, além da rotação externa, deve-se objetivar a recuperação da abdução do ombro. Portanto, é necessária uma análise mais ampla sobre as possibilidades de transferências de nervos. Nesses pacientes, os músculos-alvo para reanimação da abdução do ombro são o supraespinal e o deltoide. Apesar de questionável a afirmação de que o músculo supraespinal inicia e o deltoide completa a abdução, ambos têm papel importante para esse movimento<sup>158</sup>.

O uso do nervo acessório (XI) nas transferências de nervos para tratamento de lesões do plexo braquial foi introduzido por Kotani et al. em 1971<sup>159</sup>. A via anterior para sua neurotização com o nervo supraescapular, além de não facilitar a identificação de uma lesão adicional desse nervo sob o ligamento transversal superior da escápula, tem um risco aumentado de enfraquecimento da porção superior do trapézio, importante estabilizador e rotador externo da escápula<sup>160</sup>. Assim, concorda-se com Colbert e Mackinnon<sup>155</sup> e Pruksakorn et al.<sup>100</sup> que a melhor abordagem para reinervação do nervo supraescapular seja por via posterior por meio da transferência do nervo acessório (XI) distal. No caso de realizar-se a neurotização seletiva do

rmIE pelo nervo radial, é possível que a parte mais distal do nervo acessório (XI) tenha contagem de axônios suficiente para um bom resultado da neurotização com o ramo motor do supraespinal<sup>131</sup>, seja preservada a inervação das porções mais proximais do músculo trapézio<sup>161,162</sup> e permita-se uma sutura mais próxima da placa motora. Essa transferência pode ser realizada pela via que é proposta neste estudo.

Vários autores publicam que a divisão anterior do nervo axilar, além de inervar as porções anterior e média do deltoide, também contribui com a inervação do deltoide posterior<sup>111,113,119,122</sup>. Assim, pode não ser necessário o despendimento de axônios na reinervação da parte mais distal da divisão posterior, que inclui um ramo motor para o deltoide posterior e o ramo sensitivo (nervo cutâneo lateral superior do braço). Acredita-se, portanto, que as transferências de nervos diretamente para a daAx e para o rmRm possam ser suficientes.

Não existe consenso sobre quantos ramos do nervo radial destinados ao tríceps braquial podem ser utilizados como doadores nas neurotizações<sup>82</sup>. Vários autores reportam força preservada de extensão do cotovelo após o uso de uma cabeça do tríceps<sup>10,48,156</sup>. Um argumento que sustenta a possibilidade de se utilizar vários ramos do tríceps como doadores, incluindo concomitantemente ramos de duas cabeças, é o resultado funcional de recuperação de extensão do cotovelo em pacientes com tetraplegia submetidos à neurotização de apenas um ramo<sup>163,164</sup>.

Também não é consenso quais ramos do tríceps braquial devem ser utilizados como doadores nas transferências de nervos. Os resultados desta tese favoreceram o uso dos ramos para a cabeça medial do tríceps. Krauss et al.<sup>157</sup> publicam em 2022 uma grande série de casos em que realizam a transferência do ramo da cabeça medial do tríceps para o nervo axilar e todos os pacientes permanecem com força muscular do tríceps normal no acompanhamento pós-operatório. Os autores preferem o uso desse ramo pois é longo e espesso e não requer dissecação intramuscular, características que foram confirmadas neste estudo. Além disso, preserva-se a cabeça longa do tríceps, que se origina na escápula e faz adução escápulo-umeral e extensão do cotovelo, movimentos semelhantes ao do deltoide posterior paralisado. Vários outros grupos também defendem o uso dos ramos da cabeça medial do tríceps como doadores<sup>63,65,82,128</sup>.

Enfim, visando a restauração dos movimentos de abdução e rotação externa do ombro de um paciente com lesão alta do plexo braquial, pode-se considerar as neurotizações diretas dos ramos motores do supraespinal, infraespinal e redondo menor, e da divisão anterior do nervo axilar, todos por via posterior. Nessa via, tem-se, de fácil acesso, a disponibilidade de nervos doadores oriundos do trapézio, tríceps braquial e redondo maior. Baseado na revisão da literatura e nos resultados desta tese, uma proposta de estudo clínico seria o tratamento desses pacientes com as seguintes transferências de nervos, por via posterior:

- Para o rmSE: ramo distal do n. acessório (XI).
- Para o rmIE: rmCMT2.
- Para o rmRm e daAx: rmCMT1 e rmCLaT1.

Quando não houver mais de um ramo para a cabeça lateral do tríceps, devido ao risco aumentado de perda de força de extensão do cotovelo, ao invés do rmCLaT1, pode-se considerar o uso do n. subescapular inferior, conforme atestada viabilidade por Paulos<sup>69</sup>.

### 6.3.3 Via e técnica cirúrgica

Para a cirurgia de transferência do nervo acessório (XI) para o nervo supraescapular por via posterior, Colbert e Mackinnon<sup>155</sup> sugerem marcações na pele dos pontos onde se espera encontrar esses nervos. De forma semelhante, os resultados desta tese acerca das medidas realizadas entre os marcos anatômicos auxiliam a marcação na pele das posições dos nervos supraescapular nas incisuras supraescapular e espinoglenoidal, axilar no espaço quadrangular e radial no intervalo triangular. Permitindo acesso a esses nervos e, também, ao nervo acessório (XI), sugere-se uma via aproximadamente 2 cm cranial e paralela à espinha da escápula, curvada inferiormente próximo ao ângulo da escápula, estendida pelos dois terços proximais do braço em sua linha longitudinal média posterior. Essa via é semelhante às propostas por Tavares et al.<sup>65</sup> e Wyles et al.<sup>64</sup>.

As vantagens dessa ampla via posterior são: aumenta o leque de ramos doadores disponíveis, permite a realização de todas as neurotizações para reanimação do ombro e minimizam as distâncias de reinervação ao possibilitar que as neurorrafias sejam realizadas próximas aos músculos-alvo.

Sugere-se a técnica cirúrgica na seguinte sequência:

- Decúbito ventral e ombro levemente abduzido sobre a mesa cirúrgica. O membro deve ficar livre para reposicionamento conforme necessidade.
- Marcações na pele:
  - Marcações das linhas sobre a espinha da escápula, borda superior da escápula e longitudinal média posterior do braço.
  - Marcações dos pontos onde se espera encontrar, de maneira aproximada, os nervos supraescapular, axilar e radial conforme as medições descritas:
    - Obtenção da medida entre o ângulo do acrômio e a borda medial da espinha da escápula (A-bmEE).

- 
- Considerando o ângulo do acrômio como o centro de um círculo e a medida A-bmEE como referência: o nervo supraescapular na incisura supraescapular se encontra no raio de 50% desse valor sobre a linha da borda superior da escápula e na a incisura espinoglenoidal sobre o raio de 40% sobre a linha da espinha da escápula; o nervo axilar no espaço quadrangular se encontra no raio de 52% desse valor sobre a linha média posterior do braço; e o nervo radial na borda inferior do redondo maior se encontra no raio de 76% dessa medida sobre a mesma linha.
  - Incisão da pele 2 cm cranial e paralela à espinha da escápula, curvada inferiormente próximo ao ângulo da escápula, estendida pelos dois terços proximais do braço em sua linha média posterior.
  - Desinserção da porção posterior do deltoide da espinha da escápula e seu rebatimento lateral.
  - Identificação do nervo cutâneo lateral superior do braço na região inferior do deltoide posterior e dissecação do mesmo em direção à divisão posterior do nervo axilar.
  - Dissecação do nervo axilar, suas divisões e ramos no espaço quadrangular, incluindo o rmRm.
    - O rmRm se origina da divisão posterior do nervo axilar próximo à margem lateral da cabeça longa do tríceps, em alguns casos afigurando-se uma trifurcação entre daAx, dpAx e rmRm.
    - Liberação parcial do tendão da cabeça longa do tríceps: permite descompressão do espaço quadrangular, dissecação mais proximal do nervo axilar e melhor visualização dos vasos nessa região<sup>157</sup>.
  - Dissecação romba entre as cabeças longa e lateral do tríceps e identificação da borda inferior do músculo redondo maior.
  - Identificação e dissecação dos ramos do nervo radial destinados a cada cabeça do tríceps.
  - Descolamento da porção superior do músculo infraespal na fossa infraespal na sua região mais lateral, preservando sua origem na região medial da escápula.
  - Identificação do rmIE desde sua passagem pela incisura espinoglenoidal até sua entrada muscular.

- Dissecção através das fibras do músculo trapézio, acessando o plano entre ele e o músculo supraespinal.
- Palpação para identificação e secção do ligamento transverso superior da escápula.
  - Deve-se tomar cuidado com a artéria supraescapular que, na maioria dos casos, tem trajeto imediatamente superior ao ligamento transverso superior da escápula, lateral ao nervo supraescapular.
- Descolamento da porção inferior do músculo supraespinal da fossa supraespinal na sua região mais lateral, preservando sua origem na região medial da escápula.
- Identificação do rmIE na fossa supraespinal (leve tração desse ramo na fossa infraespinal facilita essa identificação).
- Neurotomia do rmIE imediatamente após a saída do rmSE do nervo supraescapular, em região distal ao ligamento transverso superior da escápula.
- Mobilização do rmIE para a fossa infraespinal e, em seguida, através de dissecção romba, para o intervalo entre os músculos IE e o Rm.
- Eletroestimulação para avaliação funcional dos ramos do nervo radial destinados ao tríceps braquial.
- Após checagem de comprimentos e escolha dos ramos doadores, realização das neurotomias nas regiões de entradas musculares (distalmente).
  - Liberação da fáscia do músculo redondo maior<sup>48,155</sup>.
- Neurorrafias entre os ramos escolhidos do tríceps e os ramos motores do infraespinal e redondo menor.
- Reinserção do deltoide posterior.

Observação: o acesso descrito permite também a realização das transferências de nervos para o rmSE e para ramos motores do deltoide.

#### 6.4 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Este é um trabalho predominantemente descritivo, de avaliação da viabilidade e compatibilidade entre doadores e receptores de neurotizações seletivas para os músculos rotadores externos glenoumerais. Portanto, consideradas as limitações inerentes ao tipo de estudo, não tem a pretensão de dar uma conclusão definitiva a respeito das melhores transferências de nervos para o tratamento do paciente com lesão alta do plexo braquial, pois isso envolveria também uma análise de resultados clínicos.

O número de 20 casos dissecados é pequeno. O tamanho da amostra foi baseado em outros estudos anatômicos<sup>64,69,70,78,165</sup> e na disponibilidade de cadáveres frescos.

A contagem de axônios foi feita em 10 casos. Esse número é semelhante aos de outros estudos com objetivos parecidos<sup>54,65,76,82,118,126,131,141,142</sup>. Entretanto, uma porcentagem relevante das lâminas (21%) teve que ser excluída devido à qualidade inadequada para enumeração de axônios, o que pode ter reduzido o poder de análise estatística das avaliações relacionadas à histomorfometria.

A técnica proposta pode ser difícil em alguns casos, principalmente na dissecação da região escapular, onde o nervo supraescapular deve ser seccionado e mobilizado em regiões profundas aos músculos trapézio e supraespinal e, após a passagem pela incisura espinoglenoidal, ao deltoide posterior e infraespinal. Entretanto, o conhecimento do trajeto desse nervo, usando os parâmetros anatômicos apresentados, certamente pode contribuir para que seja realizada uma menor dissecação de partes moles, em menor tempo cirúrgico.

## **7 CONCLUSÃO**

A transferência de ramos do nervo radial destinados ao músculo tríceps braquial para os ramos dos músculos infraespinal e redondo menor é anatomicamente viável.

Em uma análise entre os ramos motores do tríceps, o rmCMT2 apresentou o maior comprimento e maior contagem de axônios. O mesmo, seguido pelo rmCMT1, foram os ramos que tiveram maior alcance aos nervos receptores. Os maiores diâmetros foram do rmCMT2 e rmCLoT, compatíveis com o diâmetro do rmIE. Além desses dois ramos, ainda quanto aos diâmetros, o rmCMT1 também apresentou compatibilidade com o rmRm. Com relação ao número de axônios, o rmIE apresentou melhor compatibilidade com o rmCMT2 e o rmRm com o rmCLoT e o rmCMT1.

Dessa forma, consideradas as distâncias, diâmetros e contagens de axônios, embora com diferentes possibilidades em cada caso, este estudo favorece a escolha dos ramos da cabeça medial do tríceps como doadores nessas neurotizações.

## REFERÊNCIAS<sup>†</sup>

---

<sup>†</sup> De acordo com Estilo Vancouver.

1. Faglioni W Jr, Siqueira MG, Martins RS, Heise CO, Foroni L. The epidemiology of adult traumatic brachial plexus lesions in a large metropolis. *Acta Neurochir (Wien)*. 2014 May;156(5):1025-8.
2. Flores LP. Estudo epidemiológico das lesões traumáticas de plexo braquial em adultos. *Arq Neuropsiquiatr*. 2006 Mar;64(1):88-94.
3. Bell SW, Brown MJ, Hems TJ. Refinement of myotome values in the upper limb: Evidence from brachial plexus injuries. *Surgeon*. 2017 Feb;15(1):1-6.
4. Mackinnon SE. Future Perspectives in the Management of Nerve Injuries. *J Reconstr Microsurg*. 2018 Nov;34(9):672-4.
5. Moore AM. Nerve Transfers to Restore upper Extremity Function: A Paradigm Shift. *Front Neurol*. 2014 Mar 31;5:40.
6. Narakas AO, Hentz VR. Neurotization in brachial plexus injuries. Indication and results. *Clin Orthop Relat Res*. 1988 Dec;(237):43-56.
7. Midha R. Nerve transfers for severe brachial plexus injuries: a review. *Neurosurg Focus*. 2004 May 15;16(5):E5.
8. Chuang DC. Nerve transfers in adult brachial plexus injuries: my methods. *Hand Clin*. 2005 Feb;21(1):71-82.
9. Songcharoen P. Management of brachial plexus injury in adults. *Scand J Surg*. 2008;97(4):317-23.
10. Colbert SH, Mackinnon SE. Nerve transfers for brachial plexus reconstruction. *Hand Clin*. 2008 Nov;24(4):341-61.
11. Chuang DC. Neurotization and free muscle transfer for brachial plexus avulsion injury. *Hand Clin*. 2007 Feb;23(1):91-104.
12. Kostas-Agnantis I, Korompilias A, Vekris M, Lykissas M, Gkiatas I, Mitsionis G, Beris A. Shoulder abduction and external rotation restoration with nerve transfer. *Injury*. 2013 Mar;44(3):299-304.
13. Rinker B. Nerve Transfers in the Upper Extremity: A Practical User's Guide. *Ann Plast Surg*. 2015 Jun;74 Suppl 4:S222-8.
14. Garg R, Merrell GA, Hillstrom HJ, Wolfe SW. Comparison of nerve transfers and nerve grafting for traumatic upper plexus palsy: a systematic review and analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2011 May 4;93(9):819-29.
15. Ali ZS, Heuer GG, Faught RW, Kaneriya SH, Sheikh UA, Syed IS, Stein SC, Zager EL. Upper brachial plexus injury in adults: comparative effectiveness of different repair techniques. *J Neurosurg*. 2015 Jan;122(1):195-201.
16. Ayhan E, Soldado F, Fontecha CG, Bertelli JA, Leblebicioglu G. Elbow flexion reconstruction with nerve transfer or grafting in patients with brachial plexus injuries: A systematic review and comparison study. *Microsurgery*. 2020 Jan;40(1):79-86.

17. Oberlin C, Béal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ. Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg Am.* 1994 Mar;19(2):232-7.
18. Malessy MJ, de Ruyter GC, de Boer KS, Thomeer RT. Evaluation of suprascapular nerve neurotization after nerve graft or transfer in the treatment of brachial plexus traction lesions. *J Neurosurg.* 2004 Sep;101(3):377-89.
19. Langer JS, Sueoka SS, Wang AA. The importance of shoulder external rotation in activities of daily living: improving outcomes in traumatic brachial plexus palsy. *J Hand Surg Am.* 2012 Jul;37(7):1430-6.
20. Boe CC, Elhassan BT. Restoration of Shoulder Function. *Hand Clin.* 2016 Aug;32(3):303-10.
21. van Andel CJ, Wolterbeek N, Doorenbosch CA, Veeger DH, Harlaar J. Complete 3D kinematics of upper extremity functional tasks. *Gait Posture.* 2008 Jan;27(1):120-7.
22. Raiss P, Rettig O, Wolf S, Loew M, Kasten P. Range of motion of shoulder and elbow in activities of daily life in 3D motion analysis. *Z Orthop Unfall.* 2007 Jul-Aug;145(4):493-8.
23. Hughes RE, An KN. Force analysis of rotator cuff muscles. *Clin Orthop Relat Res.* 1996 Sep;(330):75-83.
24. David G, Magarey ME, Jones MA, Dvir Z, Türker KS, Sharpe M. EMG and strength correlates of selected shoulder muscles during rotations of the glenohumeral joint. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000 Feb;15(2):95-102.
25. Kuechle DK, Newman SR, Itoi E, Niebur GL, Morrey BF, An KN. The relevance of the moment arm of shoulder muscles with respect to axial rotation of the glenohumeral joint in four positions. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2000 Jun;15(5):322-9.
26. Terry GC, Chopp TM. Functional anatomy of the shoulder. *J Athl Train.* 2000 Jul;35(3):248-55.
27. Webber CM, Shin AY, Kaufman KR. Kinematic profiles during activities of daily living in adults with traumatic brachial plexus injuries. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2019 Dec;70:209-16.
28. Elhassan B, Bishop A, Shin A, Spinner R. Shoulder tendon transfer options for adult patients with brachial plexus injury. *J Hand Surg Am.* 2010 Jul;35(7):1211-9.
29. Ghosh S, Singh VK, Jeyaseelan L, Sinisi M, Fox M. Isolated latissimus dorsi transfer to restore shoulder external rotation in adults with brachial plexus injury. *Bone Joint J.* 2013 May;95-B(5):660-3.
30. Hsueh YH, Tu YK. Surgical reconstructions for adult brachial plexus injuries. Part I: Treatments for combined C5 and C6 injuries, with or without C7 injuries. *Injury.* 2020 Apr;51(4):787-803.

31. Bertelli JA. Upper and lower trapezius muscle transfer to restore shoulder abduction and external rotation in longstanding upper type palsies of the brachial plexus in adults. *Microsurgery*. 2011 May;31(4):263-7.
32. Crepaldi BE, Neto JQL, Rezende MR, Júnior RM, Scarcella DS. Lower Trapezius Transfer for Patients With Brachial Plexus Injury. *Hand (N Y)*. 2019 Mar;14(2):179-86.
33. Elhassan B, Bishop AT, Hartzler RU, Shin AY, Spinner RJ. Tendon transfer options about the shoulder in patients with brachial plexus injury. *J Bone Joint Surg Am*. 2012 Aug 1;94(15):1391-8.
34. Elhassan BT, Wagner ER, Spinner RJ, Bishop AT, Shin AY. Contralateral Trapezius Transfer to Restore Shoulder External Rotation Following Adult Brachial Plexus Injury. *J Hand Surg Am*. 2016 Apr;41(4):e45-51.
35. Richards RR, Waddell JP, Hudson AR. Shoulder arthrodesis for the treatment of brachial plexus palsy. *Clin Orthop Relat Res*. 1985 Sep;(198):250-8.
36. Rühmann O, Gossé F, Wirth CJ, Schmolke S. Reconstructive operations for the paralyzed shoulder in brachial plexus palsy: concept of treatment. *Injury*. 1999 Nov;30(9):609-18.
37. Saha AK. Surgery of the paralysed and flail shoulder. *Acta Orthop Scand*. 1967;Suppl 97:5-90.
38. Satbhai NG, Doi K, Hattori Y, Sakamoto S. Contralateral lower trapezius transfer for restoration of shoulder external rotation in traumatic brachial plexus palsy: a preliminary report and literature review. *J Hand Surg Eur Vol*. 2014 Oct;39(8):861-7.
39. Terzis JK, Barmptsioti A. Secondary shoulder reconstruction in patients with brachial plexus injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2011 Jul;64(7):843-53.
40. Valenti P. Surgical procedure to restore shoulder external rotation in post-traumatic brachial plexus lesions in adults. *Hand Surg Rehabil*. 2022 Feb;41S:S39-S43.
41. Alnot JY. Paralytic shoulder secondary to post-traumatic peripheral nerve lesions in the adult. *Acta Orthop Belg*. 1999 Mar;65(1):10-22.
42. Cho AB, Choi HJ, Ferreira CHV, Yoshinobu Kiyohara L, Bersani Silva G, Sorrenti L. Shoulder Arthrodesis for Traumatic Brachial Plexus Injuries: Functional Outcomes and Complications. *Hand (N Y)*. 2023 Jan;18(1\_suppl):6S-13S.
43. Gracitelli ME, Assunção JH, Malavolta EA, Sakane DT, de Rezende MR, Ferreira Neto AA. Trapezius muscle transfer for external shoulder rotation: anatomical study. *Acta Ortop Bras*. 2014;22(6):304-7.
44. Nagano A. Treatment of brachial plexus injury. *J Orthop Sci*. 1998;3(1):71-80.
45. Samardzic M, Grujicic D, Antunovic V. Nerve transfer in brachial plexus traction injuries. *J Neurosurg*. 1992 Feb;76(2):191-7.

46. Terzis JK, Vekris MD, Soucacos PN. Brachial plexus root avulsions. *World J Surg.* 2001 Aug;25(8):1049-61.
47. El-Gammal TA, Fathi NA. Outcomes of surgical treatment of brachial plexus injuries using nerve grafting and nerve transfers. *J Reconstr Microsurg.* 2002 Jan;18(1):7-15.
48. Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpairojkit C, Thuvasethakul P. Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part II: a report of 7 cases. *J Hand Surg Am.* 2003 Jul;28(4):633-8.
49. Bertelli JA, Ghizoni MF. Nerve root grafting and distal nerve transfers for C5-C6 brachial plexus injuries. *J Hand Surg Am.* 2010 May;35(5):769-75.
50. Bertelli JA, Ghizoni MF. Results of spinal accessory to suprascapular nerve transfer in 110 patients with complete palsy of the brachial plexus. *J Neurosurg Spine.* 2016 Jun;24(6):990-5.
51. Vekris MD, Beris AE, Pafilas D, Lykissas MG, Xenakis TA, Soucacos PN. Shoulder reanimation in posttraumatic brachial plexus paralysis. *Injury.* 2010 Mar;41(3):312-8.
52. Terzis JK, Kostas I. Suprascapular nerve reconstruction in 118 cases of adult posttraumatic brachial plexus. *Plast Reconstr Surg.* 2006 Feb;117(2):613-29.
53. Abou-Al-Shaar H, Awad AW, Mahan MA. Bilateral Suprascapular Nerve Injury and Novel Technique of Nerve Transfers for Restoration of External Rotation: Case Report. *Oper Neurosurg (Hagerstown).* 2020 Apr 1;18(4):423-9.
54. Witoonchart K, Leechavengvongs S, Uerpairojkit C, Thuvasethakul P, Wongnopsuwan V. Nerve transfer to deltoid muscle using the nerve to the long head of the triceps, part I: an anatomic feasibility study. *J Hand Surg Am.* 2003 Jul;28(4):628-32.
55. Baltzer HL, Wagner ER, Kircher MF, Spinner RJ, Bishop AT, Shin AY. Evaluation of infraspinatus reinnervation and function following spinal accessory nerve to suprascapular nerve transfer in adult traumatic brachial plexus injuries. *Microsurgery.* 2017 Jul;37(5):365-70.
56. Bhandari PS, Sadhotra LP, Bhargava P, Bath AS, Mukherjee MK, Bhatti T, Maurya S. Surgical outcomes following nerve transfers in upper brachial plexus injuries. *Indian J Plast Surg.* 2009 Jul;42(2):150-60.
57. Bhatia A, Shyam AK, Doshi P, Shah V. Nerve reconstruction: A cohort study of 93 cases of global brachial plexus palsy. *Indian J Orthop.* 2011 Mar;45(2):153-60.
58. Jerome JT. Anterior deltopectoral approach for axillary nerve neurotisation. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2012 Apr;20(1):66-70.
59. Samardzic M, Rasulic LG, Grujicic DM, Bacetic DT, Milicic BR. Nerve transfers using collateral branches of the brachial plexus as donors in patients with upper palsy-- thirty years' experience. *Acta Neurochir (Wien).* 2011 Oct;153(10):2009-19.

60. Suzuki K, Doi K, Hattori Y, Pagsaligan JM. Long-term results of spinal accessory nerve transfer to the suprascapular nerve in upper-type paralysis of brachial plexus injury. *J Reconstr Microsurg*. 2007 Aug;23(6):295-9.
61. Terzis JK, Kostas I, Soucacos PN. Restoration of shoulder function with nerve transfers in traumatic brachial plexus palsy patients. *Microsurgery*. 2006;26(4):316-24.
62. Siqueira MG, Martins RS, Solla D, Faglioni W, Foroni L, Heise CO. Functional outcome of spinal accessory nerve transfer to the suprascapular nerve to restore shoulder function: Results in upper and complete traumatic brachial plexus palsy in adults. *Neurol India*. 2019 Jan-Feb;67(Supplement):S77-S81.
63. Mishra A, Khalid M, Power D. Combined nerve transfer for shoulder abduction and external rotation in upper brachial plexus palsy: An anatomical study. In: Conference of The Federation of European Societies for Surgery of the Hand. Antalya, Turkey; June 2013.
64. Wyles CC, Maldonado AA, Wagner ER, Houdek MT, Lachman N, Spinner RJ. Proposed surgical technique to facilitate targeted reinnervation of the infraspinatus: A cadaveric feasibility study. *Clin Anat*. 2019 Jan;32(1):131-6.
65. Tavares PL, Siqueira MG, Martins RS, Zaccariotto M, Foroni L, Heise CO, Solla D. Restoration of shoulder external rotation by means of the infraspinatus muscle reinnervation with a radial nerve branch transfer. *Br J Neurosurg*. 2020 Oct;34(5):552-8.
66. Sommarhem AJ, Grahn PM, Nietosvaara YA. Selective Neurotization of the Infraspinatus Muscle in Brachial Plexus Birth Injury Patients Using the Accessory Nerve. *Plast Reconstr Surg*. 2015 Dec;136(6):1235-8.
67. Grahn PM, Sommarhem AJ, Lauronen LM, Nietosvaara AY. Mid-Term Outcome after Selective Neurotization of the Infraspinatus Muscle in Patients with Brachial Plexus Birth Injury. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2020 Jan 24;8(1):e2605.
68. Kaiser R, Krajcová A, Makel M, Ullas G, Němcová V. Anatomical aspects of the selective infraspinatus muscle neurotization by spinal accessory nerve. *J Plast Surg Hand Surg*. 2021 Aug;55(4):220-25.
69. Paulos RG. Transferência do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor: estudo anatômico [Internet]. 2021;[citado 2023 ago. 29] Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5140/tde-23082021-121436/>.
70. Krajcová A, Makel M, Ullas G, Němcová V, Kaiser R. Anatomical feasibility study of the infraspinatus muscle neurotization by lower subscapular nerve. *Neurol Res*. 2023 Jun;45(6):572-7.
71. Soldado F. Double nerve transfer for restoring external rotation of the glenohumeral joint after neonatal brachial plexus injury. *Microsurgery*. 2020 Nov;40(8):846-51.
72. Weber RV, MacKinnon SE. Nerve transfers in the upper extremity. *J Am Society for Surgery of the Hand*. 2004 Aug;4(3):200-13.

73. Bertelli JA, Ghizoni MF. Transfer of the accessory nerve to the suprascapular nerve in brachial plexus reconstruction. *J Hand Surg Am.* 2007 Sep;32(7):989-98.
74. Bertelli JA, Kechele PR, Santos MA, Duarte H, Ghizoni MF. Axillary nerve repair by triceps motor branch transfer through an axillary access: anatomical basis and clinical results. *J Neurosurg.* 2007 Aug;107(2):370-7.
75. Martins RS, Siqueira MG, Heise CO, Teixeira MJ. Transfer of a fascicle from the posterior cord to the suprascapular nerve after injury of the upper roots of the brachial plexus: technical case report. *Neurosurgery.* 2009 Oct;65(4):E823-5.
76. Cheah A, Lee EY, Lim AYT. Upper Extremity Axon Counts and Clinical Implications for Motor Nerve Transfer. *Plast Reconstr Surg.* 2019 Dec;144(6):1044e-50e.
77. Moore AM, Franco M, Tung TH. Motor and sensory nerve transfers in the forearm and hand. *Plast Reconstr Surg.* 2014 Oct;134(4):721-30.
78. Bertelli JA, Santos MA, Kechele PR, Ghizoni MF, Duarte H. Triceps motor nerve branches as a donor or receiver in nerve transfers. *Neurosurgery.* 2007 Nov;61(5 Suppl 2):333-8; discussion 338-9.
79. Uerpaiojkit C, Ketwongwiriya S, Leechavengvongs S, Malungpaishrope K, Witoonchart K, Mekrunghcharas N, Chareonwat B, Ongsiriporn M. Surgical anatomy of the radial nerve branches to triceps muscle. *Clin Anat.* 2013 Apr;26(3):386-91.
80. Pascual-Font A, Vazquez T, Marco F, Sañudo JR, Rodriguez-Niedenführ M. Ulnar nerve innervation of the triceps muscle: real or apparent? An anatomic study. *Clin Orthop Relat Res.* 2013 Jun;471(6):1887-93.
81. Al-Meshal O, Gilbert A. Triceps innervation pattern: implications for triceps nerve to deltoid nerve transfer. *Biomed Res Int.* 2013;2013:132954.
82. Khair MM, Schreiber JJ, Rosenblatt L, Byun DJ, Lee SK, Wolfe SW. Axon Counts Yield Multiple Options for Triceps Fascicular Nerve to Axillary Nerve Transfer. *J Hand Surg Am.* 2016 Nov;41(11):e405-10.
83. Chaware PN, Santoshi JA, Patel M, Ahmad M, Rathinam BAD. Surgical Implications of Innervation Pattern of the Triceps Muscle: A Cadaveric Study. *J Hand Microsurg.* 2018 Dec;10(3):139-42.
84. de Sèze MP, Rezzouk J, de Sèze M, Uzel M, Lavignolle B, Midy D, Durandean A. Does the motor branch of the long head of the triceps brachii arise from the radial nerve? An anatomic and electromyographic study. *Surg Radiol Anat.* 2004 Dec;26(6):459-61.
85. Bekler H, Wolfe VM, Rosenwasser MP. A cadaveric study of ulnar nerve innervation of the medial head of triceps brachii. *Clin Orthop Relat Res.* 2009 Jan;467(1):235-8.
86. Loukas M, Bellary SS, Yüzbaşıoğlu N, Shoja MM, Tubbs RS, Spinner RJ. Ulnar nerve innervation of the medial head of the triceps brachii muscle: a cadaveric study. *Clin Anat.* 2013 Nov;26(8):1028-30.

87. Erhardt AJ, Futterman B. Variations in the Innervation of the Long Head of the Triceps Brachii: A Cadaveric Investigation. *Clin Orthop Relat Res.* 2017 Jan;475(1):247-50.
88. Silva DLR, Barros MP, Freire TGS, Firmino Júnior L, Almeida Filho WRB, Correia Cadeira JSL, Silva NO. Ulnar nerve contribution in the innervation of the triceps brachii muscle ulnar nerve to the triceps brachii. *Anatomy Journal of Africa.* 2017;(61): 834-39.
89. Develi S. Co-Innervation of Triceps Brachii Muscle with Variant Branch of Ulnar Nerve. *Turk Neurosurg.* 2018;28(6):949-53.
90. Maldonado AA, Dittman LE, Loosbrock MF, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY. Factors Associated with Poorer Outcomes from Triceps Motor Branch to Anterior Axillary Nerve Transfer: A Case-Control Study. *World Neurosurg.* 2022 Nov;167:e1115-21.
91. Kerr AT. The brachial plexus of nerves in man, the variations in its formation and branches. *American Journal of Anatomy.* 1918;23:285-395.
92. Rengachary SS, Burr D, Lucas S, Hassanein KM, Mohn MP, Matzke H. Suprascapular entrapment neuropathy: a clinical, anatomical, and comparative study. Part 2: anatomical study. *Neurosurgery.* 1979 Oct;5(4):447-51.
93. Horiguchi M. The cutaneous branch of some human suprascapular nerves. *J Anat.* 1980 Jan;130(Pt 1):191-5.
94. Kaspi A, Yanai J, Pick CG, Mann G. Entrapment of the distal suprascapular nerve. An anatomical study. *Int Orthop.* 1988;12(4):273-5.
95. Bigliani LU, Dalsey RM, McCann PD, April EW. An anatomical study of the suprascapular nerve. *Arthroscopy.* 1990;6(4):301-5.
96. Ajmani ML. The cutaneous branch of the human suprascapular nerve. *J Anat.* 1994 Oct;185 ( Pt 2)(Pt 2):439-42.
97. Demirhan M, Imhoff AB, Debski RE, Patel PR, Fu FH, Woo SL. The spinoglenoid ligament and its relationship to the suprascapular nerve. *J Shoulder Elbow Surg.* 1998 May-Jun;7(3):238-43.
98. Greiner A, Golser K, Wambacher M, Kralinger F, Sperner G. The course of the suprascapular nerve in the supraspinatus fossa and its vulnerability in muscle advancement. *J Shoulder Elbow Surg.* 2003 May-Jun;12(3):256-9.
99. Bodily KD, Spinner RJ, Shin AY, Bishop AT. Clinical significance of suprascapular nerve mobilization. *Clin Anat.* 2005 Nov;18(8):573-9.
100. Pruksakorn D, Sananpanich K, Khunamornpong S, Phudhichareonrat S, Chalidapong P. Posterior approach technique for accessory-suprascapular nerve transfer: a cadaveric study of the anatomical landmarks and number of myelinated axons. *Clin Anat.* 2007 Mar;20(2):140-3.

101. Vorster W, Lange CP, Briët RJ, Labuschagne BC, du Toit DF, Muller CJ, de Beer JF. The sensory branch distribution of the suprascapular nerve: an anatomic study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008 May-Jun;17(3):500-2.
102. Duparc F, Coquerel D, Ozeel J, Noyon M, Gerometta A, Michot C. Anatomical basis of the suprascapular nerve entrapment, and clinical relevance of the supraspinatus fascia. *Surg Radiol Anat.* 2010 Mar;32(3):277-84.
103. Nam YS, Jeong JJ, Han SH, Park SE, Lee SM, Kwon MJ, Ji JH, Kim KS. An anatomic and clinical study of the suprascapular and axillary nerve blocks for shoulder arthroscopy. *J Shoulder Elbow Surg.* 2011 Oct;20(7):1061-8.
104. Yang HJ, Gil YC, Jin JD, Ahn SV, Lee HY. Topographical anatomy of the suprascapular nerve and vessels at the suprascapular notch. *Clin Anat.* 2012 Apr;25(3):359-65.
105. Polguy M, Roźniecki J, Sibiński M, Grzegorzewski A, Majos A, Topol M. The variable morphology of suprascapular nerve and vessels at suprascapular notch: a proposal for classification and its potential clinical implications. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 May;23(5):1542-8.
106. Montané-Blanchart M, Miguel-Pérez M, Rodero-de-Lamo L, Möller I, Pérez-Bellmunt A, Martinoli C. Variations in the Course and Diameter of the Suprascapular Nerve: Anatomical Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2022 Jun 9;19(12):7065.
107. Aszmann OC, Dellon AL. The internal topography of the axillary nerve: an anatomic and histologic study as it relates to microsurgery. *J Reconstr Microsurg.* 1996 Aug;12(6):359-63.
108. Duparc F, Bocquet G, Simonet J, Freger P. Anatomical basis of the variable aspects of injuries of the axillary nerve (excluding the terminal branches in the deltoid muscle). *Surg Radiol Anat.* 1997;19(3):127-32.
109. Zhao X, Hung LK, Zhang GM, Lao J. Applied anatomy of the axillary nerve for selective neurotization of the deltoid muscle. *Clin Orthop Relat Res.* 2001 Sep;(390):244-51.
110. Tubbs RS, Oakes WJ, Blount JP, Elton S, Salter G, Grabb PA. Surgical landmarks for the proximal portion of the axillary nerve. *J Neurosurg.* 2001 Dec;95(6):998-1000.
111. Ball CM, Steger T, Galatz LM, Yamaguchi K. The posterior branch of the axillary nerve: an anatomic study. *J Bone Joint Surg Am.* 2003 Aug;85(8):1497-501.
112. Tubbs RS, Tyler-Kabara EC, Aikens AC, Martin JP, Weed LL, Salter EG, Oakes WJ. Surgical anatomy of the axillary nerve within the quadrangular space. *J Neurosurg.* 2005 May;102(5):912-4.
113. Gelber PE, Reina F, Monllau JC, Yema P, Rodriguez A, Caceres E. Innervation patterns of the inferior glenohumeral ligament: anatomical and biomechanical relevance. *Clin Anat.* 2006 May;19(4):304-11.

114. Uz A, Apaydin N, Bozkurt M, Elhan A. The anatomic branch pattern of the axillary nerve. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007 Mar-Apr;16(2):240-4.
115. Loukas M, Grabska J, Tubbs RS, Apaydin N, Jordan R. Mapping the axillary nerve within the deltoid muscle. *Surg Radiol Anat.* 2009 Jan;31(1):43-7.
116. Friend J, Francis S, McCulloch J, Ecker J, Breidahl W, McMenemy P. Teres minor innervation in the context of isolated muscle atrophy. *Surg Radiol Anat.* 2010 Mar;32(3):243-9.
117. Stecco C, Gagliano G, Lancerotto L, Tiengo C, Macchi V, Porzionato A, De Caro R, Aldegheri R. Surgical anatomy of the axillary nerve and its implication in the transdeltoid approaches to the shoulder. *J Shoulder Elbow Surg.* 2010 Dec;19(8):1166-74.
118. Bertelli JA, Tacca CP, Winkelmann Duarte EC, Ghizoni MF, Duarte H. Transfer of axillary nerve branches to reconstruct elbow extension in tetraplegics: a laboratory investigation of surgical feasibility. *Microsurgery.* 2011 Jul;31(5):376-81.
119. Leechavengvongs S, Teerawutthichaikit T, Witoonchart K, Uerpairojkit C, Malungpaishrope K, Suppauksorn S, Chareonwat B. Surgical anatomy of the axillary nerve branches to the deltoid muscle. *Clin Anat.* 2015 Jan;28(1):118-22.
120. Gurushantappa PK, Kuppasad S. Anatomy of axillary nerve and its clinical importance: a cadaveric study. *J Clin Diagn Res.* 2015 Mar;9(3):AC13-7.
121. Uluer T, Aktekin M, Kurtoglu Z, Buluklu S, Karsiyaka D, Can E. Axillary nerve course and position in the fetal period. An anatomic dissection study for surgical practice. *Neurosciences (Riyadh).* 2015 Oct;20(4):396-9.
122. Rastogi P, Stewart DA, Lawson RD, Tremblay DM, Smith BJ, Tonkin MA. Cadaveric Dissection of the Axillary Nerve: An Investigation of Extra-Muscular and Intra-Muscular Branching Patterns. *J Hand Surg Asian Pac Vol.* 2018 Dec;23(4):533-8.
123. Kim MG, Hong EA, Nam YS, Lee JI. Anatomy of the nerves to the teres minor and the long head of the triceps brachii for electromyography. *Muscle Nerve.* 2021 Mar;63(3):405-12.
124. Ozer H, Açar HI, Cömert A, Tekdemir I, Elhan A, Turanlı S. Course of the innervation supply of medial head of triceps muscle and anconeus muscle at the posterior aspect of humerus (anatomical study). *Arch Orthop Trauma Surg.* 2006 Oct;126(8):549-53.
125. Seema SR, Gangadhar. Aparato Locomotor Variations in the formation and branching pattern of brachial plexus Variaciones en la formación y patrón de ramificación del plexo braquial. *Revista Argentina Anatomia Online.* 2015; VI: 30-3.
126. Bertelli J, Soldado F, Ghizoni MF, Rodríguez-Baeza A. Transfer of a Terminal Motor Branch Nerve to the Flexor Carpi Ulnaris for Triceps Reinnervation: Anatomical Study and Clinical Cases. *J Hand Surg Am.* 2015 Nov;40(11):2229-35.e2.
127. Wade MD, McDowell AR, Ziermann JM. Innervation of the Long Head of the Triceps Brachii in Humans-A Fresh Look. *Anat Rec (Hoboken).* 2018 Mar;301(3):473-83.

128. Ellabban MA, Sadek AF, Galhom A, Hafez AE, Ramadan A. Comparison between long and lower medial head triceps branches in dual neurotization for shoulder function restoration in upper brachial plexus palsy. *Microsurgery*. 2021 Feb;41(2):124-32.
129. Bonnel F. Microscopic anatomy of the adult human brachial plexus: an anatomical and histological basis for microsurgery. *Microsurgery*. 1984;5(3):107-18.
130. Saltzman EB, Krishnan K, Winston MJ, Das De S, Lee SK, Wolfe SW. A Cadaveric Study on the Utility of the Levator Scapulae Motor Nerve as a Donor for Brachial Plexus Reconstruction. *J Hand Surg Am*. 2021 Sep;46(9):812.e1-812.e5.
131. Vathana T, Larsen M, de Ruyter GC, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY. An anatomic study of the spinal accessory nerve: extended harvest permits direct nerve transfer to distal plexus targets. *Clin Anat*. 2007 Nov;20(8):899-904.
132. Soldado F, Barrera-Ochoa S, Romero-Larrauri P, Nguyen TQ, Diaz-Gallardo P, Knörr J. Triceps to teres minor motor nerve transfer to restore glenohumeral external rotation after neonatal brachial plexus injury. *Microsurgery*. 2022 Sep;42(6):533-7.
133. Tomaszewski KA, Henry BM, Kumar Ramakrishnan P, Roy J, Vikse J, Loukas M, Tubbs RS, Walocha JA. Development of the Anatomical Quality Assurance (AQUA) checklist: Guidelines for reporting original anatomical studies. *Clin Anat*. 2017 Jan;30(1):14-20.
134. Larsen JO. Stereology of nerve cross sections. *J Neurosci Methods*. 1998 Nov 1;85(1):107-18.
135. Bertelli JA, Kechele PR, Santos MA, Besen BA, Duarte H. Anatomical feasibility of transferring supinator motor branches to the posterior interosseous nerve in C7-T1 brachial plexus palsies. Laboratory investigation. *J Neurosurg*. 2009 Aug;111(2):326-31.
136. Terzis JK, Papakonstantinou KC. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast Reconstr Surg*. 2000 Oct;106(5):1097-24.
137. Norkus T, Norkus M, Ramanauskas T. Donor, recipient and nerve grafts in brachial plexus reconstruction: anatomical and technical features for facilitating the exposure. *Surg Radiol Anat*. 2005 Dec;27(6):524-30.
138. Palazzi S, Palazzi JL, Caceres JP. Neurotization with the brachialis muscle motor nerve. *Microsurgery*. 2006;26(4):330-3.
139. Schenck TL, Stewart J, Lin S, Aichler M, Machens HG, Giunta RE. Anatomical and histomorphometric observations on the transfer of the anterior interosseous nerve to the deep branch of the ulnar nerve. *J Hand Surg Eur Vol*. 2015 Jul;40(6):591-6.
140. Geuna S, Tos P, Guglielmone R, Battiston B, Giacobini-Robecchi MG. Methodological issues in size estimation of myelinated nerve fibers in peripheral nerves. *Anat Embryol (Berl)*. 2001 Jul;204(1):1-10.

141. Schreiber JJ, Byun DJ, Khair MM, Rosenblatt L, Lee SK, Wolfe SW. Optimal axon counts for brachial plexus nerve transfers to restore elbow flexion. *Plast Reconstr Surg.* 2015 Jan;135(1):135e-41e.
142. Sukegawa K, Suzuki T, Ogawa Y, Kobayashi T, Matsuura Y, Kuniyoshi K. A Cadaver Study of Median-to-Radial Nerve Transfer for Radial Nerve Injuries. *J Hand Surg Am.* 2016 Jan;41(1):20-6.
143. Tötösy de Zepetnek JE, Zung HV, Erdebil S, Gordon T. Innervation ratio is an important determinant of force in normal and reinnervated rat tibialis anterior muscles. *J Neurophysiol.* 1992 May;67(5):1385-403.
144. Gordon T, Yang JF, Ayer K, Stein RB, Tyreman N. Recovery potential of muscle after partial denervation: a comparison between rats and humans. *Brain Res Bull.* 1993;30(3-4):477-82.
145. Lutz BS, Chuang DC, Chuang SS, Hsu JC, Ma SF, Wei FC. Nerve transfer to the median nerve using parts of the ulnar and radial nerves in the rabbit--effects on motor recovery of the median nerve and donor nerve morbidity. *J Hand Surg Br.* 2000 Aug;25(4):329-35.
146. Cederna PS, Youssef MK, Asato H, Urbanek MG, Kuzon WM Jr. Skeletal muscle reinnervation by reduced axonal numbers results in whole muscle force deficits. *Plast Reconstr Surg.* 2000 May;105(6):2003-11.
147. Hashizume K, Kanda K. Differential effects of aging on motoneurons and peripheral nerves innervating the hindlimb and forelimb muscles of rats. *Neurosci Res.* 1995 May;22(2):189-96.
148. Tomlinson BE, Irving D. The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life. *J Neurol Sci.* 1977 Nov;34(2):213-9.
149. Lurje A. Concerning Surgical Treatment of Traumatic Injury to the Upper Division of the Brachial Plexus (Erb's Type). *Ann Surg.* 1948 Feb;127(2):317-26.
150. Estrella EP, Mina JE, Montales TD. The Outcome of Single Versus Double Nerve Transfers in Shoulder Reconstruction of Upper and Extended Upper-Type Brachial Plexus Injuries. *J Hand Surg Glob Online.* 2023 Mar 7;5(3):284-9.
151. Kuhlman JR, Iannotti JP, Kelly MJ, Riegler FX, Gevaert ML, Ergin TM. Isokinetic and isometric measurement of strength of external rotation and abduction of the shoulder. *J Bone Joint Surg Am.* 1992 Oct;74(9):1320-33.
152. Steenbrink F, de Groot JH, Veeger HE, van der Helm FC, Rozing PM. Glenohumeral stability in simulated rotator cuff tears. *J Biomech.* 2009 Aug 7;42(11):1740-5.
153. Kikukawa K, Ide J, Kikuchi K, Morita M, Mizuta H, Ogata H. Hypertrophic changes of the teres minor muscle in rotator cuff tears: quantitative evaluation by magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg.* 2014 Dec;23(12):1800-5.

154. Williams MD, Edwards TB, Walch G. Understanding the Importance of the Teres Minor for Shoulder Function: Functional Anatomy and Pathology. *J Am Acad Orthop Surg.* 2018 Mar 1;26(5):150-61.
155. Colbert SH, Mackinnon S. Posterior approach for double nerve transfer for restoration of shoulder function in upper brachial plexus palsy. *Hand (N Y).* 2006 Dec;1(2):71-7.
156. Bertelli JA, Ghizoni MF. Reconstruction of C5 and C6 brachial plexus avulsion injury by multiple nerve transfers: spinal accessory to suprascapular, ulnar fascicles to biceps branch, and triceps long or lateral head branch to axillary nerve. *J Hand Surg Am.* 2004 Jan;29(1):131-9.
157. Krauss EM, Noland SS, Hill EJR, Jain NS, Kahn LC, Mackinnon SE. Outcome Analysis of Medial Triceps Motor Nerve Transfer to Axillary Nerve in Isolated and Brachial Plexus-Associated Axillary Nerve Palsy. *Plast Reconstr Surg.* 2022 Jun 1;149(6):1380-90.
158. Reed D, Cathers I, Halaki M, Ginn K. Does supraspinatus initiate shoulder abduction? *J Electromyogr Kinesiol.* 2013 Apr;23(2):425-9.
159. Kotani T, Toshima Y, Matsuda H, Suzuki T, Ishizaki Y. Postoperative results of nerve transposition in brachial plexus injury. *Seikei Geka.* 1971 Oct;22(11):963-6.
160. Guan SB, Hou CL, Chen DS, Gu YD. Restoration of shoulder abduction by transfer of the spinal accessory nerve to suprascapular nerve through dorsal approach: a clinical study. *Chin Med J (Engl).* 2006 May 5;119(9):707-12.
161. Dailiana ZH, Mehdian H, Gilbert A. Surgical anatomy of spinal accessory nerve: is trapezius functional deficit inevitable after division of the nerve? *J Hand Surg Br.* 2001 Apr;26(2):137-41.
162. Bhandari PS, Deb P. Dorsal approach in transfer of the distal spinal accessory nerve into the suprascapular nerve: histomorphometric analysis and clinical results in 14 cases of upper brachial plexus injuries. *J Hand Surg Am.* 2011 Jul;36(7):1182-90.
163. Bertelli JA, Ghizoni MF, Tacca CP. Transfer of the teres minor motor branch for triceps reinnervation in tetraplegia. *J Neurosurg.* 2011 May;114(5):1457-60.
164. Bertelli JA, Ghizoni MF. Transfer of nerve branch to the brachialis to reconstruct elbow extension in incomplete tetraplegia: case report. *J Hand Surg Am.* 2012 Oct;37(10):1990-3.
165. Parot C, Leclercq C. Anatomical study of the motor branches of the median nerve to the forearm and guidelines for selective neurectomy. *Surg Radiol Anat.* 2016 Jul;38(5):597-604.

## **ANEXOS**

## Anexo A - Aprovação da Comissão Científica

DEPARTAMENTO DE ORTOPEDIA E TRAUMATOLOGIA  
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

## COMISSÃO CIENTÍFICA

IDENTIFICAÇÃO

Protocolo IOT nº 1376

CEP/FMUSP

**Pesquisador Responsável:** Prof. Marcelo Rosa de Resende  
**Pesquisador Executante:** Dr. Bruno Azevedo Veronesi  
**Título:** Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial..  
**Grau de Pesquisa:** Doutorado

## APRECIÇÃO GERAL DA PROPOSTA

**1º PARECER**

**Apresentação do projeto:** Projeto bem desenhado e bem escrito

**Objetivo da Pesquisa:** Claro e relevante

**Avaliação de Risco e Benefícios:** Risco baixo e aceitável

**Considerações sobre o TCLE:** não necessário (estudo em cadáveres)

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:** Estudo anatômico em cadáveres fresco com intuito de descrever uma nova técnica de neurotização para ganho de rotação externa do ombro após lesão do plexo braquial. Técnica inexistente, portanto se se provar possível será de grande valia para os pacientes.

**Recomendações:** nihil

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:** Sem inadequações

**Observações Complementares:** Sou favorável à aprovação sem restrições do estudo pela Comissão Científica.

Relator  
Comissão Científica  
30/04/2019

Status: CC - APROVADO PELO RELATOR

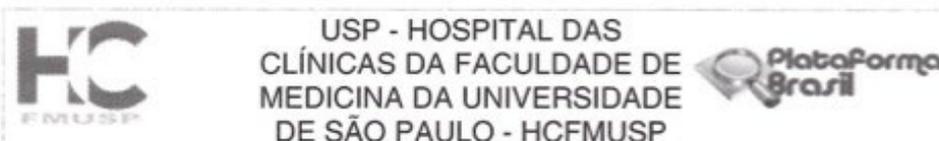
=====

**DECISÃO DA COMISSÃO CIENTÍFICA EM 03.05.2019: Projeto aprovado.**

*A Folha de Rosto e o Cadastro da Pesquisa serão enviados aos pesquisadores após a coleta de assinaturas do DOT/FMUSP, para serem anexados à Plataforma Brasil, juntamente com o projeto de pesquisa e demais documentos.*

## Anexo B - Aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa

1071376



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

## DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial.

**Pesquisador:** Marcelo Rosa de Rezende

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 30156519.3.0000.0068

**Instituição Proponente:** Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

## DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.974.694

**Apresentação do Projeto:**

Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial.

**Objetivo da Pesquisa:**

O objetivo deste estudo é desenvolver a técnica de transferência de ramos do nervo radial para o ramo motor do músculo infraespinal e para o ramo motor do redondo menor, através de dissecação em cadáveres, visando futura aplicação no tratamento de pacientes com lesão alta (C5-C6) do plexo braquial.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Sem riscos, estudo anatômico em cadáveres.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Carta anuência do SVOC apresentada, volume proposto de disseções compatível (20).

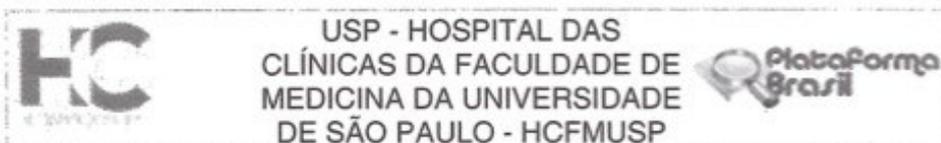
**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Adequados.

**Recomendações:**

Aprovar.

**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:** cappelq.adm@hc.fm.usp.br



Continuação do Parecer: 3.974.694

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovar, sem pendências.

**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.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1343874.pdf	20/03/2020 10:04:57		Aceito
Outros	Nova_declaracao.pdf	20/03/2020 10:04:41	Marcelo Rosa de Rezende	Aceito
Outros	Cadastro_da_Pesquisa_1376.pdf	30/01/2020 11:17:10	Marcelo Rosa de Rezende	Aceito
Outros	formulario_para_cadastro_de_projeto_atualizado_2019.docx	13/11/2019 10:38:15	Marcelo Rosa de Rezende	Aceito
Outros	Carta_SVO_1376.pdf	16/05/2019 06:47:30	Marcelo Rosa de Rezende	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_1376.pdf	16/05/2019 06:42:57	Marcelo Rosa de Rezende	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.docx	26/04/2019 07:50:57	Marcelo Rosa de Rezende	Aceito

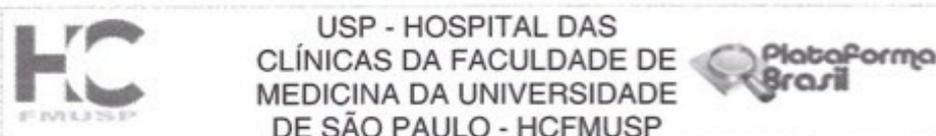
**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

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



Continuação do Parecer: 3.974.694

SAO PAULO, 16 de Abril de 2020

Assinado por:  
ALFREDO JOSE MANSUR  
(Coordenador(a))

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: cappesq.adm@hc.fm.usp.br

**Anexo C - Autorização do Serviço de Verificação de Óbitos para as disseções**



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**SERVIÇO DE VERIFICAÇÃO DE ÓBITOS DA CAPITAL**

**Manifestação prévia a respeito dos aspectos técnicos  
relacionados ao estudo para pesquisa científica**

**Título da pesquisa:** Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial.

**Pesquisador Responsável:** Marcelo Rosa de Rezende

**Pesquisador Executante:** Bruno Azevedo Veronesi

Em relação à utilização de dados obtidos de autópsias realizadas no SVOC-USP para serem utilizados na pesquisa científica mencionada acima, informamos não haver qualquer impedimento.

São Paulo, 22 de abril de 2019.

Assinatura manuscrita em tinta azul de Carlos Augusto Pasqualucci.

Prof. Dr. Carlos Augusto Pasqualucci  
Diretor SVOC-USP

## Anexo D - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aplicado aos familiares dos cadáveres

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

#### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

##### DADOS DA PESQUISA

Título da pesquisa – Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial

Pesquisador principal – Dr. Marcelo Rosa de Rezende

Departamento/Instituto – Instituto de Ortopedia e Traumatologia

##### Caro familiar,

Este trabalho tem como objetivo o estudo de uma técnica cirúrgica para tratamento de lesão de nervos no membro superior. Essas lesões são de extrema gravidade e podem levar a completa disfunção do braço, antebraço e mão, podendo acometer adultos e até mesmo recém-nascidos.

Consideramos a compreensão dessa técnica cirúrgica de extrema importância científica, que possivelmente irá beneficiar pacientes, pois tem como objetivo a recuperação de funções motoras do membro superior que foram comprometidas por lesões de nervo.

O estudo será realizado caso o acompanhante ou o familiar concordem com esses termos, portanto, não sendo obrigado o aceite deste termo e participação.

Nosso estudo se baseará em dissecação (exploração) de peças anatómicas de corpos de indivíduos falecidos que estejam sendo avaliados pelo Serviço de Verificação de Óbito. Será um **procedimento adicional** ao do serviço de autópsia. Trata-se de um corte de cerca de 20 cm na região posterior do tronco (costas) com prolongamento para região posterior do braço, que iremos suturar (dar pontos) ao final do procedimento. Identificaremos os nervos a serem estudados (supraescapular, axilar e radial) e coletaremos cerca de 1 cm de cada nervo para avaliação histológica. Esses segmentos de nervos seccionados serão avaliados através de microscopia para estudo de número de fascículos e axônios, mostrando a viabilidade das transferências a nível celular. Ao final do procedimento, o corpo terá a incisão nas costas e braço, de cerca de 20 cm, que habitualmente não é realizado no procedimento da autópsia, e que iremos deixar com sutura da melhor qualidade estética possível.

Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento

Nome resumido do projeto: Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial.	<b>Confidencial</b>
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido versão 1.0 de 22 de novembro de 2022	
Nome do pesquisador: Dr. Marcelo Rosa de Rezende Hospital Das Clínicas Da Faculdade De Medicina Da USP	
	Rubrica do Participante da Pesquisa/Representante legal Rubrica do Investigador Responsável

ou dúvidas. O principal investigador é o Dr Marcelo Rosa de Rezende que pode ser encontrado no endereço Rua Ovídio Pires de Campos, 333 Telefone(s) 2661-6909 e-mail [marcelo@marcelorosaderezende.com.br](mailto:marcelo@marcelorosaderezende.com.br). 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: (11) 2661-7585, (11) 2661-1548, (11) 2661-1549, das 7 às 16h de segunda a sexta feira ou por e-mail: [cappesq.adm@hc.fm.usp.br](mailto:cappesq.adm@hc.fm.usp.br).

Nenhum material biológico desses corpos será comercializado.

Será mantido sigilo quanto a identidade do corpo.

Não haverá custo para familiar.

Este procedimento não irá atrasar a liberação do corpo.

Eu discuti as informações acima com o Pesquisador Responsável Dr. Marcelo Rosa de Rezende ou pessoa (s) por ele delegada (s) Dr. Bruno Azevedo Veronesi sobre a minha decisão em autorizar o usos dos dados nesse estudo. Ficaram claros para mim os objetivos, os procedimentos, e as garantias. Concordo voluntariamente na autorização deste estudo, assino este termo de consentimento e recebo um via rubricada pelo pesquisador.

\_\_\_\_\_ Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Assinatura do participante /representante legal

\_\_\_\_\_

Nome do participante /representante legal

\_\_\_\_\_ Data \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

Assinatura do responsável pelo estudo

Nome resumo do projeto: Neurotizações seletivas para ganho de rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento de lesões do plexo braquial.	<b>Confidencial</b>
Termo de Consentimento Livre e Esclarecido versão 1.0 de 22 de novembro de 2022	
Nome do pesquisador: Dr. Marcelo Rosa de Rezende Hospital Das Clínicas Da Faculdade De Medicina Da USP	_____ Rubrica do Participante da Pesquisa/Representante legal
	_____ Rubrica do Investigador Responsável

## Anexo E - Anatomical Quality Assurance (AQUA) Checklist\*



### Anatomical Quality Assurance (AQUA) Checklist

*"For improving the quality and reporting of anatomical studies."*

Checklist Component	#	Description and Recommendation:	Page Number*
<b>Title</b>			
Title	1	Identify the main objective or key characteristic of the study in the title.	
<b>Abstract</b>			
Structured Summary	2	Provide a clear and structured summary of the study with emphasis on the aims, methodology, key findings, and conclusions directly supported by study findings.	
<b>Introduction</b>			
Background / Rationale	3	Provide a rationale for the study including a concise, updated scientific background, appropriately referenced. Identify any relevant knowledge gaps to support the study rationale.	
Objective	4	Indicate clearly the main objective(s) of the study, and state any hypotheses to be tested.	
<b>Methodology</b>			
Study Design and Fundamentals	5	Provide precise details with respect to the design and fundamentals of the study, including but not limited to the following: 1. Study design: prospective, retrospective, cross-sectional, etc. 2. Study type: cadaveric (e.g. formalin fixed or fresh frozen), imaging, intraoperative, etc.	
Setting	6	Describe clearly the location where the study was conducted and dates (month/year) between which the data were collected.	
Sample Size	7	When appropriate, statistical power analysis should be used to calculate sample size or effect size. If relevant, justification for the study sample size should be briefly stated.	
Subjects	8	Define clearly the eligibility criteria and methods of subject selection and inclusion, with details of the baseline and demographic selection criteria of the subjects (age, sex, healthy or diseased etc.) included in the study.	
Reference Standard	9	Define clearly and accurately all anatomical definitions (normal anatomy, variations, classifications, etc.) by which data will be collected, analyzed, and compared. Citations should be included when appropriate.	
Outcomes and/or Parameters	10	Define clearly the outcomes and parameters (e.g. prevalence of a variation, mean length and diameter of a structure, etc.) assessed in the study. When present, confounders should be clearly stated.	
Measurement and Assessment	11	Indicate clearly the group of subjects included in each measurement/assessment (source of data). Provide clear details about the methods of measurement/assessment of each outcome and/or parameter (e.g. reference points for length measurements, internal or external diameter, etc.).	
Modality	12	Describe clearly the materials, equipment, and instruments used (with manufacturer/supplier details) to conduct the specific study design.	
Technique	13	Describe precisely the methods (e.g. dissection technique, image reconstruction, etc.) applied in the study to allow for reproducibility. Relevant details (profession, years of experience) regarding the individual(s) performing the technical aspect of the study are recommended.	
Bias	14	Identify any potential source of bias and, when present, describe measures implemented to assess the risk of bias.	
Statistical Approach	15	Describe all statistical methods for analyzing the data, including those of confounders. Statistical methods for additional analyses (e.g. subgroup/sensitivity analyses), when performed, should be described.	
Ethics	16	Provide the details of compliance with ethical guidelines, including the name of the review board or agency, approval number, and date. AQUA endorses the Helsinki Declaration and its later amendments. When appropriate, details of written, informed consent should be clearly stated.	
<b>Results</b>			
Subjects	17	Report the numbers of subjects included in the study, including data on their baseline and demographic characteristics. When needed, provide reason(s) and data on characteristics of the subjects excluded from the study at any stage.	
Main Results	18	Provide unaltered/non-manipulated summary data (number [percentage]) or estimates (with confidence intervals and values of consistency when applicable) from the analyses performed. Tabular presentation of the results is highly recommended.	
Descriptive Anatomy	19	Present clear and comprehensible figures (i.e. images, illustrations, diagrams, etc.), labeled as appropriate, to explain the results where needed AND describe clearly any anatomical findings that could be ambiguous, questionable, or atypical. New classifications of anatomical variations should be complemented by representative figures and corresponding dissection/imaging photographs.	
Confounders	20	Present precise data from assessment/measurement of confounders, if any.	
Additional analyses	21	Provide clear results of additional analyses (e.g. subgroup/sensitivity analyses), if performed. Tabular presentation of the results is highly recommended.	
<b>Discussion</b>			
Key Findings	22	Include summary of key evidence/findings from the study pertaining to the rationale/objectives of the study. No new study results should be presented in the discussion.	
Interpretation and Comparison(s)	23	Provide comprehensive (but judicious) interpretation of the results from the study, and comparison and/or reference to the results from other studies on the topic, appropriately cited. Meaningful clinical impact/significance of the findings from the study should be discussed where relevant.	
Implication(s)	24	State briefly the implications of the findings or potential areas of the study that require further research.	
Limitation(s)	25	Discuss briefly limitations of the study at any stage, including risk of bias, potential confounders, or intraobserver and/or interobserver variability.	
<b>Conclusions</b>			
Summary	26	Summarize the key information (i.e. "take-home message") directly supported by the findings/evidence from the study.	
<b>Other Information</b>			
Acknowledgement	27	Acknowledge individual(s), institution(s), or third parties who significantly contributed to the study.	
Conflict of interest	28	Disclose any conflicts of interests related to the study for all contributing authors.	
Funding	29	Describe sources of funding for the study and any other support.	

\* If an item is not applicable to the study, mark N/A in the page number box.

© International Evidence-Based Anatomy Working Group, Krakow, Poland

Tomaszewski KA, Henry BM, Ramakrishnan PK, et al. Development of the Anatomical Quality Assurance (AQUA) Checklist: Guidelines for Reporting Original Anatomical Studies. *Clin Anat*. 2016; 30: 14-20. doi:10.1002/ca.22800

Page 2 of 2

## Anexo F - Tabela “Baseline”

Identificação				
Nº	Gênero	Altura (cm)	Peso (Kg)	Idade (anos)
1	M	175	45,4	65
2	F	160	51,4	78
3	F	137	49	86
4	M	166	42	85
5	F	177	66	58
6	M	160	56	80
7	M	167	77	83
8	M	192	88	61
9	M	190	93	44
10	F	164	30	77
11	M	176	64	72
12	M	175	70	55
13	F	166	49	38
14	M	185	87,4	59
15	M	180	57,2	65
16	M	170	59,4	61
17	M	186	59,4	77
18	M	180	74,8	65
19	F	162	31,8	73
20	F	160	63,4	75

Medidas entre marcos anatômicos (mm)					
Nº	A-bmEE	A-ISE	A-IEG	A-biRm	A-biRM
1	133,04	75,12	59,56	67,5	111,53
2	129,1	67,57	47,2	65,52	111,89
3	137,15	63,6	43,19	60,06	91,96
4	150,02	78,42	61,92	69,1	102,4
5	127,86	50,78	42,2	64,44	91,66
6	125,18	57,95	46,75	65,3	94,29
7	128,26	63,61	45,68	81,61	104,34
8	118,05	66,58	56,28	78,48	110,17
9	134,81	63,82	60,21	79,07	110,33
10	121,41	60,38	47,25	60,05	89,93
11	135,74	64,91	60,15	70,16	111,89
12	154,02	76,93	49,98	62,01	105,27
13	125,67	60,89	54,83	60,61	84,67
14	142,5	71,34	60,55	75,3	118,38
15	137,87	66,25	56,58	72	99,34
16	129,54	67,13	52,46	72,6	107,52
17	145,11	77,31	55,47	79,87	111,86
18	141,03	72,07	61,95	87,8	105,5
19	117,57	59,98	45,42	57,27	82,05
20	120,74	60,89	48,59	57,15	79,99

Contagem de ramos para o tríceps			
Nº	CLoT	CLaT	CMT
1	1	2	2
2	1	1	2
3	1	2	2
4	1	1	2
5	1	1	2
6	1	1	2
7	1	1	2
8	1	2	2
9	1	1	2
10	1	2	1
11	1	1	2
12	1	2	2
13	1	2	2
14	1	2	2
15	1	1	2
16	1	2	2
17	1	2	2
18	1	2	2
19	1	2	2
20	1	1	2

Comprimentos dos ramos (mm)										
Nº	SE	IE	Rm	daAx	DP	CLoT	CLaT1	CLaT2	CMT1	CMT2
1	24,57	36,81	25,3	33,76	60,77	46,28	36,91	55,56	61,33	105,83
2	15,25	42,82	25,46	41,22	47,82	39,51	56,84		71,45	99,22
3	14,83	41,28	24,16	28,31	40,29	44,02	40,86	38,98	43,73	77,55
4	22,74	47,12	24,01	45,2	48,54	43,19	39,11		60,57	84,13
5	21,15	37,55	19,93	32,48	41,07	33,85	45,6		55,29	90,77
6	15,15	34,63	29	29,23	30,14	31,85	36,77		44,75	90,01
7	17,52	40,76	28,44	31,1	32,72	33,17	45,38		34,36	94,93
8	20,03	34,14	19,51	35,34	53,13	53,45	39,03	60,41	57,36	100,26
9	15,28	53,7	26,9	34,76	45,19	57,66	50,04		66,12	96,94
10	10,97	51,25	18,97	23,49	35,5	21,81	39,07	51,96		106,85
11	18,27	44,48	29,8	31,57	38,71	34,95	30,62		59,57	85,29
12	19,99	46,55	18,88	30,62	38,41	27,18	34,27	32,57	48,04	84,96
13	21,99	35,31	30,22	33,27	37,3	33,45	36,85	64,29	62,09	88,16
14	30,01	47,03	26,69	34,94	42,59	29,8	30,58	22,28	43,33	88,21
15	8,67	42,88	15,45	31,96	28,21	59,67	67,89		58,2	101,72
16	9,1	35,93	14,81	32,24	30,51	33,7	35,56	31,69	34,62	95,16
17	19,05	35,29	16,92	42,65	43,19	28,16	27,37	22,35	49,95	95,45
18	20,55	51,43	18,31	31,63	58,79	46,61	55,32	35,59	62,74	90,73
19	5,99	32,06	19,16	25,38	45,24	24,5	33,98	18,84	78,9	100,46
20	12,04	24,78	20,77	32,62	60,61	33,69		51,19	39,96	83,33

Diâmetros dos ramos (mm)										
Nº	SE	IE	Rm	daAx	DP	CLoT	CLaT1	CLaT2	CMT1	CMT2
1		1,8	2	2,2	2	1,8	1	0,9	1,4	1,8
2		1,7	1,9	2,2	2,1	1,9	1,1		2,4	1,7
3		1,39	1,63	1,99	1,85	1,33	1,3	0,92	1,21	1,33
4		1,5	1,7	1,75	1,7	1,85	0,9		1,4	1,35
5		2,1	1,92	2,68	2,04	2,11	1,06		1,66	2,51
6		2,78	1,94	2,29	1,81	2,28	1,24		1,83	2,33
7		2,02	1,41	1,94	1,81	2,09	0,94		1,88	2,62
8		1,76	2,06	1,41	2,05	1,93	1,22	0,86	1,13	3,55
9		1,73	1,53	1,66	1,71	1,79	1,68		1,65	1,7
10		2,28	2,26	2,38	1,81	2,31	1,18	0,4		1,87
11		2,02	2,17	2,94	1,84	2,75	1,44		1,23	2,15
12		2,42	1,54	2,34	1,95	2,27	1,18	0,49	1,65	1,71
13		2,09	2,28	2,3	1,05	2,34	0,81	1,03	1,02	1,83
14	1,42	1,68	1,61	3,25	1,31	2,87	1,44	0,74	2,01	1,99
15	1,69	2,37	1,57	2,54	1,45	1,75	1,41		1,55	3,26
16	1,52	1,69	2,03	2,89	1,67	1,72	1,87	1,43	1,52	1,9
17	2,05	2,83	2,86	3,3	1,2	1,7	1,43	1,38	1,29	1,55
18	1,23	2,56	3,61	2,69	1,76	2,73	1,68	0,63	1,61	2,54
19	1,69	2,43	1,63	2,38	1,7	0,98	0,78	1,11	1,85	2
20	1,23	1,89	1,38	2,23	0,75	1,38		0,44	1,35	1,72

Distância à borda inferior do redondo maior após secção do ramo e redirecionamento (+ acima / - abaixo) (mm)							
Nº	IE	Rm	CLoT	CLaT1	CLaT2	CMT1	CMT2
1	47,11	17,84	22,96	12,81	52,4	34,53	81,07
2	48,29	20,51	28,94	58,49		81,23	99,41
3	31,56	14,1	16,2	29,92	-9,52	37,06	62,81
4	37,68	19,83	28,32	38,17		55,33	75,4
5	37,54	11,89	18,41	23,32		40,29	85,5
6	44,16	0	32,82	21,43		80,19	85,78
7	33,33	15	22,57	45,79		29,18	89,24
8	50,03	22,89	7,42	30,46	37,61	41,42	91,34
9	56,81	23,63	31,2	44,83		62,07	87,42
10	18,74	0	18,23	36,48	-0,34		104,16
11	54,2	29,12	14,92	26,81		38,29	74,27
12	57,92	22,97	19,05	31,27	-3,71	45,1	64,12
13	52,82	18,14	10,89	23,8	48,84	57,94	73,2
14	64,82	33,74	15,27	24,31	4,38	27,45	84,25
15	6,84	9,54	43,09	91,75		63,14	101,51
16	66,66	39,36	16,19	20,96	12,44	31,84	82,26
17	52,95	12,28	13,03	12,64	0	38,82	61,96
18	44,98	20,4	14,49	37,38	0,15	59,8	85,26
19	34,44	2,43	23,12	33	-20,01	79,74	83,09
20	47,65	0	24,32		31,73	43,59	94,98

Testes das neurotizações e intervalo de sobreposição (mm)										
Nº	IE-CLoT	IE-CLaT1	IE-CLaT2	IE-CMT1	IE-CMT2	Rm-CLoT	Rm-CLaT1	Rm-CLaT2	Rm-CMT1	Rm-CMT2
1	N	N	0	0	33,51	0	N	30,28	22,94	57,85
2	N	1,96		38,44	44,52	6,83	11,17		68,6	73,87
3	N	0	N	5,26	9,02	4,7	10,3	N	12,22	16,03
4	N	6,33		25,2	39,39	0	12,61		34,85	50,01
5	N	N		0	41,85	11,95	11,5		30,47	69,55
6	N	N		27,29	35,47	25,94	19,24		74,36	83,66
7	N	0		0	41,07	15,9	26,78		19,16	63,31
8	N	N	N	N	15,64	N	N	22,5	28,35	56,87
9	N	N		13,02	39,46	19,86	22,52		37,43	61,49
10	0	8,81	N		80,53	15,55	35,67	N		96,93
11	N	N		0	29,32	N	0		15,54	50,44
12	N	N	N	0	28,99	16,43	0	N	22,44	42,62
13	N	N	0	18,8	30,56	0	8,71	35,23	50,9	57,92
14	N	N	N	N	23,14	N	0	N	2,9	55,36
15	34,91	77,13		54,55	94,48	34,35	72,13		51,34	87,33
16	N	N	N	N	26,57	N	N	N	0	33,61
17	N	N	N	0	29,85	11,37	10,85	N	25,94	38,8
18	N	N	N	0	22,71	2,86	3,05	N	22,97	55,8
19	N	N	N	40,78	47,1	13,59	20,71	N	66,94	73,9
20	N		N	0	43,65	23,75		27,73	47,48	84,77

Contagem de axônios										
Nº	SE	IE	Rm	daAx	DP	CLoT	CLaT1	CLaT2	CMT1	CMT2
1										
2										
3										
4										
5										
6	1006	2361	2601	3576	x	x	x		x	x
7	x	x	1336	3502	1060	1234	x		983	1874
8										
9	1441	2416	1046	3702	1288	735	1507		1631	3375
10	1488	4267	2346	5376	2249	2049	651	x		5210
11	2013	2167	x	x	1985	1089	x		1207	6112
12	1425	3275	2160	x	2547	1810	198		687	2666
13	1623	2975	x	x	x	1646	2117		854	8160
14	1475	3222	1683	4001	565	1308	473	521	1385	1541
15										
16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
17										
18	3229	5001	1966	x	685	x	x	177	1385	2251
19										
20	3411	3309	x	3696	922	1417		414	1348	1621