
RENATA GREGORIO PAULOS

**Transferência do nervo subescapular inferior para o ramo motor do
músculo redondo menor: estudo anatômico**

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
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

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

©reprodução autorizada pelo autor

Paulos, Renata Gregorio
Transferência do nervo subescapular inferior
para o ramo motor do músculo redondo menor : estudo
anatômico / Renata Gregorio Paulos. -- São Paulo,
2021.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Ciências do Sistema
Musculoesquelético.
Orientador: Marcelo Rosa de Rezende.

Descritores: 1.Paralisia obstétrica
2.Traumatismos dos nervos periféricos
3.Transferência de nervo 4.Neuropatias do plexo
braquial 5.Axila/inervação 6.Recuperação de função
fisiológica 7.Modelos anatômicos 8.Cadáver

USP/FM/DBD-061/21

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Adriano e Fernanda, que construíram uma base familiar sólida e mostraram a importância da honestidade, esforço, dedicação e persistência. Sempre fui incentivada a estudar e aprender. Agradeço a Deus todos os dias pelo privilégio de ser filha deles.

Ao meu marido Rafael, pela amizade, apoio, paciência, por acompanhar cada conquista minha e por ser um pai tão maravilhoso para nossa filha. Te amo!

À minha filha Aline, que enche nossa casa de alegria e ternura e faz com que eu queira ser melhor a cada dia.

AGRADECIMENTOS

Aos meus avôs (*in memoriam*), Antonio e Ernesto, e às minhas avós, Ana e Ilda (*in memoriam*), pela formação da nossa família e pela linda amizade que sempre cultivaram. Em especial, agradeço à minha avó e madrinha Ilda (*in memoriam*), que sempre foi um grande exemplo para toda a família. Sempre perfeccionista, dedicada e que nos mostrou que nunca é tarde para estudar e aprender.

Aos meus irmãos, Rodrigo e Rogerio, por quem, desde a infância, tenho orgulho e admiração indescritíveis.

Ao meu amigo, mestre e colega de trabalho, Dr. Emygdio José Leomil de Paula, pelo incentivo e apoio de sempre.

Ao Gustavo Bispo dos Santos e ao Dione Ribeiro de Sousa, do laboratório de microcirurgia, pelo auxílio com o material usado nas dissecções.

À Gislene Namiyama e à Noemi Nosomi Taniwaki, do Laboratório de Microscopia eletrônica do Instituto Adolfo Lutz, pela colaboração no preparo do material histológico.

À Simone Kneip Cavalheiro, do Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo-Esquelético – LIM 41, pela dedicação e colaboração com as contagens axonais.

Ao Fernando Rosas Brito pelo auxílio com as imagens e por estar sempre disposto a ajudar.

À toda equipe do Serviço de Verificação de Óbitos da Capital.

Ao meu orientador Prof. Dr. Marcelo Rosa de Rezende pela oportunidade de desenvolver este estudo e pelo incentivo aos três pilares: ensino, pesquisa e assistência.

Aos Profs. Drs. Rames Mattar Júnior e Teng Hsiang Wei, que juntamente com Prof. Dr. Marcelo Rosa de Resende, conduzem o Grupo de Mão e Microcirurgia e o tornam um centro de amizade, o que faz do trabalho algo muito mais prazeroso.

Aos Profs. Drs. Gilberto Luis Camanho, Olavo Pires de Camargo e Tarcísio Eloy Pessoa de Barros Filho, pela oportunidade de realizar este projeto de pesquisa no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo .

Às bibliotecárias Andressa da Costa Santos Souza e Camila Gomes da Rocha D'Agostino e às secretárias Rosana Moreno Costa e Tania Maria Borges pelo auxílio durante a pós-graduação.

A todos os assistentes do Grupo de Mão e Microcirurgia, em especial à Dra. Danielle Tiemi Simão e aos Drs. Luciano Ruiz Torres e Edgard de Novaes França Bisneto, pela amizade e companheirismo.

E, por fim, agradeço imensamente aos cadáveres desconhecidos, que tornaram possível a realização deste estudo.

*"A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém
ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê."*

Arthur Schopenhauer

NORMALIZAÇÃO ADOTADA

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

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

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

Nomes das estruturas anatômicas baseados na *Nomina Anatômica*. 1ª ed, São Paulo; 2001.

Vocabulário ortográfico da língua portuguesa, 5a ed., 2009, elaborado pela Academia Brasileira de Letras, em consonância com o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa, promulgado pelo decreto no 6583/2008.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS.....	6
2.1 Objetivo primário.....	6
2.2 Objetivo secundário.....	6
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3.1 Anatomia do nervo subescapular inferior.....	8
3.2 Anatomia do nervo axilar - ramo motor do músculo redondo menor	11
3.3 Contagem de axônios.....	16
3.4 Transferências nervosas seletivas para ganho de rotação externa do ombro em pacientes com paralisia obstétrica.....	16
4 MÉTODOS.....	19
4.1 Critérios de inclusão.....	20
4.2 Dissecções.....	20
4.3 Análise histológica.....	29
4.3.1 Protocolo de inclusão da amostra.....	29
4.3.2 Contagem de axônios.....	30
4.4 Análise estatística.....	30
5 RESULTADOS.....	33
5.1 Estudo anatômico.....	33
5.2 Contagem de axônios.....	40
6 DISCUSSÃO.....	43
6.1 Anatomia.....	43

6.2	Histomorfometria.....	47
6.3	Transferências nervosas seletivas para ganho de rotação externa do ombro em pacientes com paralisia obstétrica.....	51
6.4	Limitações do estudo.....	53
7	CONCLUSÕES.....	56
8	ANEXOS.....	58
9	REFERÊNCIAS.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

AQUA	<i>Anatomical Quality Assurance</i>
Dp	desvio padrão
HCFMU	Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade
SP	de São Paulo
IOT	Instituto de Ortopedia E Traumatologia
LIM	Laboratório de Investigação Médica
REDCap	<i>Research Electronic Data Capture</i>
SVOC	Serviço de Verificação de Óbito da Capital

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Transferência do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor. A. Note que o nervo subescapular inferior é o primeiro ramo do fascículo posterior proximal ao nervo axilar. B. Após a neurografia. O ramo do músculo redondo menor foi seccionado na sua origem e o nervo subescapular inferior na entrada do músculo redondo maior..... 4

Figura 2 – Incisão longitudinal na axila..... 21

Figura 3 – Desenho esquemático (A) e foto (B) correspondente ao início da dissecação. 1- Tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior; 2 -nervo axilar; 3 Vasos circunflexos posteriores do úmero..... 22

Figura 4 – Desenho esquemático (A) e foto da dissecação (B) do nervo axilar. 1- tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior; 2 nervo axilar; 3 - divisão anterior do nervo axilar; 4- divisão posterior do nervo axilar; 5- ramo motor do músculo redondo menor..... 24

- Figura 5 – Desenho esquemático (A) e foto da dissecação (B), mostrando o nervo subescapular inferior localizado no intervalo entre os vasos circunflexos da escápula e os vasos toracodorsais. 1- tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior; 2- nervo axilar; 3- nervo subescapular inferior; 4- vasos circunflexos da escápula; 5- vasos toracodorsais..... 25
- Figura 6 – Desenho esquemático (A) e foto da dissecação (B) do nervo subescapular inferior seccionado na entrada do músculo redondo maior e posicionado próximo do ramo motor do músculo redondo menor. 1- ramo motor do músculo redondo menor; 2- nervo subescapular inferior..... 27
- Figura 7 – Desenho esquemático (A) e foto da dissecação (B) mostrando coaptação dos nervos doador e receptor. A. Ramo motor do músculo redondo menor; B. Nervo subescapular inferior..... 28
- Figura 8 – Origem do nervo subescapular inferior. A- Origem no fascículo posterior; B- Origem no nervo axilar; C- origem em um tronco comum com os nervos axilar e toracodorsal..... 36
- Figura 9 – Foto da dissecação nº 11. Comunicação entre o nervo subescapular inferior e o nervo axilar..... 37
- Figura 10 – Exemplo de lâmina utilizada para contagem das fibras nervosas..... 40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Diâmetro do nervo subescapular inferior e seus ramos (em mm) e de qual aspecto do nervo os ramos adicionais se originavam (o ramo principal se originou todas as vezes do aspecto medial do nervo subescapular inferior)..... 34

Tabela 2 – Baseline..... 38

Tabela 3 – Contagem de axônios..... 41

RESUMO

Paulos RG. *Transferência do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor: estudo anatômico* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2021.

INTRODUÇÃO: Falta de recuperação da rotação externa ativa do ombro é um problema comum nos casos de paralisia obstétrica. O desequilíbrio muscular gerado pela ausência de rotação externa com força remanescente dos rotadores internos do ombro é muitas vezes apontado como o principal fator no desenvolvimento da deformidade glenoumeral. Nosso trabalho tem como objetivo estudar a anatomia dos nervos subescapular inferior e axilar, para verificar a viabilidade da transferência do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor. Trata-se de uma nova técnica cirúrgica que tem o propósito de recuperar a rotação externa ativa do ombro, ao mesmo tempo que diminui a força dos rotadores internos. **MÉTODOS:** Foram dissecadas 20 axilas. Foram documentados o diâmetro do nervo axilar, das suas divisões anterior e posterior, do ramo para o músculo redondo menor e do nervo subescapular inferior e seus ramos. Foi observada a localização e a origem dos nervos subescapular inferior e ramo motor para o músculo redondo menor e analisado se seria possível realizar sutura sem tensão para a transferência nervosa. Ao final de cada dissecação, amostras do nervo subescapular inferior e do ramo motor do músculo redondo menor foram enviadas para contagem do número de axônios. Todos os dados foram armazenados no programa RedCap. **RESULTADOS:** O nervo subescapular inferior sempre foi localizado no intervalo entre a artéria circunflexa da escápula e a artéria toracodorsal. Ele se originou do fascículo posterior em 60%, do nervo axilar em 20% e de um tronco comum com nervo axilar e nervo toracodorsal em 20%; seu diâmetro médio foi de 1,90mm (1,58 -2,28mm; dp:0,17) e o número de axônios foi 509,37 (167-787; dp 190,68). O ramo para o músculo redondo menor sempre foi a estrutura mais medial originada do nervo axilar, seu diâmetro médio foi 1,91mm (1,4-2,27mm; dp: 0,23) e o número de axônios foi 610,47 (281-970; dp 186,07). Em todos os casos o nervo doador atingiu com facilidade o receptor. **CONCLUSÕES:** A transferência nervosa do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor é anatomicamente viável. A contagem de axônios dos nervos em questão demonstrou haver compatibilidade entre eles.

Descritores: Paralisia obstétrica; Traumatismos dos nervos periféricos; Axila / inervação; Transferência de nervo; Neuropatias do plexo braquial; Recuperação de função fisiológica; Modelos anatômicos; Cadáver.

ABSTRACT

Paulos RG. *Lower subscapular nerve transfer to the teres minor motor branch: an anatomical study* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2021.

INTRODUCTION: Failure to restore the active external shoulder rotation is a recurring issue in treating patients with obstetric brachial plexus palsy. The muscular imbalance generated by the absence of shoulder external rotation with a relatively normal internal rotation is often pointed out as the main factor in the development of the glenohumeral deformity. Our study aims to evaluate the anatomy of the lower subscapular and axillary nerves, to verify the viability of lower subscapular nerve transfer to the teres minor motor branch. This is a new surgical technique that has the purpose of restoring active external shoulder rotation while decreasing the internal rotators force. **METHODS:** Twenty axillae were dissected. The diameter of the axillary nerve and its anterior and posterior divisions, the teres minor motor branch, and the lower subscapular nerve and its branches were recorded. The location and the origin of the lower subscapular nerve and the teres minor motor branch were observed; thus, it would be possible to ascertain whether the suture would be tension-free for nerve transfer. Samples of the lower subscapular and teres minor motor branch nerves were collected at the end of the dissections for manual counting of axons. All data were recorded in the RedCap program. **RESULTS:** In all cases, the lower subscapular nerve was found in the interval between the thoracodorsal and circumflex scapular vessels. The lower subscapular nerve originated from the posterior cord in 60% of cases, from the axillary nerve in 20% of cases, and a common trunk shared with the axillary nerve and thoracodorsal nerve in 20% of cases; its mean diameter was 1.90 mm (range 1.58-2.28 mm; SD 0.17), the mean axon number was 509.37 (range 167-787; SD 190.68); the teres minor motor branch has always been the most medially located structure originating from the axillary nerve, its mean diameter was 1.91 mm (range 1.4-2.27 mm; SD: 0.23), the mean axon number was 610.47 (range 281-970; SD 186.07). In all cases, the donor nerve reached the recipient nerve without difficulty. **CONCLUSIONS:** The lower subscapular nerve transfer to the teres minor motor branch is anatomically viable. The axon number of the above mentioned nerves demonstrated the existence of compatibility.

Descriptors: Paralysis, obstetric; Peripheral nerve injuries; Axilla / innervation; Nerve transfer; Brachial Plexus Neuropathies; Models, anatomic; Cadaver.

1. INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A ausência de recuperação da rotação externa ativa do ombro é um problema recorrente no tratamento das lesões do plexo braquial¹⁻³.

Nos casos de paralisia obstétrica, foi observado que lactentes que apresentam apenas recuperação parcial da força antigravidade (C5-C7), entre o terceiro e sexto meses de vida, possivelmente terão alguma limitação permanente e progressiva em relação à amplitude de movimento e força do ombro, articulação que tipicamente se encontra em rotação interna⁴.

O desequilíbrio muscular gerado pela fraqueza da rotação externa e abdução do ombro, com a presença de força relativamente normal de rotação interna e adução, leva a uma deformidade glenoumeral^{5,6}, que se não for tratada irá progredir com o crescimento da criança, ocasionando um deficit funcional importante^{5,6}.

Nenhum dos procedimentos microcirúrgicos classicamente empregados no tratamento da paralisia obstétrica (reconstrução do plexo braquial com enxerto e transferências nervosas) costuma trazer ganho satisfatório da rotação externa do ombro¹⁻³.

As neurotizações mais comumente realizadas visando à recuperação do movimento do ombro são a transferência do nervo acessório (XI) para o nervo supraescapular⁷ e a transferência do ramo do nervo radial, destinado à cabeça longa do tríceps, para a divisão anterior do nervo axilar (procedimento de Leechavengvongs)^{8,9}.

Apesar do nervo supraescapular inervar, além do músculo supraespinal, o músculo infraespinal, que é um rotador externo, não se observa, de forma geral, bom ganho da rotação externa ativa do ombro com a reconstrução deste nervo e acredita-se que a reinervação seja direcionada em sua maior parte para o músculo supraespinal^{1,2}. Isso ocorre de forma semelhante em adultos com paralisia traumática do plexo braquial³.

O procedimento de Leechavenvongs^{8,9} também não auxilia na recuperação da rotação externa, uma vez que o músculo redondo menor é inervado pela divisão posterior do nervo axilar, e a transferência é destinada à divisão anterior, objetivando-se a reinervação do músculo deltoide e ganho de abdução ativa do ombro.

Diversos tratamentos já foram descritos para prevenir ou tratar a deformidade glenoumeral, incluindo botox aplicado nos músculos subescapular e redondo maior em lactentes e pré-escolares que ainda não apresentam a deformidade, redução cruenta da cabeça do úmero com transferência tendínea dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior para rotadores externos, osteotomia de anteversão da glenoide, entre outros¹⁰⁻¹⁸.

Parece-nos coerente, portanto, pensar em um procedimento que seja realizado de forma precoce e que possa, simultaneamente, enfraquecer os rotadores internos e aumentar a força de rotação externa do ombro. Assim não haveria um grande desequilíbrio muscular e conseqüentemente a deformidade glenoumeral não se instalaria ou seria mais branda. Além da melhora funcional do paciente, diminuiríamos o número de procedimentos secundários do ombro.

Com esse propósito, planejamos uma técnica de transferência nervosa não encontrada na literatura: a do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor (**Figura 1**).

A neurotização proposta levaria ao aumento da força de rotação externa do ombro, pela reinervação do músculo redondo menor e, ainda, acarretaria redução da força de rotação interna, uma vez que o nervo subescapular inferior inerva o músculo redondo maior e parte do músculo subescapular.

Para avaliarmos a exequibilidade dessa nova técnica cirúrgica, estudamos a anatomia do nervo subescapular inferior e do ramo motor do músculo redondo menor (nervo axilar) por meio de disseções em cadáveres e analisamos também o número de axônios dos nervos envolvidos.

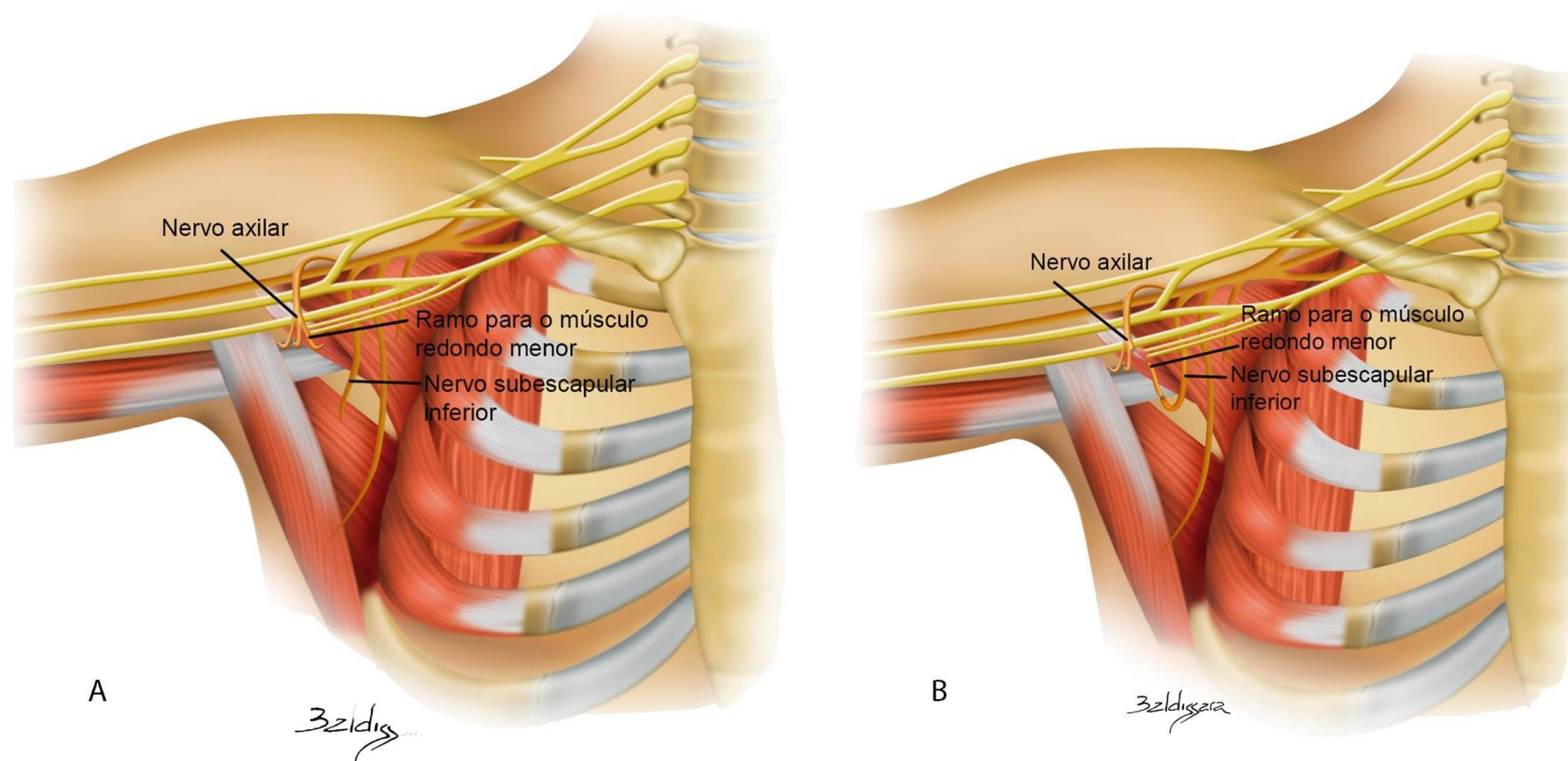


Figura 1 – Transferência do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor. A. Note que o nervo subescapular inferior é o primeiro ramo do fascículo posterior proximal ao nervo axilar. B. Após a neurorrafia. O ramo do músculo redondo menor foi seccionado na sua origem e o nervo subescapular inferior na entrada do músculo redondo maior

2. OBJETIVOS

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo primário

Analisar a viabilidade de uma nova técnica cirúrgica: transferência nervosa do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor.

2.2 Objetivo específico

Avaliar a compatibilidade dos nervos doador e receptor, por meio da análise quantitativa de axônios do nervo subescapular inferior e do ramo motor do músculo redondo menor.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Anatomia do nervo subescapular inferior (Anexo A)

Yung et al.¹⁹, em 1996, dissecam 11 ombros. Em sete, o nervo subescapular inferior tem origem no fascículo posterior, em três no nervo toracodorsal e em um no nervo axilar. A inserção muscular do nervo subescapular inferior é posterior ou imediatamente lateral ao nervo axilar, mas sempre justaposta a ele. Todos os ramos nervosos para o músculo subescapular são pequenos (1,0 -1,5 mm de diâmetro).

Fazan et al.²⁰, em 2003, estudam 54 plexos braquiais. O nervo subescapular inferior se origina do nervo axilar em 54%, do nervo toracodorsal em 7% e do fascículo posterior em 39%.

Tubbs et al.²¹, em 2006, estudam 47 membros superiores. O diâmetro médio do nervo subescapular inferior é de 2.3 mm (1,5-3,5 mm). A distância média da sua origem no fascículo posterior ao local de saída do ramo para o músculo subescapular é de 3.5 cm (1,5-6,2 cm) e a distância média desse ramo até a terminação no músculo redondo maior é 6 cm (3,3-8,9 cm). Quando o nervo é mobilizado (após transecção na entrada do músculo redondo maior) para explorar seu possível uso para neurotização, ele atinge a entrada do nervo musculocutâneo no músculo coracobraquial em todos, exceto três cadáveres. Atinge o tronco do nervo axilar na entrada do espaço quadrangular em todos os casos. O comprimento médio do nervo distal a esse ponto do nervo axilar é de 2.5 cm. O nervo subescapular inferior é encontrado (exceto em um caso) no

triângulo formado pelo músculo coracobraquial, artéria axilar, borda lateral do músculo peitoral menor, sendo o ápex desse triângulo o processo coracoide.

Ballesteros et al.²², em 2007, dissecam 57 plexos braquiais. O nervo subescapular inferior tem origem no fascículo posterior em 18 (31,6%), no nervo axilar em 31 (54,4%), no nervo toracodorsal em 7 (12,3%) e no nervo radial em 1 (1,7%).

Tubbs et al.²³, em 2007, dissecam 62 membros superiores. O nervo subescapular inferior se origina do fascículo posterior em 49 membros (79%) e em 13 (21%) do segmento proximal do nervo axilar. Ele se origina como um único nervo em 58 (93,6%) e como dois nervos independentes em 4 (6,4%). Todas as variações na origem são unilaterais. A distância média da sua origem no fascículo posterior ao local de saída do ramo para o músculo subescapular é de 3,5 cm (1,5-6,2 cm) e a distância média desse ramo até a terminação no músculo redondo maior é 6 cm (3,3-8,9 cm). O diâmetro médio do nervo é de 1,9 mm (1,1-3,1 mm).

Kasper et al.²⁴, em 2008, dissecam 20 ombros. O nervo subescapular inferior se origina em 12 dissecções (60%) do fascículo posterior, em cinco do nervo axilar, em duas do nervo toracodorsal e em um caso há dois nervos subescapulares inferiores se originando do fascículo posterior.

Kim et al.²⁵, em 2008, dissecam 52 plexos braquiais com o objetivo de definir a origem do nervo subescapular inferior em relação às raízes cervicais e realizar contagem de axônios oriundos de cada raiz. Observam que o nervo se origina de C5, C6 e C7 em 40 casos (76,9%) e de C6 e C7 em 12 casos (23,1%). O número de fibras com origem em C5 é 357,2 +/- 139,7, em C6, 1070,4 +/- 390,6, em C7, 500,0 +/- 285,4.

Muthoka et al.²⁶, em 2011, dissecam 75 plexos braquiais e observam que o nervo subescapular inferior se origina do nervo axilar em 43 (57,3%), do fascículo posterior em 12 (16%) e do nervo toracodorsal em 9 (12%).

Saleh et al.²⁷, em 2012, dissecam 33 membros superiores. Em 82% o nervo subescapular inferior se origina do fascículo posterior; em 15% do nervo axilar e em 3% do nervo toracodorsal.

Chen et al.²⁸, em 2013, estudam 33 plexos braquiais. O nervo subescapular inferior se origina como um único nervo em 30 plexos (90,9%) e como dois nervos independentes em três plexos (9,1%). Sete nervos (19,4%) têm origem em um tronco comum com o nervo toracodorsal e seis em um tronco comum com o nervo axilar. Considerando os 36 nervos subescapulares inferiores identificados: em 31 (86,1%) há um ramo para o músculo subescapular e um para o músculo redondo maior; dois ramos para o músculo subescapular e um ramo para o músculo redondo maior em três (8,3%); três ramos para o músculo subescapular e um para o músculo redondo maior em um caso (2,8%); um ramo para o músculo subescapular, um para o músculo redondo maior e um para o músculo latíssimo do dorso em um caso (2,8%). Considerando as 33 extremidades, o nervo subescapular inferior é oriundo de C5, C6 e C7 em 32 (97%), de C5 e C6 em uma (3%). Fascículos de C7 ocupavam 40,5% da área seccional do nervo, variando individualmente de 0% a 76,8%. Fascículos de C5 e C6 representam 59,5% (52,5-76,5%), variando individualmente de 23,2% a 100%. A porcentagem da contribuição de C7 é estatisticamente menor que a de C5 e C6.

Bhosale e Havaladar²⁹, em 2014, dissecam 40 plexos braquiais. No membro superior esquerdo, o nervo subescapular inferior se origina do nervo

axilar em 60%, do fascículo posterior em 35% e de um tronco comum com o nervo axilar e toracodorsal em 5%.

Leschinger et al.³⁰, em 2017, dissecam 20 cadáveres e observam que o nervo subescapular inferior se origina do fascículo posterior em 70%, do nervo axilar em 20% e do nervo toracodorsal em 10%.

Sager et al.³¹, em 2019, dissecam 20 ombros. O nervo subescapular inferior se origina do fascículo posterior em 85% e do nervo axilar em 15%. Os autores observam que, na rotação interna do ombro, esse nervo fica mais próximo da articulação glenoumeral.

3.2 Anatomia do nervo axilar - Ramo motor do músculo redondo menor (Anexo B)

Zhao et al.³², em 2001, dissecam 40 ombros. Os autores descrevem que o nervo axilar pode ser dividido em três segmentos: proximal ao músculo subescapular, anterior ao músculo subescapular e distal ao músculo subescapular. Observam ainda que entre a origem do nervo axilar e a borda superior do músculo subescapular, o nervo axilar é um tronco único, enquanto na borda inferior do músculo subescapular, dois grupos de fascículos do nervo axilar podem ser identificados: um medial e um lateral. Relatam que esses grupos ainda não se dividiram em divisões, mas são distintos e separados por tecido perineural 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 divide-se em dois: divisão anterior (continuação do grupo de fascículos laterais) e divisão posterior (continuação do grupo de fascículos mediais). Os autores observam que todos os ramos para o músculo redondo menor e o nervo cutâneo superior lateral do braço têm origem da divisão posterior (oriundo do grupo fascicular medial). O ramo do músculo redondo menor tem origem no nível da borda inferior desse músculo.

Ball et al.³³, em 2003, dissecam 19 membros superiores com o objetivo de estudar a divisão posterior do nervo axilar. As divisões têm origem anterior à da cabeça longa do tríceps na posição de 6h em relação à glenoide. 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. A divisão posterior do nervo axilar tem um comprimento médio de 10 mm (2-17 mm). Não há ramos articulares com origem na divisão posterior. O nervo para o músculo redondo menor e o nervo cutâneo superior lateral do braço se originam da divisão posterior do nervo axilar em todos os casos, na topografia da borda lateral da cabeça longa do tríceps na sua origem. O comprimento médio do ramo para o músculo redondo menor é de 18 mm (11-25 mm).

Tubbs et al.³⁴, em 2005, estudam 30 membros superiores. O nervo dá origem a seus ramos musculares (para os músculos redondo menor e deltoide) dentro do espaço quadrangular em 10 casos (33%) e posterior ao espaço quadrangular em 20 casos (66%).

Bertelli et al.³⁵, em 2007, dissecam 20 axilas e observam que o diâmetro médio da divisão anterior do nervo axilar é 2,9 mm (1,7-3,5 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 medialmente e em contato próximo com o tendão da cabeça longa do tríceps. Sua entrada no músculo está localizada no terço proximal e face anterior do músculo redondo menor. O diâmetro médio do ramo para o músculo redondo menor é de 2,2 mm (1,2-4 mm).

Uz et al.³⁶, em 2007, dissecam 30 ombros e observam que, em todos os casos, o primeiro ramo muscular da divisão posterior do nervo axilar é para o músculo redondo menor, acima da borda inferior desse músculo. Esse ramo muscular tem o formato de um gancho, que se curva imediatamente para inervar o músculo após sua origem na divisão posterior. Em 10 casos (33,3%) um ramo articular se origina da divisão posterior do nervo axilar.

Loukas et al.³⁷, em 2009, estudam o nervo axilar em 100 dissecções. Ele dá origem às divisões anterior e posterior dentro do espaço quadrangular em 65% e dentro do 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 100% dos casos. O comprimento médio do ramo do músculo redondo menor é de 2,12 cm (1,0-2,87 cm).

Friend et al.³⁸, em 2010, dissecam nove ombros. O comprimento médio do nervo axilar da sua origem no fascículo posterior até sua bifurcação é de 51 mm (31 mm-69 mm); o diâmetro médio do ramo para o músculo redondo menor é de 3 mm (1-4 mm), o comprimento total do ramo para esse músculo é de 35 mm (17-62 mm) e o número médio de seus ramos terminais é 2 (1-4).

Stecco et al.³⁹, em 2010, estudam 16 ombros. O diâmetro médio do nervo axilar é 0,57 +- 0,44 cm, da sua divisão anterior 0,4 +- 0,33 cm, da divisão posterior 0,33 +- 0,20 cm e o ramo do músculo redondo menor 0,24 +-0,23 cm. Três diferentes padrões de nervo axilar são identificados e a principal diferença entre eles é o ramo do músculo redondo menor. No tipo A, ele se origina do tronco principal do nervo axilar; no tipo B, da divisão posterior e no tipo C, 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 e a origem no ramo do músculo redondo menor é 3,10 +-0,97 cm e a distância média da origem do ramo do músculo redondo menor ao ponto em que o axilar se divide em divisões posterior e anterior é 1,75 +-0,78 cm. No tipo B, a distância média entre o ponto de subdivisão do nervo axilar e a origem do ramo do músculo redondo menor é 1,91 +-0,43 cm.

Bertelli et al.⁴⁰, em 2011, realizam 20 disseções por via de acesso axilar. Ao longo da margem lateral do músculo subescapular, o nervo axilar se divide em divisões anterior e posterior. Em uma distância média de 12,7 +- 2 mm distalmente à sua origem, a divisão posterior do nervo axilar dá origem ao 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 mm +- 2,4 mm distalmente à emergência do ramo para o músculo redondo menor. A divisão posterior do nervo axilar termina como nervo cutâneo lateral superior do braço. Em nenhum caso o ramo cutâneo emerge do ramo para o músculo redondo menor. O ramo para o músculo redondo menor apresenta comprimento médio de 18 mm +- 5 mm e diâmetro médio é de 2,55 mm +- 0,7 mm. Ele está

localizado em contato próximo com a cabeça longa do tríceps e à margem lateral do músculo subescapular e entra no músculo redondo menor pelo seu aspecto anterior ou lateral, nunca posterior. Em uma dissecação há dois ramos motores para o músculo redondo menor

Leechavengvongs et al.⁴¹, em 2015, estudam 129 membros superiores. O nervo axilar dá origem a suas divisões anterior e posterior dentro do espaço quadrangular em todos os casos. A divisão posterior está localizada mais superficialmente que a anterior. O comprimento médio da borda lateral do acrômio à bifurcação do nervo axilar é 7,2 cm (5,2-9,3 cm). Por se tratar de um estudo direcionado apenas aos ramos motores para o músculo deltoide, os autores não fazem referência ao ramo do músculo redondo menor.

Gurushantappa e Kuppasad⁴², em 2015, estudam 50 ombros. Em todas as dissecações, o ramo para o músculo redondo menor se origina da divisão posterior do nervo axilar. A origem das divisões anterior e posterior ocorre no espaço quadrangular em 88% e abaixo do músculo deltoide em 12%.

Uluer et al.⁴³, em 2015, estudam o ombro de 35 fetos. É observado que o nervo axilar se divide em dois troncos que primeiramente são medial e lateral e depois posterior e anterior. O primeiro ramo da divisão posterior em todos os fetos é o ramo motor do músculo redondo menor. Após, há a saída do nervo cutâneo lateral superior do braço.

3.3 Contagem de axônios

Khair et al.⁴⁴, em 2016, realizam a contagem axonal do nervo axilar e seus ramos em 10 membros superiores. O número médio de axônios do ramo motor do músculo redondo menor é de 1116 (467-1656).

Bertelli et al.⁴⁰, em 2011, realizam a contagem de axônios em 20 ramos motores do músculo redondo menor. O número encontrado é 961 +- 204.

Não foi encontrado estudo com contagem total de axônios do nervo subescapular inferior (o único estudo que faz contagem axonal relativa a esse nervo²⁵, utiliza a contagem da contribuição de cada raiz de origem, mas não há tabela descrevendo cada amostra para que possamos observar a contagem total).

3.4 Transferências nervosas seletivas para ganho de rotação externa em pacientes com paralisia obstétrica

Foram encontrados apenas três estudos que propunham transferência nervosa seletiva para ganho da rotação externa em pacientes com paralisia obstétrica.

Sommarhem et al.⁴⁵, em 2015, propõem uma transferência seletiva do nervo acessório (XI) para o ramo motor do músculo infraespinal. A média de idade dos pacientes é 2,9 anos (variando de 18 a 57 meses). Os autores descrevem que rotação externa clinicamente significativa foi atingida em todos os casos.

Grahn et al.⁴⁶, em 2020, publicam um estudo com 14 casos de transferência do nervo acessório (XI) para o ramo motor do músculo infraespinal. A idade média no momento da cirurgia é de 2 anos (variando de 1,4 a 4,7 anos). Os autores concluem que rotação externa ativa funcionalmente significativa pode ser recuperada em pacientes que possuem rotação externa passiva livre.

Soldado⁴⁷, em 2020, descreve uma transferência nervosa dupla para ganho de rotação externa do ombro. 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. A cirurgia é realizada em crianças com 18 meses ou mais e mostra-se como uma técnica efetiva para restauração da rotação externa ativa do ombro.

4. MÉTODOS

4 MÉTODOS

Trata-se de um estudo observacional, transversal, realizado por meio de disseções em cadáveres frescos, com posterior análise de amostras histológicas dos nervos estudados.

O projeto foi aprovado pelo comitê de ensino e pesquisa do Instituto de Ortopedia e Traumatologia (IOT) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) (protocolo IOT 1166), pelo Comitê de ética e Pesquisa (1.604.845) e incluído na plataforma Brasil (**Anexo C**).

Foram realizadas 20 disseções, entre dezembro de 2017 e julho de 2018, no Serviço de Verificação de Óbito da Capital (SVOC)/ Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), após consentimento obtido do SVOC e autorização dos familiares.

A confecção das lâminas para o estudo histológico foi realizada no Laboratório de Microscopia Eletrônica do Instituto Adolfo Lutz e a contagem axonal foi realizada no Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo Esquelético (LIM 41), localizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HC-FMUSP.

Os dados do estudo foram armazenados no programa de gerenciamento de dados REDCap (HC-FMUSP)⁴⁸. O REDCap (*Research Electronic Data Capture*) é um aplicativo seguro e baseado na web, projetado para suportar a captura de dados para estudos de pesquisa, fornecendo: 1) uma interface intuitiva para validação de entrada de dados; 2) trilhas de auditoria para

rastreamento de manipulação de dados e procedimentos de exportação; 3) procedimentos automatizados de exportação para downloads de dados contínuos para pacotes estatísticos comuns e 4) procedimentos para importar dados de fontes externas.

Para a melhora da qualidade do estudo anatômico, utilizamos o "Anatomical Quality Assurance (AQUA) Checklist"⁴⁹ (**Anexo D**).

4.1 Critérios de inclusão

Não houve seleção baseada em gênero ou idade.

Cadáveres que não possuíam sinais de trauma prévio no ombro ou tórax e sem cicatrizes locais foram incluídos no estudo.

4.2 Dissecções

As dissecções foram realizadas com uso de lupa para magnificação (Zeiss 4.3) e as medidas realizadas com uso de paquímetro de precisão digital (*resolução de 0,01mm; erro de medição 0,02mm*).

Idade, peso e altura de todos os cadáveres foram registrados.

O cadáver foi colocado em posição supina com o membro superior abduzido em 90°. Foi feita incisão longitudinal na axila (**Figura 2**), com identificação do tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior (**Figura 3**).

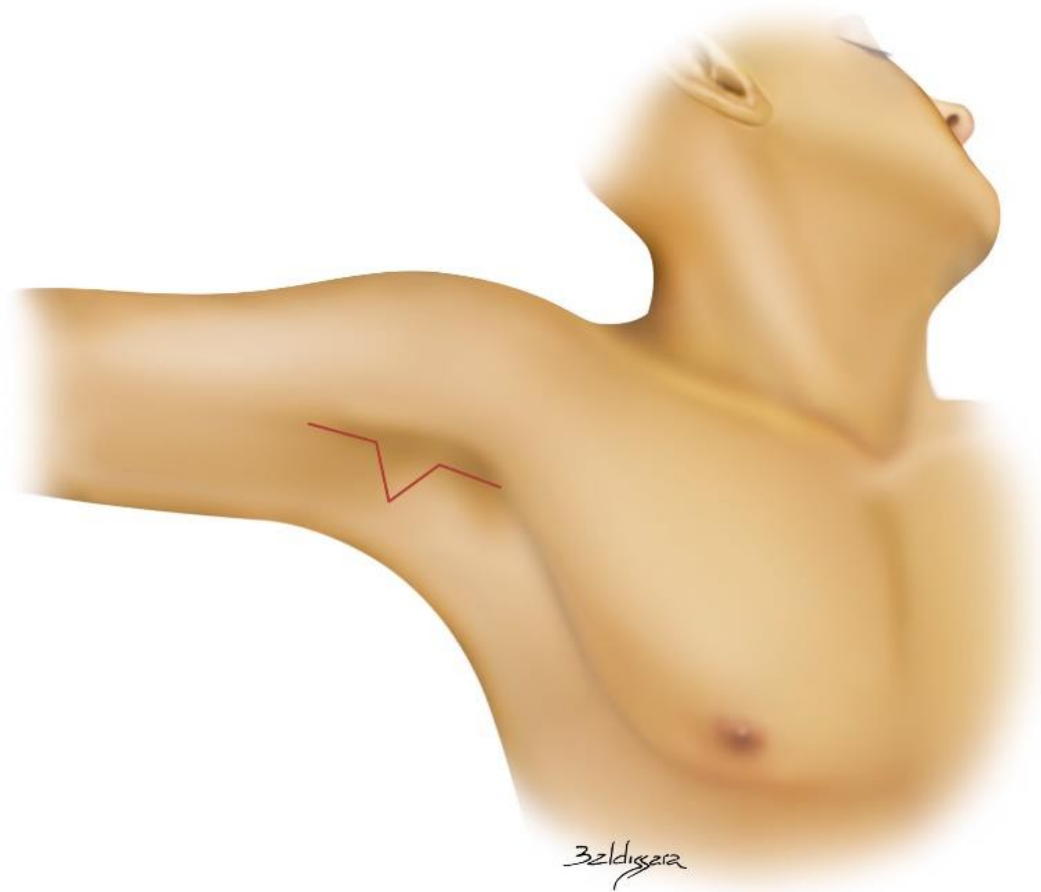


Figura 2 – Incisão longitudinal na axila

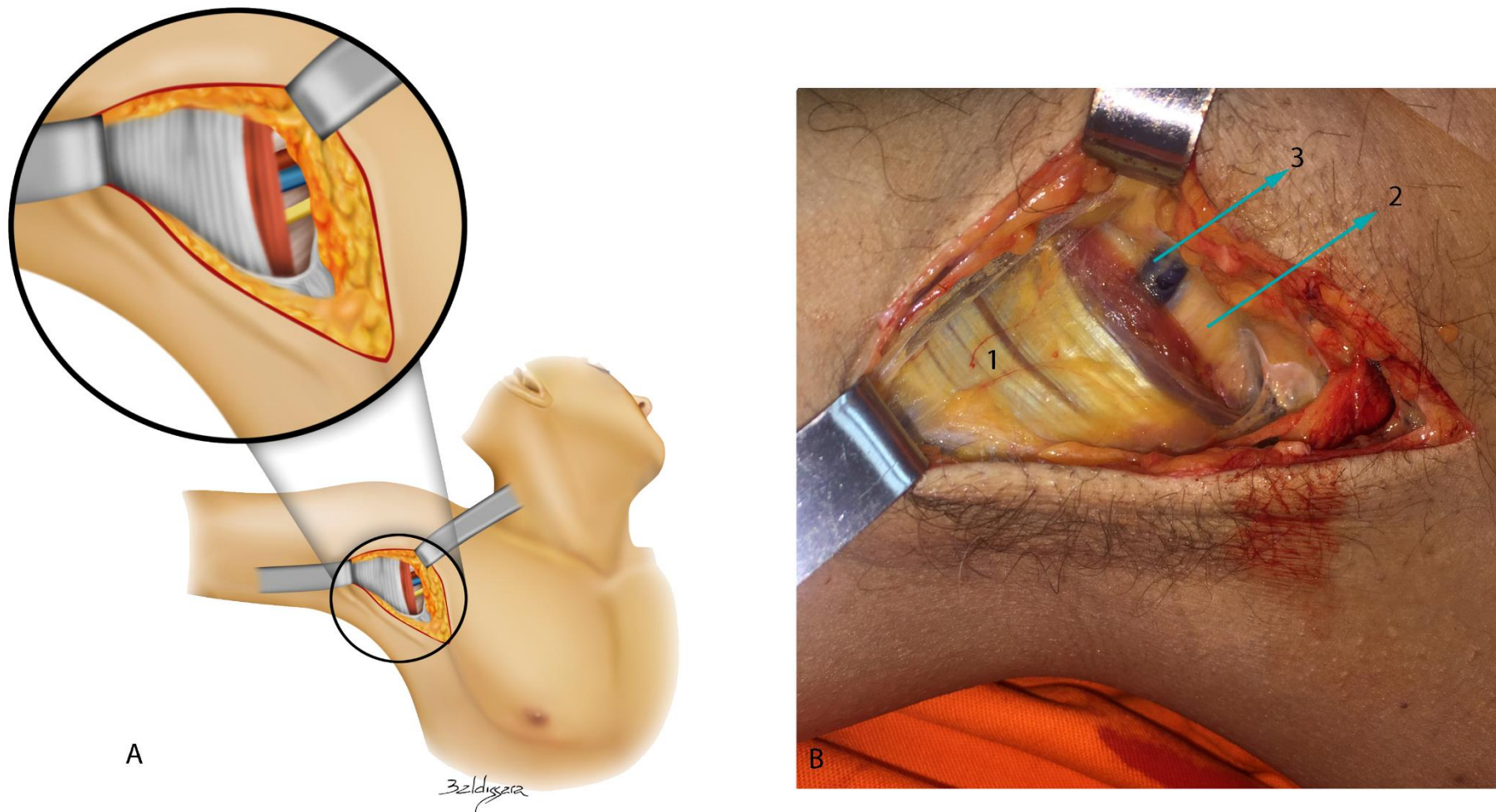


Figura 3 – Desenho esquemático (A) e foto (B) correspondente ao início da dissecação. 1- Tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior; 2 -nervo axilar; 3 Vasos circunflexos posteriores do úmero

Com o afastamento distal do tendão, houve a identificação do nervo axilar e da artéria circunflexa posterior do úmero (no espaço quadrangular).

Identificaram-se, então, as divisões anterior e posterior do nervo axilar (que nessa topografia encontram-se em posição lateral e medial, respectivamente) e o ramo motor do músculo redondo menor (**Figura 4**).

Em seguida, o nervo subescapular inferior foi localizado e dissecado. Utilizamos os vasos toracodorsais e circunflexos da escápula como pontos anatômicos de referência para descrever o local em que o nervo foi visto (**Figura 5**).

A origem do nervo subescapular inferior foi registrada (fascículo posterior, nervo axilar etc.), bem como a quantidade de ramos nervosos para o músculo subescapular e a origem de cada ramo em relação ao nervo (aspecto medial, lateral ou posterior).

O diâmetro do nervo axilar proximal à sua bifurcação, da divisão anterior, posterior e o ramo motor do músculo redondo menor, assim como o diâmetro do nervo subescapular inferior e seus ramos foram registrados.

Foram realizadas neurectomias dos ramos do nervo subescapular inferior para o músculo subescapular e em seguida esse nervo foi seccionado próximo a sua entrada no músculo redondo maior.

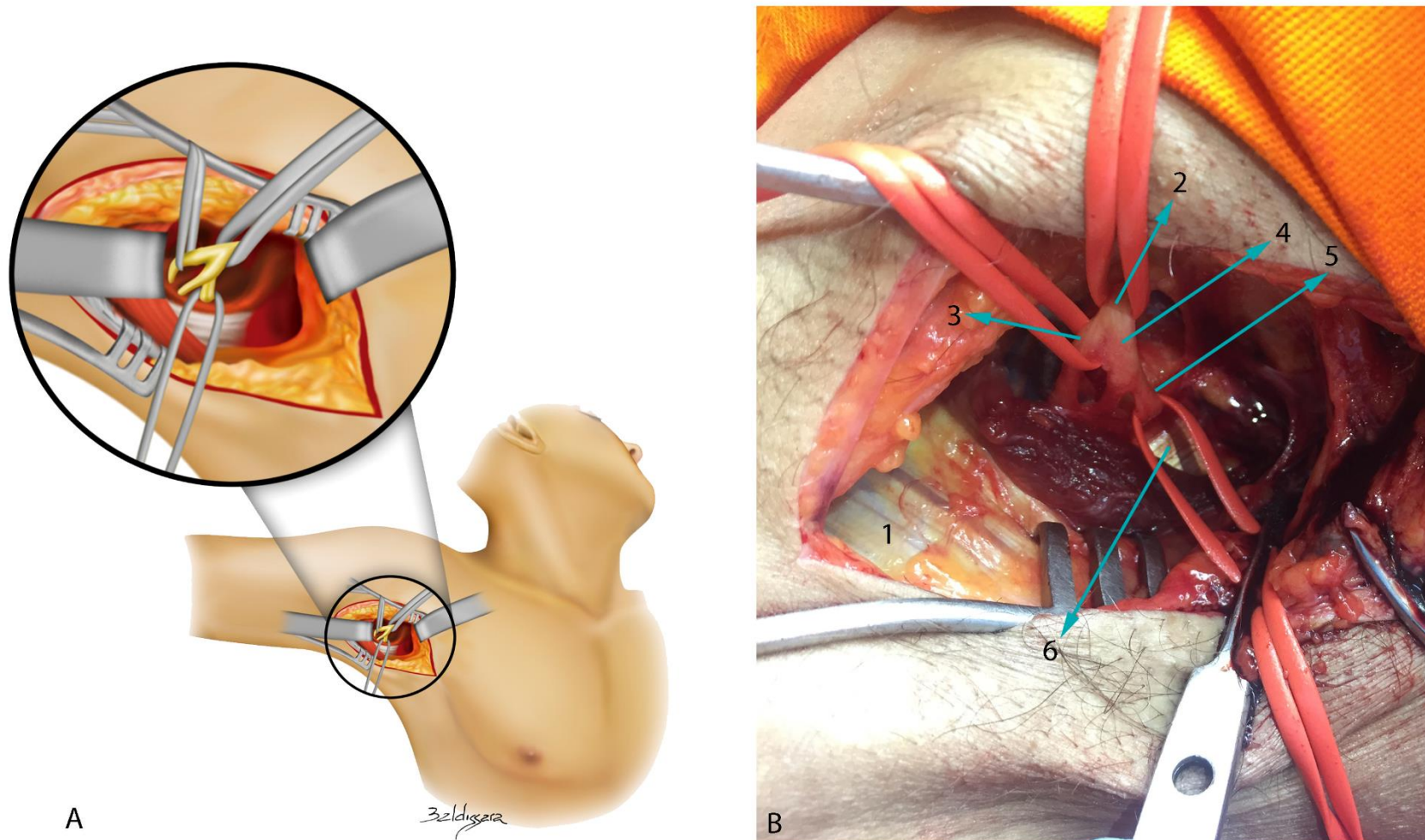


Figura 4 – Desenho esquemático (A) e foto da disseção (B) do nervo axilar. 1- tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior; 2 nervo axilar; 3 - divisão anterior do nervo axilar; 4- divisão posterior do nervo axilar; 5- ramo motor do músculo redondo menor

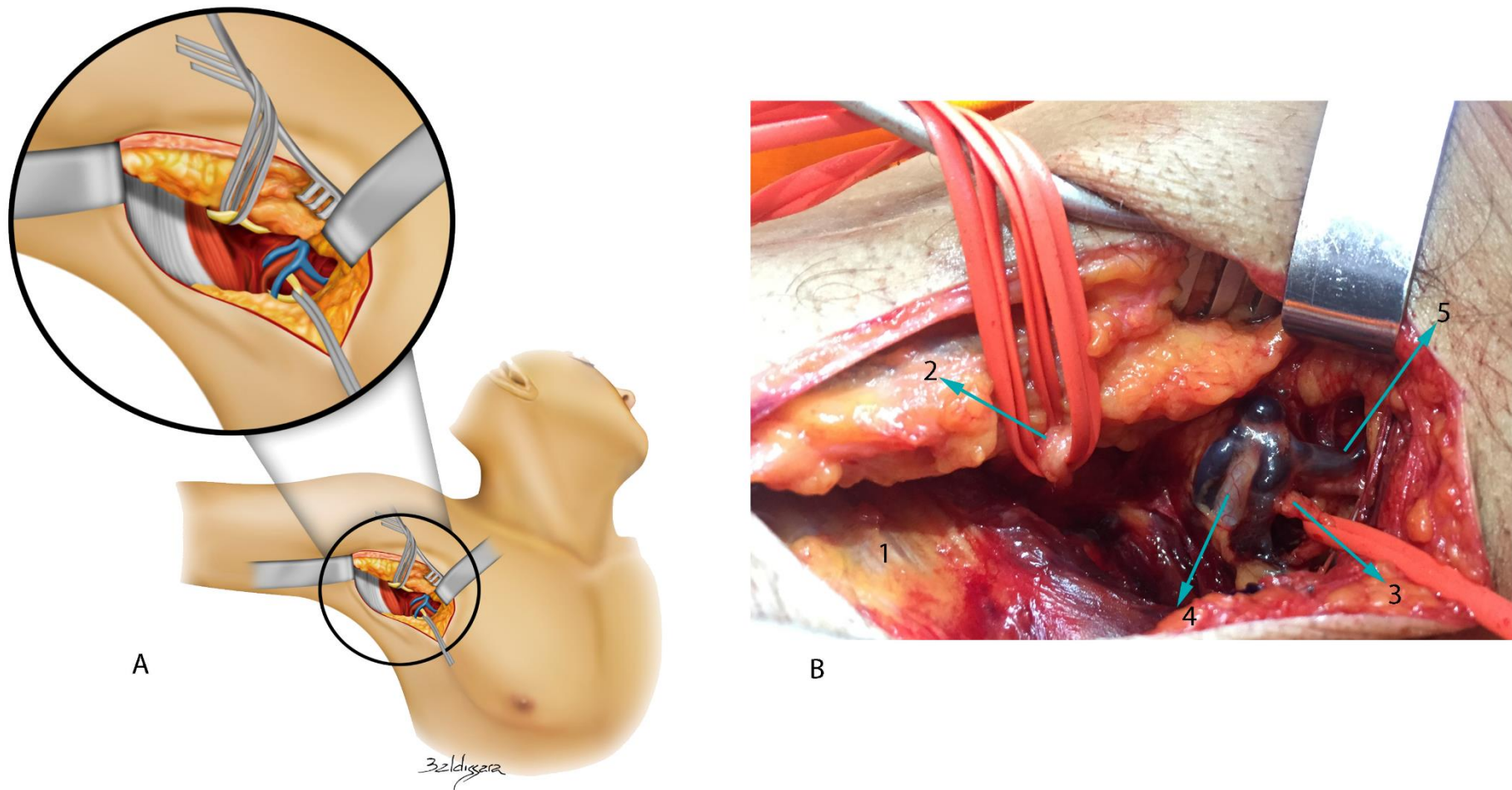


Figura 5 – Desenho esquemático (A) e foto da disseção (B), mostrando o nervo subescapular inferior localizado no intervalo entre os vasos circunflexos da escápula e os vasos toracodorsais. 1- tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior; 2- nervo axilar; 3- nervo subescapular inferior; 4- vasos circunflexos da escápula; 5- vasos toracodorsais

O nervo subescapular inferior foi então mobilizado em direção ao ramo motor do músculo redondo menor. Desta forma, pudemos averiguar se a sutura se daria sem tensão, seccionando-se o nervo receptor em seu ponto de origem, ou se haveria necessidade de dissecação intraneural proximal no nervo axilar **(Figura 6)**.

O ramo motor do músculo redondo menor foi seccionado em localização apropriada para simular uma sutura sem tensão da transferência nervosa **(Figura 7)**. Objetivando uma visualização mais clara das estruturas dissecadas nos registros fotográficos, artérias e veias subescapular, toracodorsal e circunflexa da escápula foram ligadas e seccionadas ao fim da dissecação em alguns cadáveres.

Amostras do nervo subescapular inferior e do ramo motor do músculo redondo menor foram colhidas, imersas em fixador de Karnovsky (glutaraldeído 2,5% + paraformaldeído 4% + tampão cacodilato de sódio 0,1 M, pH 7.3) e enviadas ao laboratório de microscopia eletrônica do Instituto Adolfo Lutz.

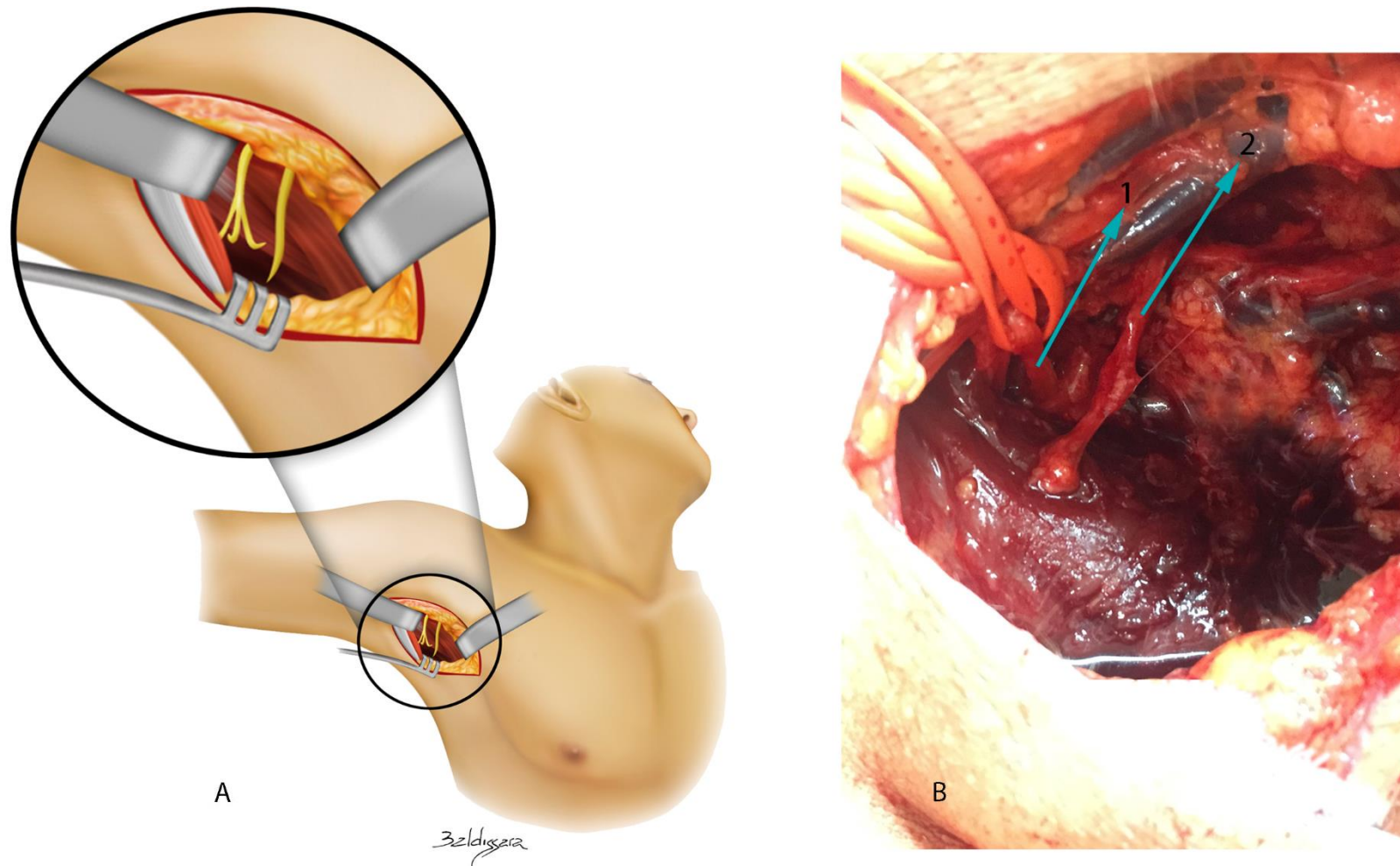


Figura 6 – Desenho esquemático (A) e foto da disseção (B) do nervo subescapular inferior seccionado na entrada do músculo redondo maior e posicionado próximo do ramo motor do músculo redondo menor. 1- ramo motor do músculo redondo menor; 2- nervo subescapular inferior

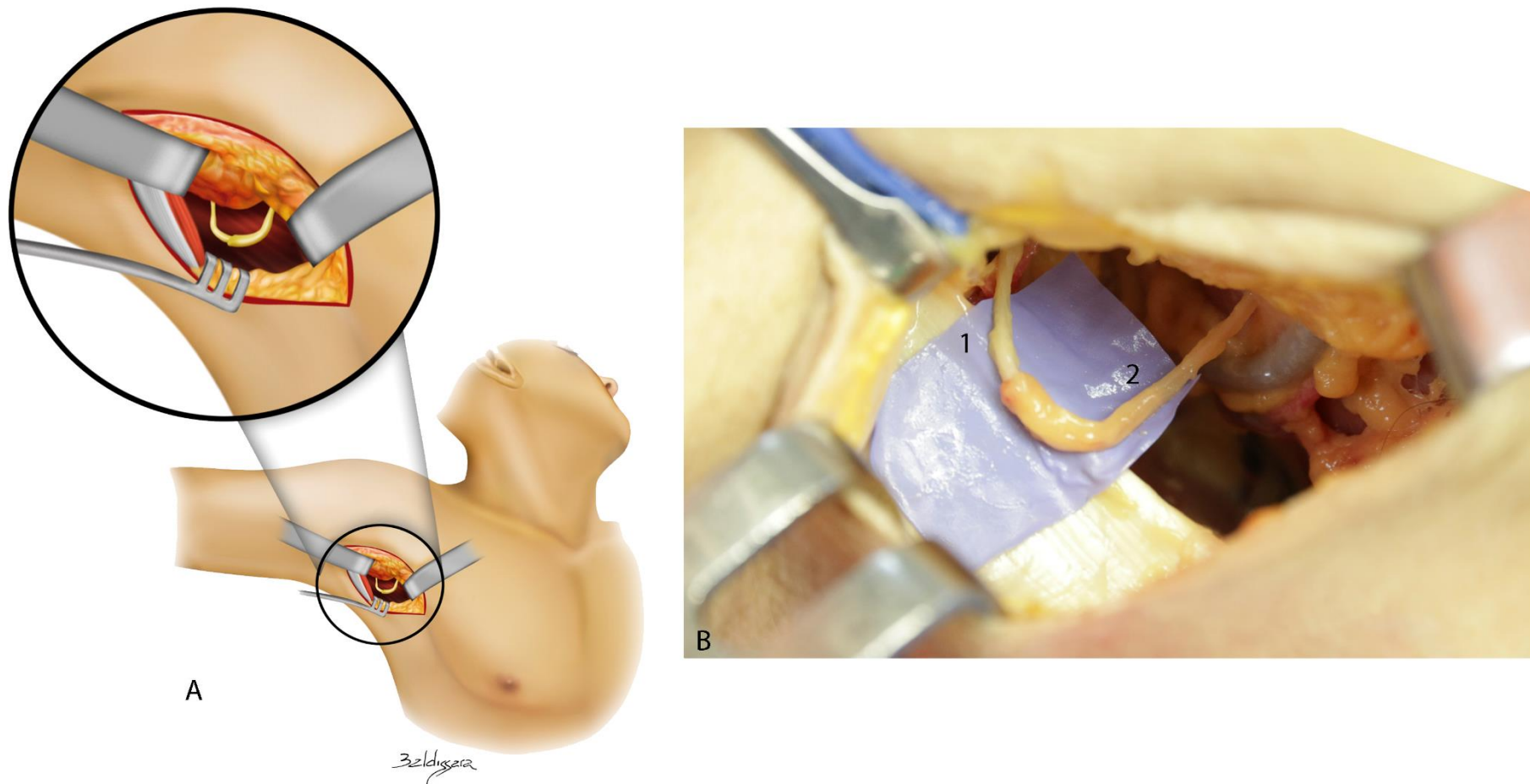


Figura 7 – Desenho esquemático (A) e foto da dissecção (B) mostrando coaptação dos nervos doador e receptor. A. Ramo motor do músculo redondo menor; B. Nervo subescapular inferior

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

1. Imediatamente após a retirada da amostra, o fragmento é imerso no Fixador de Karnovsky (glutaraldeído 2,5% + paraformaldeído 4% + tampão cacodilato de sódio 0,1 M, pH 7.3) por 1 hora;
2. Posteriormente, os fragmentos foram cortados em tamanhos menores (0,3-0,5 mm de comprimento), e colocados em um novo fixador de Karnovsky deixando o overnight à temperatura ambiente;
3. Lavados com solução de lavagem (solução de sacarose + cloreto de sódio) três vezes por 5 minutos;
4. Fixados com tetróxido de ósmio a 1% por 3 horas em constante agitação;
5. Lavados com solução de lavagem quatro vezes por 5 a 10 minutos;
6. Desidratados com acetona P.A em concentração crescente 50%, 70%, 90% por 10 minutos cada e acetona pura três vezes por 15 minutos;
7. Infiltrados com Epon-Acetona (1:1) por 3 horas com agitação;
8. Infiltrados com Epon puro overnight;

9. O material com Epon puro foi incluído em formas de silicone ou cápsulas de gelatina, polimerizados em estufa a 56° C por 72 horas;
10. Após esse período, os materiais foram retirados da estufa. Os blocos foram desbastados. Os cortes semifinos foram obtidos através do ultramicrótomo Sorvall e posteriormente foram transferidos para a lâmina de vidro e corados a quente com azul de metileno a 1%;
11. Lavados com água destilada;
12. As lâminas estão prontas para serem observadas ao Microscópio de Luz.

4.3.2 Contagem de axônios

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

As fotografias foram transferidas ao computador através de um sistema de capturas de imagem denominado EasyCap. As fibras mielinizadas foram contadas de forma manual.

4.4 Análise Estatística

Os dados foram armazenados no programa Redcap e posteriormente exportados para o software SPSS® 25 for MAC.

Dados categóricos foram descritos pela sua frequência e respectiva proporção de categorias em cada variável. Dados contínuos foram descritos pela média e seu respectivo desvio padrão e foram submetidos ao teste de normalidade, teste de Shapiro-Wilk. Uma análise de correlação de Spearman, das variáveis das medidas dos nervos, foi realizada para verificar possíveis correlações com a idade, altura e peso dos indivíduos.

O número de axônios do ramo motor do músculo redondo menor foi comparado com o número de axônios do nervo subescapular inferior com o teste t-student para amostras pareadas.

Para significância estatística foi aceito erro do tipo I menor ou igual a 0,05.

5. RESULTADOS

5 RESULTADOS

5.1 Estudo anatômico

Foram dissecadas 20 axilas de 12 cadáveres (5 mulheres e 7 homens). A idade média foi de 63,92 anos (32-97). A dissecação foi realizada 11 vezes do lado direito e nove vezes do lado esquerdo. A altura média foi de 1,67 m (1,48-1,79 m) e o peso médio foi de 57,73 kg (37-77 kg).

O diâmetro médio do nervo axilar foi de 4,04 mm (3,51-4,60 mm; dp 0,30), da divisão anterior do nervo axilar foi de 2,72 mm (2,16-2,99 mm; dp 0,22), da divisão posterior: 2,76 mm (2,28-3,71 mm; dp 0,33), do ramo motor para o músculo redondo menor: 1,91 mm (1,4-2,27 mm; dp: 0,23) e do nervo subescapular inferior: 1,90mm (1,58 -2,28 mm; dp:0,17).

As divisões anterior e posterior eram, na realidade, lateral e medial, respectivamente.

Em uma dissecação (cadáver nº 6), o nervo axilar realizava uma trifurcação ao invés de apresentar duas divisões. A divisão mais medial era o ramo motor para o redondo menor, cujo ponto de origem era semelhante às divisões anterior e posterior.

O nervo subescapular inferior enviou apenas um ramo para o músculo subescapular em 13 dissecações, dois ramos em cinco e três ramos em uma.

O diâmetro médio do ramo motor principal (ou único) originário do nervo subescapular inferior foi de 1,22 mm (0,87-1,74; dp 0,27). O diâmetro médio do segundo ramo motor foi 0,74 mm (0,40-1,04 mm) e o diâmetro do terceiro ramo

motor, visto no cadáver nº 2, foi de 0,56 mm. Em todas as dissecções o ramo principal teve origem no aspecto medial do nervo subescapular inferior e, nos casos em que houve mais de um ramo, o ramo principal foi sempre o de localização mais distal (**Tabela 1**).

Tabela 1 – Diâmetro do nervo subescapular inferior e seus ramos (em mm) e de qual aspecto do nervo os ramos adicionais se originavam (o ramo principal se originou todas as vezes do aspecto medial do nervo subescapular inferior)

Dissecção nº	Cadáver nº	Nervo subescapular inferior	Ramo principal (ou único)	Segundo ramo motor	Terceiro ramo motor
1	1	1,83	1,10		
2	2	1,58	1,13	0,57 - lateral	0,56 - medial
3	3	1,85	1,07		
4	3	1,78	1,11	0,6 - lateral	
5	4	1,80	1,32		
6	4	2,00	1,70	0,84 - lateral	
7	5	1,77	1,72		
8	5	2,06	0,87		
9	6	1,68	1,00		
10	7	1,80	1,43		
11	7	2,12	1,21		
12	8	1,92	1,74		
13	8	1,77	1,41		
14	9	2,02	0,9	0,4 - medial	
15	9	1,96	1,0		
16	10	2,28	1,27	1,04 - lateral	
17	11	2,08	1,02		

continua

continuação

Dissecção nº	Cadáver nº	Nervo subescapular inferior	Ramo principal (ou único)	Segundo ramo motor	Terceiro ramo motor
18	11	1,97	1,06		
19	12	1,97	1,43	1 - medial	
20	12	1,85	0,9		

conclusão

O nervo subescapular inferior se originou do fascículo posterior em 12 axilas, em quatro do nervo axilar e em quatro de um tronco comum para o nervo axilar, nervo subescapular inferior e nervo toracodorsal (**Figura 8**).

Em todos os casos, o nervo subescapular inferior foi encontrado no intervalo entre os vasos toracodorsais e circunflexos da escápula (**Figura 5**), passando na superfície anterior do músculo subescapular. Nos cadáveres nº 7 e 8, em que bilateralmente a origem foi no nervo axilar, o nervo subescapular inferior, apesar de também encontrado no intervalo citado, estava mais próximo (quase posterior) aos vasos circunflexos da escápula (especificamente à veia medial).

Em três axilas (dissecções nº 10, 14 e 15; cadáveres nº 7 e 9) foi observada uma comunicação nervosa transversa entre o nervo subescapular inferior e o nervo axilar (**Figura 9**).

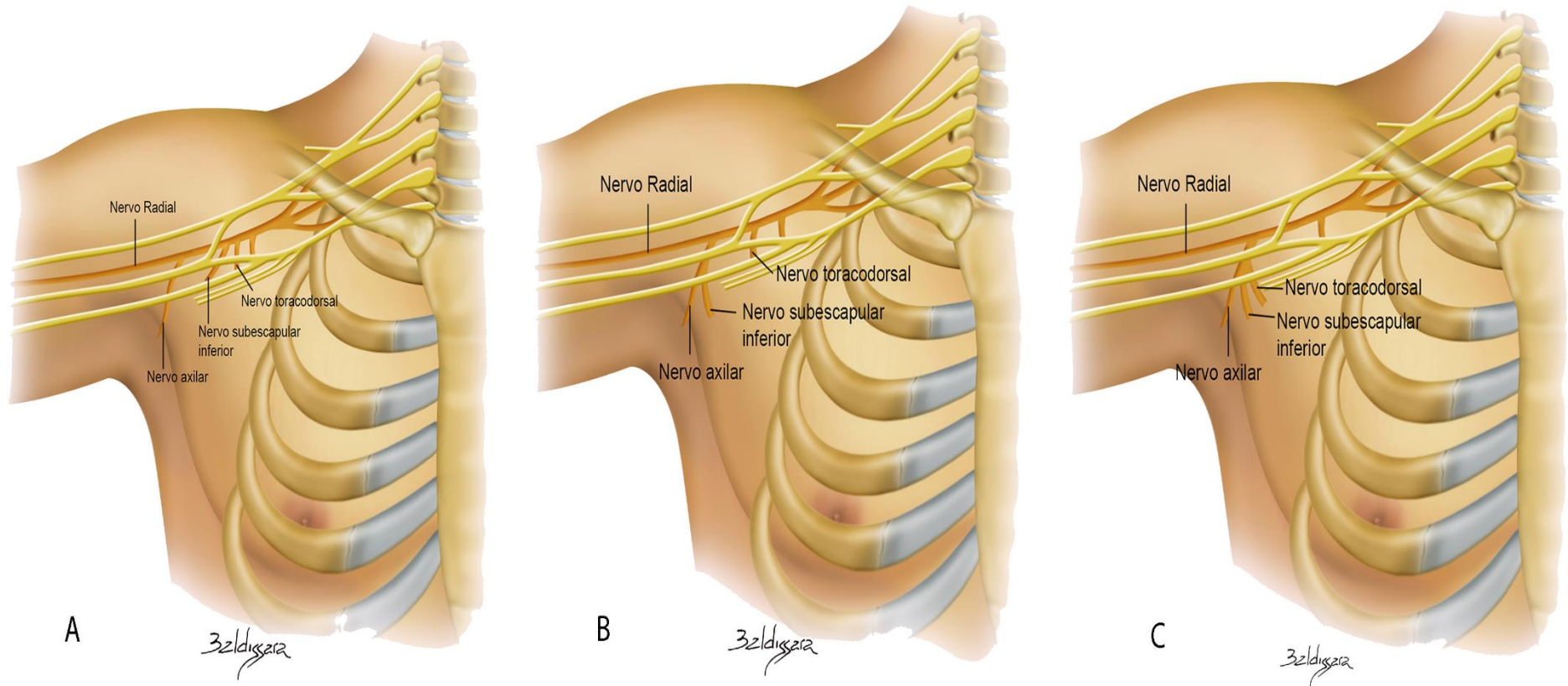


Figura 8 – Origem do nervo subescapular inferior. A- Origem no fascículo posterior; B- Origem no nervo axilar; C- origem em um tronco comum com os nervos axilar e toracodorsal

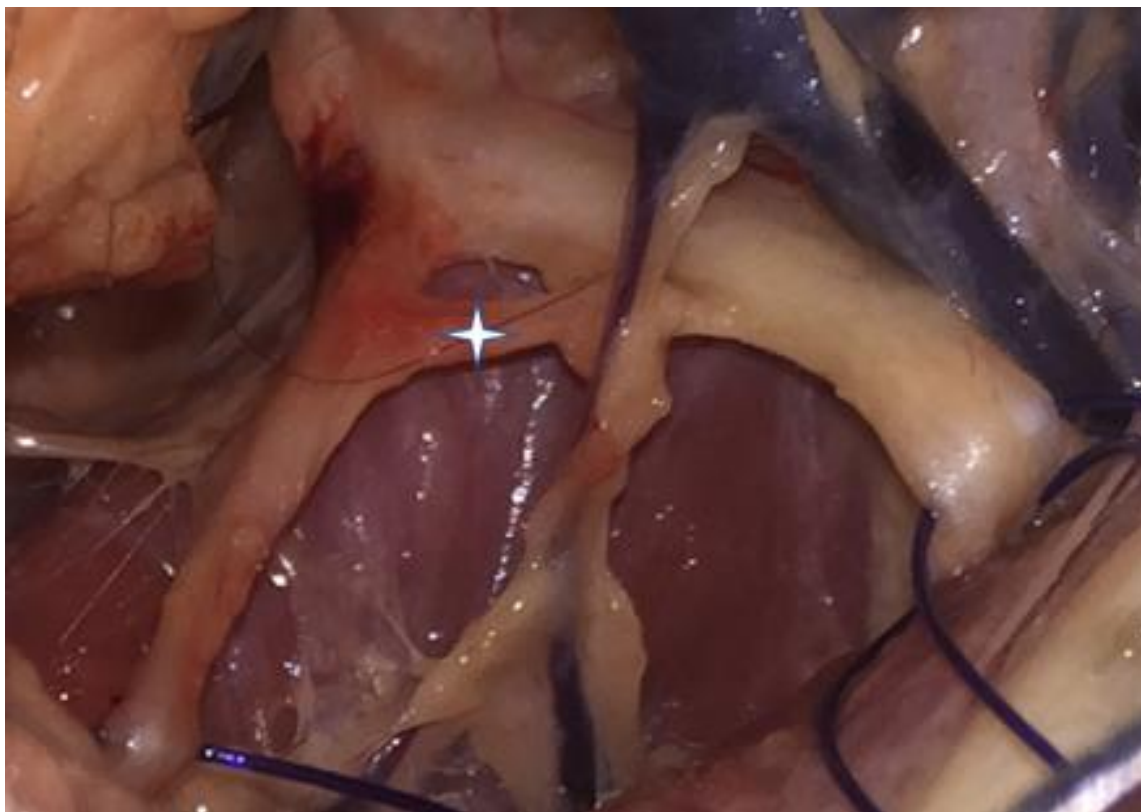


Figura 9 – Foto da disseção nº 11. Comunicação entre o nervo subescapular inferior e o nervo axilar

Em todas as disseções, a coaptação entre os nervos doador (subescapular inferior) e receptor (ramo motor do músculo redondo menor) foi possível sem tensão.

Os dados de cada disseção podem ser vistos na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Baseline

Dissecção n°	Cadáver n°	Idade	Lado	Altura (m)	Peso (kg)	Gênero*	diâmetro nervo axilar (mm)	Diâmetro divisão anterior (mm)	Diâmetro divisão posterior	Diâmetro divisão posterior	origem nervo subescapular inferior	diâmetro nervo subescapular inferior
1	1	66	Direito	1,6	74	M	3,96	2,64	2,38	1,72	fascículo posterior	1,83
2	2	32	Direito	1,72	58,2	F	4,08	2,44	2,28	1,40	fascículo posterior	1,58
3	3	54	Esquerdo	1,68	47,800	M	3,92	2,51	2,49	1,86	fascículo posterior	1,85
4	3	54	Direito	1,68	47,800	M	3,51	2,66	2,42	1,47	fascículo posterior	1,78
5	4	61	Direito	1,76	77	M	3,55	2,83	2,65	1,99	tronco comum para os nervos axilar, subescapular inferior e toracodorsal	1,80
6	4	61	Esquerdo	1,76	77	M	4,05	2,81	2,45	1,99	tronco comum para os nervos axilar, subescapular inferior e toracodorsal	2,00
7	5	58	Direito	1,68	52	F	4,00	2,52	2,49	2,08	fascículo posterior	1,77
8	5	58	Esquerdo	1,68	52	F	3,80	2,88	2,74	2,14	fascículo posterior	2,06
9	6	97	Esquerdo	1,48	47	F	3,57	2,81	3,21	1,86	fascículo posterior	1,68
10	7	62	Direito	1,66	61,400	F	4,14	2,65	3,08	2,06	nervo axilar	1,80
11	7	62	Esquerdo	1,66	61,400	F	4,13	2,99	2,86	1,85	nervo axilar	2,12
12	8	61	Esquerdo	1,79	61,800	M	4,27	2,81	2,71	1,52	nervo axilar	1,92
13	8	61	Direito	1,79	61,800	M	4,60	2,83	2,80	1,83	tronco comum para os nervos axilar, subescapular inferior e toracodorsal	1,77
14	9	56	Esquerdo	1,73	55,800	M	4,4	2,98	3,06	1,98	nervo axilar	2,02

continua

Resultados

Dissecção nº	Cadáver nº	Idade	Lado	Altura (m)t	Peso (kg)t	Gênero*	diâmetro nervo axilar (mm)	Diâmetro divisão anterior (mm)	Diâmetro divisão posterior	Diâmetro divisão posterior	<i>continuação</i>	
											origem nervo subescapular inferior	diâmetro nervo subescapular inferior
15	9	56	Direito	1,73	55,800	M	4,54	2,88	2,90	2,02	tronco comum para os nervos axilar, subescapular inferior e toracodorsal	1,96
16	10	74	Direito	1,67	57,800	M	4,02	2,4	3,71	2,04	fascículo posterior	2,28
17	11	67	Direito	1,65	63	M	3,97	2,97	2,83	2,27	fascículo posterior	2,08
18	11	67	Esquerdo	1,65	63	M	3,95	2,86	2,75	2,07	fascículo posterior	1,97
19	12	79	Direito	1,62	37	F	4,37	2,16	2,68	2,08	fascículo posterior	1,97
20	12	79	Esquerdo	1,62	37	F	3,95	2,84	2,67	2,00	fascículo posterior	1,85

conclusão

*F: Feminino; M: Masculino

5.2 Contagem de axônios

A contagem de axônios foi feita nas amostras de 19 dissecções, pois houve problema com a confecção das lâminas da dissecção nº 15. A **Figura 10** mostra um exemplo de imagem da lâmina, com aumento de 400 vezes.

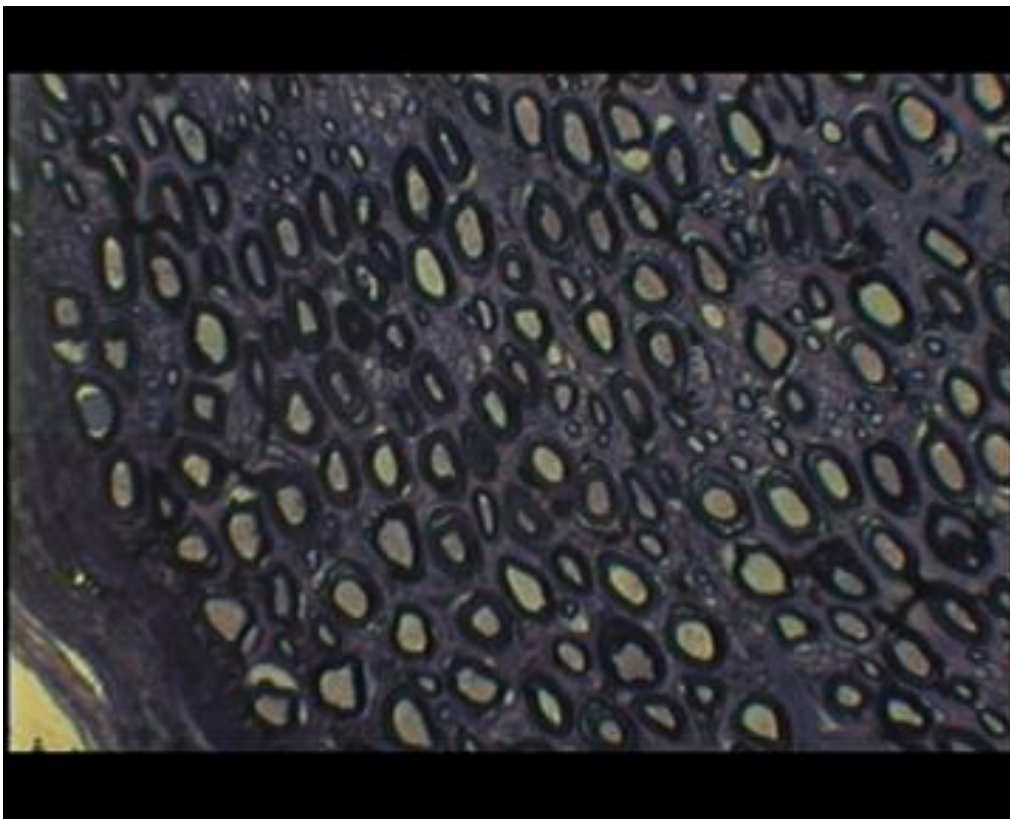


Figura 10 – Exemplo de lâmina utilizada para contagem das fibras nervosas

Houve grande variação do número de fibras nos dois nervos avaliados. Para o ramo motor do músculo redondo menor a média foi de 610,47 (281-970; dp 186,07), para o nervo subescapular inferior, a média foi de 509,37 (167-787; dp 190,68). Os números de axônio de cada amostra podem ser visualizados na **Tabela 3**.

Não houve correlação entre as medidas dos nervos e a idade, altura e peso, $p > 0,05$. Não há diferença entre os gêneros nas medidas dos nervos, $p > 0,05$.

Não há diferença estaticamente significativa entre o número de axônios do ramo nervoso para o músculo redondo menor e o nervo subescapular inferior.

Tabela 3 – Contagem de axônios

Dissecção nº	cadáver nº	axônio redondo menor	axônios nervo subescapular inferior
1	1	535	779
2	2	586	544
3	3	883	524
4	3	575	686
5	4	675	674
6	4	777	787
7	5	814	408
8	5	475	288
9	6	752	482
10	7	601	249
11	7	281	769
12	8	480	167
13	8	715	322
14	9	400	720
15	9	-	-
16	10	486	549
17	11	757	501
18	11	970	528
19	12	352	368
20	12	485	333

6. DISCUSSÃO

6 DISCUSSÃO

6.1 Anatomia

O nervo subescapular inferior foi constante em todas as dissecções, assim como relatado nos estudos anatômicos encontrados²²⁻³⁴. Seu diâmetro médio foi de 1,9 mm, mesma medida encontrada por **Tubbs et al.**²³. Outro estudo realizado por **Tubbs et al.**²¹ apresenta, como diâmetro médio, o valor de 2,3 mm.

A origem do nervo subescapular inferior foi do fascículo posterior em 12 dissecções (60%), do nervo axilar em 4 (20%) e um do tronco comum com nervo axilar e nervo toracodorsal em 4 (20%). Diferentemente de outros estudos^{20,22,24,26,27,30}, não tivemos nenhum nervo subescapular inferior com origem no nervo toracodorsal. Na maioria dos estudos encontrados, assim como no nosso trabalho, o nervo subescapular inferior se originou com maior frequência do fascículo posterior. Já em alguns outros estudos, a origem mais frequente foi o nervo axilar^{20,22,26}. A origem do nervo subescapular inferior encontrada em cada estudo pode ser vista no **Anexo A**.

Após sua origem, o nervo subescapular inferior se dirige distalmente na face anterior do $\frac{1}{3}$ lateral do músculo subescapular, envia ramo motor (um ou mais) para esse músculo e sua porção terminal irá inervar o músculo redondo maior.

Em relação aos ramos do nervo subescapular inferior, o ramo principal (que foi o único em 13 casos - 65%), teve diâmetro médio de 1,22 mm, o segundo ramo, presente em seis casos, teve diâmetro médio de 0,74 mm e o terceiro

ramo, presente em um caso, teve diâmetro de 0,56 mm. **Yung et al.**¹⁹ observam ramos de 1 a 1,5 mm para o músculo subescapular. No trabalho de **Chen et al.**²⁸, a maioria dos casos (86%) também apresentou apenas um ramo nervoso para o músculo subescapular.

Kim et al.²⁵ observam que o nervo subescapular inferior se origina de C5, C6 e C7 em 76,9% e de C6 e C7 em 23,1% dos casos. **Chen et al.**²⁸ observam que o nervo subescapular inferior é oriundo de C5, C6 e C7 em 97% e de C5 e C6 em 3%, que os fascículos de C7 ocupam 40,5% da área seccional do nervo, variando individualmente de 0% a 76,8% e os fascículos de C5 e C6 59,5% (52,5-76,5%), variando individualmente de 23,2% a 100%. De acordo com esses achados, a transferência proposta não é, em princípio, indicada em pacientes com lesões do tipo "Erb-estendida" (C5-C7), uma vez que nesses casos espera-se também que ocorra deficit do nervo doador (nervo subescapular inferior). Entretanto, uma avaliação com estimulação nervosa intraoperatória é sempre benéfica para definir se há possibilidade ou não da realização do procedimento. O sistema nervoso infantil possui grande plasticidade e um nervo que esperadamente estaria paralisado pode apresentar-se funcional. **Slooff**⁵⁰, por exemplo, documenta a inervação do deltoide e do bíceps vinda de C7 na presença de avulsão de C5 e C6.

De forma sistemática, o nervo subescapular inferior foi encontrado no intervalo entre a artéria circunflexa da escápula e a artéria toracodorsal. Observamos que essa referência anatômica foi constante e pode ser de grande valia para rápida localização do nervo no intraoperatório.

Tubbs et al.²¹ apontam que o nervo subescapular inferior pode ser localizado em um triângulo previamente descrito por eles⁵¹. O ápex do triângulo

é formado pelo processo coracoide, a borda medial pela margem lateral do músculo peitoral medial, a borda lateral pela margem medial do músculo coracobraquial e a base pela terceira porção da artéria axilar.

Para identificar o nervo subescapular inferior no estudo de **Tubbs et al.**²¹, foi utilizada uma via anterior infraclavicular, com necessidade de realizar transecção e afastamento do músculo peitoral maior. O autor cita ainda, em outro estudo no qual a mesma via foi utilizada⁵², que o nervo axilar pode ser difícil de ser localizado, devido ao seu trajeto profundo e sua localização posterior, não apenas em relação aos fascículos medial e lateral do plexo braquial, mas também em relação à artéria e veia axilares.

Na via utilizada em nosso trabalho, não há necessidade de se realizar transecção de nenhum músculo e os nervos estudados foram achados de forma prática e facilmente reproduzível. Além disso, para os pacientes com déficit neurológico que seriam beneficiados com a cirurgia proposta, deseja-se que a abordagem seja a menos agressiva possível em relação à musculatura remanescente.

Para a localização do nervo axilar, o primeiro passo necessário após a incisão axilar é a visualização do tendão conjunto dos músculos latíssimo do dorso e redondo maior. Após identificação do tendão conjunto, ele deve ser afastado para lateral (ou distalmente em relação ao membro superior). Dessa forma, é possível a identificação do nervo axilar e dos vasos circunflexos posteriores do úmero entrando no espaço quadrangular. O nervo axilar é então isolado por meio de um vessel loop. Apesar de notarmos a presença de um tecido conectivo frouxo unindo todo o nervo, as divisões são claramente identificáveis e podem ser facilmente dissecadas, mas percebemos que nesta

topografia se comportam como medial e lateral e não posterior e anterior, respectivamente. Outros autores também descrevem esses "troncos" ou "grupos" lateral e medial que continuarão como divisão anterior e posterior, respectivamente^{32,33,43}.

O ramo motor para o músculo redondo menor foi sempre localizado na mesma topografia: oriundo da divisão posterior do nervo axilar ou se originando juntamente com as divisões, causando a impressão de uma trifurcação (divisão anterior, divisão posterior como central e ramo para o redondo menor como uma divisão mais posteromedial). Sempre foi a estrutura localizada mais medialmente.

Diversos estudos apontam esta anatomia como constante, com o ramo motor do músculo redondo menor se originando da divisão posterior do nervo axilar^{32,33,35-37,40,42,43}.

Stecco et al.³⁹ observam que o ramo motor do músculo redondo menor se origina do tronco principal do nervo axilar ou da divisão posterior. Outra possibilidade é a origem do tronco principal, mas fornecendo também ramo motor para a porção posterior do deltoide.

O tronco principal do nervo axilar teve diâmetro médio de 4,04 mm, a divisão anterior 2,72 mm, a divisão posterior 2,76 mm e o ramo para o músculo redondo menor 1,91 mm. **Bertelli et al.**³⁵ relatam 2,9 mm para a divisão anterior e 2,2 mm para o ramo do músculo redondo menor. **Friend et al.**³⁸ apontam como 3 mm o diâmetro médio do ramo para o redondo menor. **Stecco et al.**³⁹ apresentam medidas de 5,7 mm de diâmetro para o nervo axilar, 4 mm para a divisão anterior, 3,3 mm para a posterior e 2,4 mm para o ramo do músculo

redondo menor. **Bertelli et al.**⁴⁰ observam diâmetro de 2,55 mm para o ramo motor do músculo redondo menor.

Não houve nenhuma correlação entre as medidas dos nervos e idade, altura e peso ($p>0,05$). Também não houve diferença entre os gêneros nas medidas dos nervos ($p>0,05$).

6.2 Histomorfometria

No presente estudo, realizou-se apenas contagem do número de axônios.

Foram encontrados apenas dois trabalhos que realizaram contagem do número de fibras nervosas do ramo motor para o músculo redondo menor. O trabalho desenvolvido por **Khair et al.**⁴⁴ tem como resultado 1116 (467-1656) axônios e no estudo de **Bertelli et al.**⁴⁰, número encontrado é 961 +- 204. Nossa contagem axonal identificou 610 +-186 axônios.

Sobre o método de contagem de cada estudo, ambos relatam contagem manual e nenhum cita qual o aumento utilizado.

O número de axônios encontrado em nosso trabalho foi significativamente menor. Para a contagem, utilizamos um aumento de 400 vezes e apenas as fibras com características típicas durante a observação foram computadas. Talvez este possa ser um dos motivos para a diferença dos valores.

Em relação à contagem axonal do nervo subescapular inferior (porção "terminal", destinada à inervação do músculo redondo maior), foram identificados 509 +- 190 axônios. Não encontramos na literatura estudo que tivesse realizado contagem de fibras desse nervo.

Outros estudos com foco na análise histomorfométrica mostram uma variação muito grande na contagem axonal entre eles. Como exemplo, podemos citar a contagem de axônios do nervo interósseo posterior em três diferentes publicações⁵³⁻⁵⁵. Os valores encontrados foram $745,2 \pm 193,15^3$, $5162 (4325-7732)^{54}$ e $3237,4 \pm 649,71^{55}$. **Namazi et al.**⁵⁶ encontram uma média de 32426 axônios nos ramos motores do músculo supinador. Tal valor é muito superior à contagem axonal de todo o NIP encontrada nas três publicações previamente citadas.

Podemos citar, como outro exemplo de discrepância na contagem de axônios, dois estudos que realizaram contagem axonal do ramo motor do bíceps (ramo "principal"). O estudo publicado por **Cheah et al.**⁵⁷, em 2019, identificam 882 ± 81 axônios. Já o estudo de **Schreiber et al.**⁵⁸ de 2105 identifica uma média de 1826 axônios no ramo motor do bíceps. Ambos os estudos foram publicados na mesma revista.

Cheah et al.⁵⁷ realizam, assim como no nosso estudo, uma contagem manual de todos os axônios. Os autores acreditam que uma possível causa para que suas medidas tenham sido menores seja o possível uso de métodos "semiautomáticos" por outros estudos, com contagem dos axônios em apenas uma área do nervo e multiplicando-se a medida encontrada para concluir o número total.

Os axônios não se distribuem de maneira uniforme no nervo. Assim, optando-se por esse método, há chances de que a região escolhida para a contagem seja a que apresenta menor proporção de tecido conectivo e, portanto, maior quantidade de axônios, o que acarretará um resultado superestimado.

Ele sugere que ao invés da preocupação com o número absoluto de axônios, que o foco no seu estudo seja no valor relativo entre as medidas dos nervos doadores e receptores.

Diversos estudos com ênfase no planejamento de transferências nervosas preocupam-se com a proporção entre o número de axônios do nervo doador e receptor^{44,56-60}, entretanto não há consenso na literatura sobre qual deva ser essa relação. **Schreiber et al.**⁵⁸ apontam que, idealmente, a proporção entre os axônios do nervo doador e do nervo receptor deva ser de pelo menos 0,7.

Há trabalhos que são habitualmente citados para definirem proporção de axônios doadores e receptores em transferências nervosas, como o estudo de **Tötösy de Zepetnek et al.**⁶¹ e o de **Cederna et al.**⁶². Ambos são estudos experimentais em animais e nenhum deles realizou transferências nervosas.

No estudo de **Tötösy de Zepetnek et al.**⁶¹, as fibras musculares do músculo tibial anterior de ratos são estudadas após realização de uma secção com imediata sutura do nervo fibular comum e posterior avaliação da fibra muscular. Não há qualquer dado no estudo que sugira proporção de axônios para haver compatibilidade nervosa.

No estudo de **Cederna et al.**⁶², o ramo do nervo fibular para o músculo extensor longo dos dedos foi lesado em ratos, a lesão foi suturada de duas formas diferentes a depender do grupo em que o rato estava alocado. Em um dos grupos, a sutura inclui apenas 50% aproximadamente do coto proximal e no outro grupo a neurorrafia foi realizada normalmente (utilizando todo o coto proximal). Houve um grupo controle em que não foi realizada lesão nervosa. O resultado final do grupo que utilizou "50% dos axônios" é muito inferior. Os

autores concluem que conforme o número de axônios disponíveis para reinervação foi deliberadamente reduzido, os déficits de força observados tiveram aumento significativo. Mas não há qualquer conclusão em relação a uma proporção adequada. Esse artigo é muitas vezes citado, afirmando-se que os autores observam que a relação entre o número de axônios do nervo doador e receptor de 50% ou menos gera resultados inferiores do que quando utilizada porcentagem maior, apontando que a proporção recomendada é ser maior que 50%. Entretanto, o estudo não permite tal tipo de conclusão.

No nosso trabalho, não houve diferença estatisticamente significativa entre o número de axônios do nervo doador (nervo subescapular inferior) e o nervo receptor (ramo motor do músculo redondo menor), o que denota compatibilidade.

Outro parâmetro usado de forma geral para avaliar compatibilidade é a espessura dos nervos utilizados⁴⁴. O diâmetro médio dos nervos subescapular inferior e ramo motor do músculo redondo menor foi de 1,90 mm e 1,91 mm, respectivamente.

Não se deve acreditar, no entanto, que tal avaliação da compatibilidade (proporção do número de axônios do nervo doador X receptor e nervos com tamanho próximo) seja condição *sine qua non* para uma transferência nervosa. Contrariamente ao que se foi apontado como ideal, há neurotizações que vêm sendo cada vez mais utilizadas e não seguem esses "pré-requisitos". Um exemplo é a transferência do nervo interósseo anterior (na topografia do músculo pronador quadrado) para o ramo profundo do nervo ulnar. **Rui et al.**⁶³ observam que o diâmetro médio dos nervos, em centímetros, é de 0,05 +- 0,01 e 0,09 +- 0,02 respectivamente e o número médio de axônios é de 757 +- 183 e 2913 +-

624 respectivamente. **Schenck et al.**⁶⁴ relatam que as proporções do diâmetro e do número de axônios do nervo interósseo anterior e do ramo profundo do nervo ulnar são de, respectivamente, 1:2 (50%) e 1:4,8 (aproximadamente 21%).

6.3 Transferências nervosas seletivas para ganho de rotação externa do ombro em pacientes com paralisia obstétrica

Em relação ao ganho de movimentação ativa do ombro nos pacientes com lesão do plexo braquial (tanto neonatal quanto no adulto), o nervo supraescapular é sempre um foco do tratamento. Sua reconstrução é feita seja com enxerto nervoso interposto entre ele e a parte proximal de uma raiz viável (lesão pós-ganglionar) ou com transferência nervosa, sendo que o nervo acessório (XI) é, geralmente, o nervo doador de escolha^{2,3,7}.

Apesar do nervo supraescapular inervar, além do músculo supraespinal, no músculo infraespinal, que é um rotador externo, a rotação externa observada após procedimentos neurológicos não costuma ser satisfatória. Assim como não costuma ser satisfatório o ganho da rotação externa nos pacientes que tiveram recuperação espontânea da abdução do ombro^{47,65}.

Devido a isso, alguns artigos recentes propuseram transferência nervosa seletiva para atingir rotação externa ativa do ombro⁴⁵⁻⁴⁷. Os três estudos encontrados na literatura têm como alvo crianças com mais de 18 meses que tiveram boa recuperação nervosa espontânea, com exceção do ganho ativo de rotação externa do ombro. Todos os estudos mostram boa recuperação da

rotação externa ativa, considerando que o paciente tivesse movimento passivo pré-operatório satisfatório.

Dois desses estudos propõem transferência do nervo acessório (XI) para o nervo supraescapular por via posterior, de forma seletiva para o ramo motor do músculo infraespinal^{45,46}. O terceiro estudo, além desse mesmo procedimento, propôs a transferência nervosa do ramo da cabeça longa do tríceps para o ramo motor do músculo redondo menor⁴⁷.

Nosso trabalho também teve foco na recuperação da rotação externa ativa do ombro, entretanto, diferentemente dos estudos já realizados, nossa intenção foi aplicar a transferência nervosa de forma precoce, na idade em que geralmente os procedimentos neurológicos são indicados (entre 6 e 12 meses, principalmente).

Oloffson et al.⁶⁶ realizam uma revisão da literatura sobre a deformidade glenoumeral e concluem que o desequilíbrio muscular e a consequente carga mecânica anormal sobre as estruturas ósseas podem ser aliviados pela reinervação precoce dos músculos-alvo.

Nosso objetivo foi justamente esse, uma cirurgia a ser realizada de forma precoce e preventiva e que gerasse uma diminuição do desequilíbrio muscular com a reinervação do músculo redondo menor, que é um rotador externo do ombro, utilizando-se como nervo doador o nervo subescapular inferior.

Não localizamos na literatura descrição da transferência nervosa proposta: nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor. Acreditamos tratar-se, portanto, de uma técnica nova e autêntica.

O estudo anatômico de **Tubbs et al.**²¹ observa o arco de rotação do nervo subescapular inferior para avaliação de possíveis transferências nervosas

utilizando o nervo em questão como doador. Em todos os casos, o tronco do nervo axilar na sua entrada do espaço quadrangular foi alcançado. Não há menção, entretanto, do seu uso específico para o ramo do músculo redondo menor.

Haninec et al.⁶⁷, em 2020, utilizam o nervo subescapular inferior como nervo doador para transferência nervosa de pacientes com lesão do plexo braquial. No entanto, os pacientes do estudo eram adultos com lesão pós-traumática e a transferência proposta foi a do nervo subescapular inferior para a divisão anterior do nervo axilar, ou seja, visando à recuperação da abdução (músculo deltoide) e não da rotação externa ativa do ombro.

A técnica cirúrgica proposta em nosso estudo tem como objetivo possibilitar rotação externa ativa do ombro, evitar deformidade glenoumeral e procedimentos cirúrgicos secundários e, com isso, melhorar a função e qualidade de vida dos pacientes com lesão neonatal do plexo braquial. Por ser um estudo anatômico, verificamos apenas que a técnica é viável. Será necessário um estudo clínico com a realização desse procedimento para avaliação dos resultados e da eficácia da cirurgia.

6.4 Limitações do estudo

O estudo em questão teve um número pequeno (20) de casos dissecados. Tal número foi escolhido tendo como base outros estudos anatômicos⁶⁸⁻⁷⁰.

Os cadáveres dissecados eram adultos e o estudo se propôs a descrever uma técnica cirúrgica a ser empregada em lactentes. Considerando-se que

foram utilizados cadáveres frescos, realizar disseções apenas de cadáveres com a faixa etária para a qual a técnica cirúrgica é proposta, inviabilizaria o estudo, uma vez que a taxa de mortalidade nessa faixa etária é baixa e, além disso, seria algo muito mais difícil obter a autorização da família para utilização do cadáver para estudo.

Acreditamos, no entanto, que a reprodução da técnica nos pacientes com a faixa etária a que o estudo estaria destinado não seja algo problemático. Em crianças há, inclusive, maior facilidade para o afastamento de partes moles e o fato de as estruturas serem menores não é um ponto dificultador, uma vez que tais procedimentos são realizados de forma rotineira utilizando-se lupas de magnificação e microscópio, por equipes que dominam técnicas microcirúrgicas.

7 CONCLUSÕES

7 CONCLUSÕES

A transferência nervosa do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor mostrou-se anatomicamente viável.

O número de axônios entre os nervos subescapular inferior (doador) e o ramo motor do músculo redondo menor (receptor) não apresentou diferença estatística, demonstrando compatibilidade.

8 ANEXOS

8 ANEXOS

Anexo A - Dados relevantes da revisão da literatura referente ao nervo subescapular inferior

Estudo	Nº de dissecções	Diâmetro nervo subescapular inferior	Origem nervo subescapular inferior	Diâmetro ramo subescapular inferior	Quantidade de ramos do nervo subescapular inferior	Contribuição raízes
Yung et al. ¹⁹ , 1996	11		63% fascículo posterior; 27% nervo toracodorsal; 10% nervo axilar	1,0-1,5 mm		
Fazan et al. ²⁰ , 2003	54		54% axilar; 39% fascículo posterior; 7% nervo toracodorsal			
Tubbs et al. ²¹ , 2006	47	2,3 (1,5-3,5)				
Ballesteros et al. ²² , 2007	57		31,6% fascículo posterior; 54,4% nervo axilar; 12,3% toracodorsal; 1,7% nervo radial			

continua

<i>continuação</i>						
Estudo	Nº de dissecções	Diâmetro nervo subescapular inferior	Origem nervo subescapular inferior	Diâmetro ramo subescapular inferior	Quantidade de ramos do nervo subescapular inferior	Contribuição raízes
Tubbs et al. ²³ , 2007	62	1,9 (1,1-3,1)	79% fascículo posterior; 21% nervo axilar			
Kasper et al. ²⁴ , 2008	20		65% fascículo posterior; 25% nervo axilar, 10% nervo toracodorsal			
Kim et al. ²⁵ , 2008	52					C5, C6 e C7 76,9%; C6 e C7 23,1%. O número de fibras com origem em C5 é 357.2 +/- 139.7, em C6, 1070.4 +/- 390.6, em C7, 500.0 +/- 285.4.
Muthoka et al. ²⁶ , 2011	75		57.3% nervo axilar; 16% fascículo posterior; 12% nervo toracodorsal			
Saleh et al. ²⁷ , 2012	33		82% fascículo posterior; 15% nervo axilar e 3% nervo toracodorsal			

continua

<i>continuação</i>						
Estudo	Nº de dissecções	Diâmetro nervo subescapular inferior	Origem nervo subescapular inferior	Diâmetro ramo subescapular inferior	Quantidade de ramos do nervo subescapular inferior	Contribuição raízes
Chen et al. ²⁸ , 2013	33		19,4% toracodorsal; 16,6% nervo axilar; 64% fascículo posterior		86,1% um ramo para o músculo subescapular e um ramo para o músculo redondo maior; 8,3% dois ramos para o músculo subescapular e um ramo para o músculo redondo maior; 2,8% três ramos para o músculo subescapular e um ramo para o músculo redondo maior; 2,8% um ramo para o músculo subescapular, um para o músculo redondo maior e um para o músculo latíssimo do dorso	97% C5, C6 e C7; 3% C5 e C6; Fascículos de C7 ocupam 40,5% da área seccional do nervo, variando individualmente de 0% a 76,8%. Fascículos de C5 e C6 59,5% (52,5-76,5%), variando individualmente de 23,2% a 100%.
Bhosale e Havaladar ²⁹ , 2014	40		57,5% nervo axilar; 37,5% fascículo posterior e 5% tronco comum com axilar e toracodorsal			

continua

<i>continuação</i>						
Estudo	Nº de dissecções	Diâmetro nervo subescapular inferior	Origem nervo subescapular inferior	Diâmetro ramo subescapular inferior	Quantidade de ramos do nervo subescapular inferior	Contribuição raízes
Leschinger et al. ³⁰ , 2017	20		70% fascículo posterior; 20% nervo axilar e 10% nervo toracodorsal			

conclusão

Anexo B – Dados relevantes da revisão da literatura referente ao nervo axilar

Estudo	Nº de dissecções	Diâmetro nervo axilar	Diâmetro divisão anterior	Diâmetro divisão posterior	Diâmetro do ramo para o músculo redondo menor	Ramo para o músculo redondo menor
Zhao et al. ³² , 2001	40					Sempre com origem na divisão posterior
Ball et al. ³³ , 2003	19					
Tubbs et al. ³⁴ , 2005						
Bertelli et al. ³⁵ , 2007	20		2,9 mm (1,7-3,5 mm)		2,2 mm (1,2-4 mm)	Sempre com origem na divisão posterior
Uz et al. ³⁶ , 2007	30					Sempre com origem na divisão posterior
Loukas et al. ³⁷ , 2009	100					Sempre com origem na divisão posterior
Friend et al. ³⁸ , 2010	9				3mm (1-4 mm)	
Stecco et al. ³⁹ , 2010	16	0,57 +- 0,44 cm	0,4 +- 0,33 cm	0,33 +- 0,20 cm	0,24 +-0,23cm	Origina-se da divisão posterior ou do tronco principal do nervo axilar
Bertelli et al. ⁴⁰ , 2011	20					Sempre com origem na divisão posterior
Gurushantappa e Kuppasad ⁴² , 2015	50					Sempre com origem na divisão posterior
Uluer et al. ⁴³ , 2015	35					Sempre com origem na divisão posterior

Anexo C – Aprovação do Comitê de Ética da Faculdade de Medicina da USP

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP

**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DA EMENDA**

Título da Pesquisa: Transferência do nervo subescapular inferior para atingir rotação externa do ombro: Estudo anatômico visando aplicação no tratamento da paralisia obstétrica.

Pesquisador: RAMES MATTAR JÚNIOR

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 57006616.0.0000.0065

Instituição Proponente: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 2.022.563

Apresentação do Projeto:

Projeto experimental em cadáveres, pertinente, viável, relevante para área de cirurgia neurológica e sem implicações éticas em sua execução.

Projeto metodologicamente correto e claro.

Objetivo da Pesquisa:

O objetivo deste estudo é desenvolver a técnica de transferência nervosa do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor, através de dissecções em cadáveres, visando futura aplicação no tratamento de pacientes com paralisia obstétrica.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Risco mínimo e benefício de estabelecimento de nova rotina de cirurgia em pacientes com paralisia obstétrica.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O objetivo deste estudo é desenvolver a técnica de transferência nervosa do nervo subescapular inferior para o ramo motor do músculo redondo menor, através de dissecções em cadáveres, visando futura aplicação no tratamento de pacientes

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU CEP: 01.246-903
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 E-mail: cep.fm@usp.br

USP - FACULDADE DE
MEDICINA DA UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO - FMUSP



Continuação do Parecer: 2.022.563

com paralisia obstétrica.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Apresentados e adequados.

Recomendações:

Aprovação.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_896374 E1.pdf	05/04/2017 10:28:04		Aceito
Outros	inclusaodeorientador.pdf	05/04/2017 10:27:21	RENATA GREGORIO	Aceito
Outros	CartaTCLE.pdf	09/06/2016 12:30:54	RAMES MATTAR JÚNIOR	Aceito
Outros	CADASTRODAPESQUISA14431.pdf	09/03/2016 14:59:44	RAMES MATTAR JÚNIOR	Aceito
Folha de Rosto	FRPLATAFORMABRASIL14431.pdf	09/03/2016 14:57:51	RAMES MATTAR JÚNIOR	Aceito
Outros	scanner002.pdf	09/03/2016 14:53:08	RAMES MATTAR JÚNIOR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.docx	03/03/2016 11:50:06	RAMES MATTAR JÚNIOR	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 19 de Abril de 2017

Assinado por:

Maria Aparecida Azevedo Koike Folgueira
(Coordenador)

Endereço: DOUTOR ARNALDO 251 21º andar sala 36
Bairro: PACAEMBU CEP: 01.246-903
UF: SP Município: SAO PAULO
Telefone: (11)3893-4401 E-mail: cep.fm@usp.br

Anexo D – 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*
Title			
Title	1	Identify the main objective or key characteristic of the study in the title.	capa
Abstract			
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.	0
Introduction			
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.	1-3
Objective	4	Indicate clearly the main objective(s) of the study, and state any hypotheses to be tested.	6
Methodology			
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.	19
Setting	6	Describe clearly the location where the study was conducted and dates (month/year) between which the data were collected.	19
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.	20
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.	23-26
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.	23-26
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.).	23-26
Modality	12	Describe clearly the materials, equipment, and instruments used (with manufacturer/supplier details) to conduct the specific study design.	20 ; 29
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.	20-26
Bias	14	Identify any potential source of bias and, when present, describe measures implemented to assess the risk of bias.	Page 1 of 2

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.	30-31
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.	19
Results			
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.	33
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.	38-39;41
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.	36
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.	34-35
Discussion			
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.	43-53
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.	43-53
Implication(s)	24	State briefly the implications of the findings or potential areas of the study that require further research.	53
Limitation(s)	25	Discuss briefly limitations of the study at any stage, including risk of bias, potential confounders, or intraobserver and/or interobserver variability.	53-54
Conclusions			
Summary	26	Summarize the key information (i.e. "take-home message") directly supported by the findings/evidence from the study.	56
Other Information			
Acknowledgement	27	Acknowledge individual(s), institution(s), or third parties who significantly contributed to the study.	Agradecimientos
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

9. REFERÊNCIAS

9 REFERÊNCIAS

1. Pondaag W, de Boer R, van Wijlen-Hempel MS, Hofstede-Buitenhuis SM, Malessy MJ. External rotation as a result of suprascapular nerve neurotization in obstetric brachial plexus lesions. *Neurosurgery*. 2005;57(3):530-7.
2. Manske MC, Kalish LA, Cornwall R, Peljovich AE, Bauer AS. Reconstruction of the suprascapular nerve in brachial plexus birth injury: a comparison of nerve grafting and nerve transfers. *J Bone Joint Surg Am*. 2020;102(4):298-308.
3. Terzis JK, Kostas I. Suprascapular nerve reconstruction in 118 cases of adult posttraumatic brachial plexus. *Plast Reconstr Surg*. 2006;117(2):613-29.
4. Waters PM. Comparison of the natural history, the outcome of microsurgical repair, and the outcome of operative reconstruction in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81(5):649-59.
5. Sever JW. Obstetric paralysis: report of eleven hundred cases. *JAMA*. 1925;85(24):1862-5.
6. Waters PM, Smith GR, Jaramillo D. Glenohumeral deformity secondary to brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am*. 1998;80(5):668-77.
7. Segal D, Cornwall R, Little KJ. Outcomes of spinal accessory-to-suprascapular nerve transfers for brachial plexus birth injury. *J Hand Surg Am*. 2019;44(7):578-87.

8. Witoonchart K, Leechavengvongs S, Uerpaiojkit 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;28(4):628-32.
9. Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit 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;28(4):633-8.
10. Waters PM. Update on management of pediatric brachial plexus palsy. *J Pediatr Orthop B.* 2005;14(4):233-44.
11. Waters PM, Bae DS. Effect of tendon transfers and extra-articular soft-tissue balancing on glenohumeral development in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(2):320-5.
12. Waters PM, Bae DS. The effect of derotational humeral osteotomy on global shoulder function in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(5):1035-42.
13. Arad E, Stephens D, Curtis CG, Clarke HM. Botulinum toxin for the treatment of motor imbalance in obstetrical brachial plexus palsy. *Plast Reconstr Surg.* 2013;131(6):1307-15.
14. Pons C, Mickael D, Fitoussi F, D'Anjou MC, Porte M, Rumilly E, Quintero N, Violas P, Brochard S. Safety and effectiveness of early intramuscular botulinum toxin injections to prevent shoulder deformity in babies with obstetrical brachial plexus palsy: presentation of a multicentre randomised double-blind placebo-controlled trial. *Ann Phys Rehabil Med.* 2016;59S:e162.

15. Naoum E, Saghbini E, Melhem E, Ghanem I. Proximal subscapularis release for the treatment of adduction-internal rotation shoulder contracture in obstetric brachial plexus palsy. *J Child Orthop.* 2015;9(5):339-44.
16. Newman CJ, Morrison L, Lynch B, Hynes D. Outcome of subscapularis muscle release for shoulder contracture secondary to brachial plexus palsy at birth. *J Pediatr Orthop.* 2006;26(5):647-51.
17. Dodwell E, O'Callaghan J, Anthony A, Jellicoe P, Shah M, Curtis C, Clarke H, Hopyan S. Combined glenoid anteversion osteotomy and tendon transfers for brachial plexus birth palsy: early outcomes. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(23):2145-52.
18. Dodwell E, Hopyan S. Combined glenoid anteversion osteotomy and tendon transfers for brachial plexus birth palsy. *JBJS Essent Surg Tech.* 2012;2(4):e23.
19. Yung SW, Lazarus MD, Harryman DT 2nd. Practical guidelines to safe surgery about the subscapularis. *J Shoulder Elbow Surg.* 1996;5(6):467-70.
20. Fazan VPS, Amadeu A de S, Caleffi AL, Rodrigues Filho OA. Brachial plexus variations in its formation and main branches. *Acta Cir Bras.* 2003;18(Supl 5):14-8.
21. Tubbs RS, Khoury CA, Salter EG, Acakpo-Satchivi L, Wellons JC 3rd, Blount JP, Oakes WJ. Quantitation of the lower subscapular nerve for potential use in neurotization procedures. *J Neurosurg.* 2006;105(6):881-3.
22. Ballesteros LE, Ramirez LM. Variations of the origin of collateral branches emerging from the posterior aspect of the brachial plexus. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2007;2:14.

23. Tubbs RS, Loukas M, Shahid K, Judge T, Pinyard J, Shoja MM, Slappey JB, McEvoy WC, Oakes WJ. Anatomy and quantitation of the subscapular nerves. *Clin Anat.* 2007;20(6):656-9.
24. Kasper JC, Itamura JM, Tibone JE, Levin SL, Stevanovic MV. Human cadaveric study of subscapularis muscle innervation and guidelines to prevent denervation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17(4):659-62.
25. Kim DI, Lee KS, Kim HJ, Chae HK, Yu KH. The spinal root origins and clinical implications of the lower subscapular nerve. *Clin Anat.* 2008;21(5):416-9.
26. Muthoka JM, Sinkeet SR, Shahbal SH, Matakwa LC, Ogeng'o JA. Variations in branching of the posterior cord of brachial plexus in a Kenyan population. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2011;6:1.
27. Saleh DB, Callear J, McConnell P, Kay SP. The anatomy of the subscapular nerves: a new nomenclature. *J Plast Reconstr Aesthet Surg.* 2012;65(8):1072-5.
28. Chen LZ, Chen L, Zhu Y, Gu YD. Semiquantifying of fascicles of the C7 spinal nerve in the upper and lower subscapular nerves innervating the subscapularis and its clinical inference in Erb's palsy. *Clin Anat.* 2013;26(4):470-5.
29. Bhosale SM, Havaladar PP. Study of variations in the branching pattern of lower subscapular nerve. *J Clin Diagn Res.* 2014;8(11):AC05-7.
30. Leschinger T, Hackl M, Zeifang F, Scaal M, Müller LP, Wegmann K. Nerve supply of the subscapularis during anterior shoulder surgery: definition of a potential risk area. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2017;137(1):135-40.

31. Sager B, Gates S, Collett G, Chhabra A, Khazzam M. Innervation of the subscapularis: an anatomic study. *JSES Open Access*. 2019;3(2):65-9.
32. 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;(390):244-51.
33. Ball CM, Steger T, Galatz LM, Yamaguchi K. The posterior branch of the axillary nerve: an anatomic study. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85(8):1497-501.
34. 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;102(5):912-4.
35. 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;107(2):370-7.
36. Uz A, Apaydin N, Bozkurt M, Elhan A. The anatomic branch pattern of the axillary nerve. *J Shoulder Elbow Surg*. 2007;16(2):240-4.
37. Loukas M, Grabska J, Tubbs RS, Apaydin N, Jordan R. Mapping the axillary nerve within the deltoid muscle. *Surg Radiol Anat*. 2009;31(1):43-7.
38. 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;32(3):243-9.
39. 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;19(8):1166-74.

40. 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;31(5):376-81.
41. 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;28(1):118-22.
42. Gurushantappa PK, Kuppasad S. Anatomy of axillary nerve and its clinical importance: a cadaveric study. *J Clin Diagn Res*. 2015;9(3):AC13-7.
43. 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;20(4):396-9.
44. 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;41(11):e405-e410.
45. 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;136(6):1235-8.
46. 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;8(1):e2605.

47. Soldado F. Double nerve transfer for restoring external rotation of the glenohumeral joint after neonatal brachial plexus injury. *Microsurgery*. 2020;40(8):846-51.
48. Harris PA, Taylor R, Thielke R, Payne J, Gonzalez N, Conde JG. Research electronic data capture (REDCap)--a metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. *J Biomed Inform*. 2009;42(2):377-81.
49. 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;30(1):14-20.
50. Slooff AC. Obstetric brachial plexus lesions and their neurosurgical treatment. *Clin Neurol Neurosurg*. 1993;95 Suppl:S73-7.
51. Hansasuta A, Tubbs RS, Grabb PA. Surgical relationship of the medial pectoral nerve to the musculocutaneous nerve: a cadaveric study. *Neurosurgery*. 2001;48(1):203-6.
52. 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;95(6):998-1000.
53. 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;111(2):326-31.

54. 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;41(1):20-6.
55. Nair S, Ankolekar VH, Hosapatna M, DSouza A. A morphologic and histologic study of the radial nerve and its branches at potential compression sites. *J Taibah Univ Med Sci.* 2020;15(5):358-62.
56. Namazi H, HajiVandi S. Supinator to ulnar nerve transfer via in situ anterior interosseous nerve bridge to restore intrinsic muscle function in combined proximal median and ulnar nerve injury: a novel cadaveric study. *J Surg Res.* 2017;211:95-99.
57. Cheah A, Lee EY, Lim AYT. Upper extremity axon counts and clinical implications for motor nerve transfer. *Plast Reconstr Surg.* 2019;144(6):1044e-1050e.
58. 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;135(1):135e-141e.
59. Boutros S, Nath RK, Yüksel E, Weinfeld AB, Mackinnon SE. Transfer of flexor carpi ulnaris branch of the ulnar nerve to the pronator teres nerve: histomorphometric analysis. *J Reconstr Microsurg.* 1999;15(2):119-22.
60. bNamazi H, Haji Vandi S. Transfer of extensor digiti minimi and extensor carpi ulnaris nerve branches to the intrinsic motor nerve branches: A histological study on cadaver. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2017;103(4):509-11.

61. 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;67(5):1385-403.
62. 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;105(6):2003-9.
63. Rui J, Zhou Y, Wang L, Li J, Gu Y, Lao J. Restoration of ulnar nerve motor function by pronator quadratus motor branch: an anatomical study. *Acta Neurochir (Wien).* 2016;158(4):755-9.
64. 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;40(6):591-6.
65. 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;37(5):365-370.
66. Olofsson PN, Chu A, McGrath AM. The pathogenesis of glenohumeral deformity and contracture formation in obstetric brachial plexus palsy - a review. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj.* 2019;14(1):e24-e34.
67. Haninec P, Hradecky J, Mencl L. Lower subscapular nerve transfer for axillary nerve repair in upper brachial plexus palsy. *Acta Neurochir (Wien).* 2020;162(1):135-9.

68. Cambon-Binder A, Leclercq C. Anatomical study of the musculocutaneous nerve branching pattern: application for selective neurectomy in the treatment of elbow flexors spasticity. *Surg Radiol Anat.* 2015;37(4):341-8.
69. Paulos R, Leclercq C. Motor branches of the ulnar nerve to the forearm: an anatomical study and guidelines for selective neurectomy. *Surg Radiol Anat.* 2015;37(9):1043-8.
70. 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;38(5):597-604.