ROBERTO SERGIO MARTINS

**Estudo prospectivo comparando a utilização de
fascículo do nervo ulnar isolado ou em associação
com fascículo do nervo mediano para a restituição da
flexão do antebraço nas lesões parciais pós-
traumáticas do plexo braquial**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Professor Livre-Docente junto ao
Departamento de Neurologia (Disciplina de
Neurocirurgia)

**SÃO PAULO
2012**

DEDICATÓRIA

A minha querida *Patricia*, pelo seu apoio, tolerância e compreensão.

Aos meus amados filhos, *Guilherme* e *Henrique*, que tornaram mais suaves os percalços dessa jornada.

A minha família, especialmente aos meus pais, *Wilson* e *Rosa*, pelos alicerces da minha educação.

Aos meus sogros, *Flávio* e *Raquel*, pelo apoio.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Manoel Jacobsen Teixeira, Professor Titular da Disciplina de Neurocirurgia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, exemplo de liderança, pela confiança e incentivo.

Ao Prof. Dr. Raul Marino Júnior, a quem devo grande parte da minha formação em Neurocirurgia.

Ao Dr. Mario Gilberto Siqueira pelo apoio, amizade e ensinamentos. Seu profissionalismo e seriedade exemplares são um estímulo para a continuidade do meu aprendizado.

Ao Prof. Dr. José Píndaro Pereira Plese, orientador exemplar, meus especiais agradecimentos pelos ensinamentos, auxílio e apoio.

Ao Prof. Dr. Antonio João Tedesco-Marchese, pelo aprendizado e estímulo na prática da cirurgia de nervos periféricos.

Ao Prof. Dr. Almir Ferreira de Andrade pelo apoio e acolhida no Pronto Socorro de Neurocirurgia.

Ao Prof. Dr. Luis dos Ramos Machado pela inestimável e pronta contribuição.

Ao colega Dr. Osmar José Santos de Moraes, pelo apoio e incentivo.

Aos colegas Dr. Carlos Otto Heise e Dr. Luciano Foroni, companheiros de ambulatório.

Ao Dr. Marcelo Prudente do Espírito Santo, pelo auxílio na correção do texto em inglês.

Aos colegas da Divisão de Clínica Neurocirúrgica, em especial ao Dr. Gilberto Nakagawa, pelo incentivo e amizade.

Aos doentes atendidos pelo Grupo de Cirurgia de Nervos Periféricos da Divisão de Neurocirurgia Funcional.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

**Ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
Tecnológico**, pelo auxílio à pesquisa.

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referencias: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação.
Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias.

Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana,
Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª ed. São Paulo: Divisão
de Biblioteca e Documentações; 2011.

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

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

RESUMO

SUMMARY

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	6
3 REVISÃO DA LITERATURA	8
3.1 Aspectos Históricos das Transferências de Nervos nas Cirurgias das Lesões Traumáticas do Plexo Braquial	9
3.2 Definições e Princípios das Transferências de Nervos	19
3.3 Transferências Distais de Nervos para Recuperação da Flexão do Antebraço nas Lesões Incompletas do Plexo Braquial	23
4 MÉTODOS	36
4.1 Cirurgia	40
4.1.1 Grupo submetido à reinervação única	40
4.1.2 Grupo submetido à reinervação dupla	42
4.2 Avaliações	44
4.2.1 Avaliação da força de flexão do antebraço	44
4.2.2 Avaliação da morbidade	46
4.2.2.1 Avaliação da sensibilidade	46
4.2.2.2 Avaliação da motricidade	50
4.3 Estatística	52
5 RESULTADOS	54
5.1 Resultados Gerais	55
5.2 Extensão do Comprometimento Radicular	58
5.3 Força de Flexão do Antebraço	58
5.4 Morbidade	61
5.4.1 Morbidade geral	61
5.4.2 Sensibilidade	62
5.4.3 Motricidade	63
6 DISCUSSÃO	66
7 CONCLUSÕES	73
8 ANEXOS	75
9 REFERÊNCIAS	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- A.C. - Antes de Cristo
- FFC - Força de flexão do antebraço no lado comprometido
- FFN - Força de flexão do antebraço no lado normal
- IF - Índice da força de flexão do antebraço
- Kgf - Quilograma força
- MRC - Escala de avaliação da força muscular proposta pelo Medical Research Council
- RD - Reinervação dupla
- RMB - Ramo para o músculo braquial
- RU - Reinervação única
- TFMB - Transferência do fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial
- TFUB - Transferência do fascículo do nervo ulnar ao ramo motor do músculo bíceps

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características da casuística com relação ao sexo, idade, lado da lesão e intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia nos dois grupos de tratamento e em toda série estudada.....	55
Tabela 2 -	Distribuição dos doentes de acordo com o grau de comprometimento das raízes do plexo braquial.....	58
Tabela 3 -	Valores médios da força de preensão na mão, mensurada em quilogramas força, nos grupos de doentes submetidos aos dois tipos de terapêutica	63
Tabela 4 -	Valores médios da força de pinça do polegar, mensurada em quilogramas força, nos grupos de doentes submetidos aos dois tipos de terapêutica	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Desenho esquemático representando a transferência de um fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps no braço direito.....	26
Figura 2 -	Desenho esquemático da reinervação simultânea dos músculos bíceps e braquial no braço direito através da transferência de um fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps e de um fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial.....	34
Figura 3 -	Imagem de tomomielografia cervical realizada na topografia do quinto nervo espinhal demonstrando ausência de raízes à direita	38
Figura 4 -	Fotografia cirúrgica sob visão do microscópio demonstrando dissecação de um dos fascículos do nervo ulnar esquerdo após epineurotomia.....	41
Figura 5 -	Fotografia cirúrgica realizada após exposição dos nervos mediano e ulnar no lado direito para a realização da transferência do fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps.....	42
Figura 6 -	Fotografia cirúrgica realizada após acesso aos nervos mediano e ulnar no braço esquerdo para realização da reinervação concomitante dos músculos bíceps e braquial.....	43
Figura 7 -	Fotografia demonstrando a mensuração da força de flexão do antebraço com um dinamômetro de tração e compressão.....	45
Figura 8 -	Fotografia demonstrando a quantificação da percepção do limiar tátil da polpa digital do segundo dedo	47
Figura 9 -	Fotografia demonstrando o uso do aparato para avaliação da discriminação estática de dois pontos na polpa digital	49
Figura 10 -	Fotografia demonstrando a avaliação da força de preensão da mão direita.....	50
Figura 11 -	Fotografia evidenciando a avaliação da força da pinça lateral do polegar com um dinamômetro para mensuração da força de pinça	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Distribuição em porcentagem da causa de lesão do plexo braquial em 40 doentes.	56
Gráfico 2 -	Distribuição dos valores do tempo entre a lesão e a cirurgia nos doentes submetidos à reinervação única (RU) e reinervação dupla (RD).....	57
Gráfico 3 -	Distribuição do número de doentes de acordo com o valor da força de flexão do antebraço mensurada através da escala de avaliação da força muscular proposta pelo MRC	59
Gráfico 4 -	Distribuição dos valores do índice da força de flexão do antebraço (IF).....	61

RESUMO

Martins RS. *Estudo prospectivo comparando a utilização de fascículo do nervo ulnar isolado ou em associação com fascículo do nervo mediano para a restituição da flexão do antebraço nas lesões parciais pós-traumáticas do plexo braquial* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2012.

Introdução: Nas lesões parciais do plexo braquial onde há preservação da função das raízes inferiores, a transferência de fascículo do nervo ulnar diretamente para o ramo motor do músculo bíceps no braço é uma opção de tratamento amplamente aceita para restabelecer a força de flexão do antebraço. Alguns autores recomendam que esse procedimento seja associado à transferência de um fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial com a finalidade de incrementar a força de flexão do antebraço. Este estudo tem como objetivos: comparar a força de flexão do antebraço entre doentes submetidos à transferência de um fascículo do nervo ulnar de forma isolada (reinervação única) e operados com a associação daquela técnica com a transferência de um fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial (reinervação dupla); e avaliar a morbidade relacionada aos dois procedimentos. **Métodos:** Neste estudo prospectivo constituímos aleatoriamente dois grupos com 20 doentes cada de acordo com a técnica de reinervação dos músculos flexores do antebraço. Avaliamos a força de flexão do cotovelo através da gradação da força com a escala proposta pelo *Medical Research Council* e com o uso de um dinamômetro de tração e compressão após 12 meses da cirurgia. Um índice de flexão foi obtido a partir da divisão da força avaliada no membro comprometido pela força no lado normal, índice comparado entre os dois grupos. Mensuramos a morbidade relacionada aos procedimentos através da quantificação do limiar de percepção tátil e da discriminação estática de dois pontos nas polpas digitais e pela determinação da força de preensão da mão e da pinça do polegar em medidas seriadas até o seguimento final de 12 meses. **Resultados:** Após a análise estatística dos resultados observou-se que a força de flexão do antebraço e o índice de flexão foram semelhantes nos dois grupos. Houve piora na densidade de inervação em oito doentes e todos recuperaram essa perda durante o seguimento. Não houve piora da sensibilidade discriminatória. Houve piora da força de preensão da mão e da pinça do polegar em, respectivamente, oito e nove doentes, com recuperação e melhora desses parâmetros durante o seguimento. Não houve diferença significativa na incidência da piora desses parâmetros comparados os dois grupos de tratamento. **Conclusões:**

Resultados semelhantes em termos da força de flexão no antebraço são observados nos doentes operados com reinervação única e reinervação dupla dos músculos flexores. Uma eventual piora no limiar de percepção tátil nas polpas digitais e na força de preensão da mão e da pinça do polegar é temporária, resultando em baixa morbidade das duas técnicas.

Descritores: Plexo braquial. Transferência de nervo. Neuropatias do plexo braquial. Extremidade superior. Força muscular. Dinamômetro de força muscular. Paresia.

SUMMARY

Martins RS. *Prospective study comparing transfer of the ulnar nerve fascicle to the motor branch of the biceps muscle as a single procedure or in association with transfer of the median nerve fascicle to the motor branch of the brachialis muscle to restore the elbow flexion following partial post-traumatic brachial plexus injuries* [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2012.

Introduction: Transfer of the ulnar nerve fascicle to the motor branch of the biceps muscle has been widely accepted as a technique to restore elbow flexion. An association of this technique with median nerve fascicle transfer to the motor branch of the brachialis muscle has been recommended by several authors in order to increase the elbow flexion strength. The aims of this study are: to compare the elbow flexion strength between patients undergoing transfer of the ulnar nerve fascicle to the bicipital muscle branch as a single procedure (single reinnervation) and patients operated with the same technique in association with transfer of the median nerve fascicle to the brachialis muscle branch of the musculocutaneous nerve (double reinnervation); and to evaluate the related morbidity. **Methods:** In this prospective study two groups of 20 patients each were established according to the technique used in reinnervation of the elbow flexor muscles. Elbow flexion strength was evaluated according to Medical Research Council scale and by using a push and pull dynamometer 12 months after surgery. An index named elbow flexion index was calculated by dividing the elbow flexion strength measured on the injured side by the same measurement obtained on the healthy side. This index was compared between the two groups. Hand morbidity related to the procedures was evaluated by means of the Semmes-Weinstein monofilaments test, quantification of static two-point discrimination, and measurements of grip and pinch strength in serial assessments during the follow-up period. **Results:** After statistical analysis similar results for elbow flexion strength and values of elbow flexion index were observed in both groups. Worsening in sensibility, measured using Semmes-Weinstein monofilaments, was identified in eight patients, however all of them showed recovery during follow-up. No worsening of two-point discrimination was observed. A decrease in grip and pinch strength was identified in, respectively, eight and nine patients with improvement during follow-up. There was no difference between the groups in the incidence of morbidity related to motor function of the hand. **Conclusions:** elbow flexion strength and values of elbow flexion index did not differ significantly between single or

double reinnervation of the elbow flexor muscles. Deterioration of sensibility measured using Semmes-Weinstein monofilaments and worsening in handgrip or pinch strength are both temporary, resulting in low morbidity of both techniques.

Descriptors: Brachial plexus. Nerve transfer. Brachial plexus neuropathies.
Upper extremity. Muscle strength. Muscle strength dynamometer.
Paresis.

1 INTRODUÇÃO

As lesões traumáticas do plexo braquial geralmente ocorrem após acidentes com veículos automotivos, especialmente motocicletas (Kim *et al.*, 2003; Belzberg *et al.*, 2004). Dentre os mecanismos envolvidos na gênese dessas lesões destaca-se o aumento do ângulo entre a região cervical e o ombro levando à tração dos elementos do plexo braquial. Em um número significativo de doentes o reparo cirúrgico possibilita o retorno de funções específicas do membro superior (Ahmed-Labib *et al.*, 2007).

Um dos fatores mais importantes no planejamento cirúrgico para o tratamento dessas lesões é a determinação da sua localização em relação ao gânglio da raiz dorsal dos nervos espinhais, o que possibilita classificá-las em lesões pré-ganglionares ou pós-ganglionares. As lesões pré-ganglionares são localizadas proximalmente ao gânglio da raiz dorsal e são mais frequentemente relacionadas à presença de avulsão radicular a partir da medula espinhal (Spinner *et al.*, 2004). De uma forma geral, os indivíduos com lesão do plexo braquial secundária às avulsões radiculares apresentam comprometimento importante de suas atividades não só pelos déficits de sensibilidade e motricidade mas também pela dor que pode ser intensa e incapacitante (Teixeira, 2005). As lesões pós-ganglionares são caracterizadas pelo comprometimento dos elementos do plexo braquial localizados distalmente ao gânglio da raiz dorsal e, devido à menor

associação com as avulsões radiculares, manifestam-se com quadros clínicos mais favoráveis em comparação com as lesões pré-ganglionares.

O tipo de reparo cirúrgico utilizado no tratamento das lesões do plexo braquial depende da ocorrência de um nervo espinhal remanescente na região do foramem intervertebral com fascículos viáveis, a partir do qual é possível uma reconstrução das estruturas comprometidas, geralmente com a interposição de enxertos de nervos autólogos (Martins *et al.*, 2010). Na ocorrência de uma lesão pré-ganglionar, devido à impossibilidade de se utilizar o nervo espinhal como fonte de axônios para regeneração, o procedimento utilizado é a transferência de nervos (Spinner *et al.*, 2004). Esta técnica consiste na utilização de um nervo normal, cuja função é menos importante em relação ao nervo receptor, que é seccionado e tem a sua extremidade proximal deslocada e coaptada na extremidade distal do nervo com função comprometida. Diversos nervos são utilizados rotineiramente nessa técnica e, apesar dos dados disponíveis em literatura permitirem o estabelecimento de conclusões gerais, não há ainda informação suficiente que possibilite definir qual é a associação ideal entre os vários nervos doadores e receptores (Merrell *et al.*, 2001).

A transferência de fascículos íntegros do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps é uma técnica proposta inicialmente por Oberlin *et al.* (1994) que, devido a este fato, passou a ser reconhecida como técnica de Oberlin. Esse procedimento é adotado quando há uma lesão proximal das raízes superiores do plexo braquial concomitante à preservação das funções relacionadas às raízes inferiores e consiste na transferência de um fascículo do

nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps na região proximal do braço (Spinner *et al.*, 2004). Atualmente essa técnica está bem estabelecida e apresenta resultados favoráveis observados em diversos estudos (Leechavengvongs *et al.*, 1998; Bertelli e Guizoni, 2004; Ferraresi *et al.*, 2004; Spinner *et al.*, 2004; Leechavengvongs *et al.*, 2006). Contudo, em alguns doentes o resultado funcional da flexão do antebraço nem sempre é satisfatório devido a dois motivos. O primeiro está relacionado ao grau de força obtido pois, apesar desta ser suficiente para mobilizar o antebraço contra a gravidade, não é adequada para elevar objetos. Nestes casos é necessária a realização de procedimentos cirúrgicos complementares como, por exemplo, a flexoplastia de Steindler com a finalidade de incrementar a força previamente obtida (MacKinnon *et al.*, 2005). Soma-se a este fato a definição das funções dos músculos bíceps e braquial. O músculo bíceps tem como função primária a supinação do antebraço, atuando secundariamente como flexor do antebraço, enquanto o músculo braquial tem como função primária a flexão do antebraço (MacKinnon *et al.*, 2005). Devido aos fatos descritos, alguns autores consideram que a reinervação do músculo braquial é fundamental para uma maior eficiência da flexão do antebraço e, conseqüentemente, diversos cirurgiões passaram a adotar a reinervação concomitante dos músculos bíceps e braquial na reconstrução das lesões traumáticas do plexo braquial com comprometimento irreparável das raízes superiores (Sungpet *et al.*, 2003; Tung *et al.*, 2003; MacKinnon *et al.*, 2005; Liverneaux *et al.*, 2006; Nath *et al.*, 2006; Palazzi *et al.*, 2006). Para atingir esse objetivo, um fascículo do nervo mediano, cuja função predominante é a inervação do músculo flexor radial do carpo, é

seccionado e coaptado ao ramo motor do músculo braquial no mesmo acesso cirúrgico (MacKinnon *et al.*, 2005). A principal desvantagem da técnica de transferência dupla é a utilização de fascículos predominantemente motores originados de dois nervos relacionados à inervação de funções fundamentais para a atividade manual. Apesar dos trabalhos publicados demonstrarem bons resultados com a utilização da técnica descrita (Sungpet *et al.*, 2003; Tung *et al.*, 2003; MacKinnon *et al.*, 2005; Liverneaux *et al.*, 2006; Nath *et al.*, 2006; Palazzi *et al.*, 2006; Zyaei e Saied, 2010), não há estudo prospectivo que compare os resultados da transferência isolada do fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps com os resultados obtidos com a mesma técnica associada à transferência do fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial na recuperação da flexão do antebraço.

O presente estudo visa comparar de forma prospectiva a técnica de reinervação do músculo bíceps com a utilização isolada de fascículo do nervo ulnar, denominada reinervação única, com o mesmo procedimento associado à reinervação do músculo braquial com o uso de fascículo do nervo mediano, nomeada reinervação dupla. Para tal foram formados dois grupos aleatórios com 20 doentes cada de acordo com a técnica adotada. Foram avaliadas as funções sensitiva e motora da mão através da mensuração do limiar de percepção tátil e da discriminação de dois pontos nas polpas digitais, da avaliação da força de preensão da mão e da força de pinça do polegar, além da quantificação da força de flexão do antebraço no período de um ano de seguimento.

2 OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivos:

a) Comparar prospectivamente os resultados da força de flexão do antebraço entre dois grupos de doentes com lesão parcial do plexo braquial com comprometimento predominante das raízes superiores submetidos à transferência isolada do fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps ou operados com a mesma técnica associada à transferência do fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial.

b) Comparar a morbilidade relacionada aos dois procedimentos cirúrgicos através da quantificação das alterações de sensibilidade e de força nas mãos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DAS TRANSFERÊNCIAS DE NERVOS NAS CIRURGIAS DAS LESÕES TRAUMÁTICAS DO PLEXO BRAQUIAL

A história das lesões do plexo braquial caracteriza-se por relatos esparsos ao longo da Idade Antiga e grande parte da Idade Média, com melhor documentação apenas a partir das últimas décadas do Século IX. As primeiras descrições de lesões traumáticas do plexo braquial ocorrem entre os Séculos V ao VI a.C. e constam na História da Guerra do Peloponeso relatada por Tucídides, um general ateniense que lutou a serviço da Liga de Delos contra a Liga do Peloponeso nos tempos da Grécia Antiga, e na Ilíada de Homero (Terzis e Papakonstantinou, 2000). Os autores descreveram de forma eloquente a natureza devastadora dessas lesões que acometiam principalmente os condutores de bigas. Em Roma, entre o II e III Século a.C., Galeno de Pérgamo foi o primeiro a descrever o diagnóstico e o seguimento de um doente portador de uma lesão traumática do plexo braquial cujo déficit sensitivo na mão apresentou resolução espontânea (Terzis e Papakonstantinou, 2000). Foi somente com o advento do Renascimento, na Europa, que artistas e anatomistas como Leonardo da Vinci produziram representações primorosas e detalhadas do plexo braquial (Tung e MacKinnon, 2003), permitindo que as lesões dessa estrutura fossem efetivamente reconhecidas. No Século XVIII o tratamento das luxações de ombro através da tração era uma causa reconhecida de lesão do plexo

braquial, como consta no relato de Smellie, de 1768 (Smellie, 1768¹ *apud* Tung e MacKinnon, 2003). Apesar deste conhecimento, a cirurgia não era considerada como parte do tratamento dessas lesões. A caracterização anatômica da avulsão de raízes a partir da medula espinhal foi descrita por Flaubert, em 1827, em doentes com graves lesões que incluíam roturas das artérias subclávia e axilar (Flaubert, 1827² *apud* Kawai, 2000). Este mesmo autor descreveu sinais e sintomas associados aos doentes com lesões graves do plexo braquial, como miose e oclusão parcial palpebral. Quarenta anos após a descrição de Flaubert, esses dois sinais, em associação com a anidrose hemifacial, foram estudados na forma de uma síndrome pelo médico e fisiologista francês Claude Bernard e pelo oftalmologista suíço Johann Horner, manifestações reconhecidas como síndrome de Horner (Naff e Ecklund, 2001). No final do Século IX, Duval e Guillain³ (1898) e Horsley⁴ (1899), apresentaram as suas contribuições para o entendimento da fisiopatologia da lesão traumática do plexo braquial através da demonstração de avulsões das raízes cervicais após a tração do plexo em cadáveres (Duval e Guillain, 1898 e Horsley, 1899 *apud* Winfree e Kline, 2005). Em 1900, o cirurgião inglês Sir William Thorburn foi o primeiro autor a documentar o tratamento de uma lesão do plexo braquial com sutura primária, relatado em uma jovem de 16 anos cuja lesão foi secundária a uma fresa industrial (Thorburn, 1900). Sete meses e meio após a lesão a doente

¹ Smellie W. *Collection of cases and observations in midwifery*. London; 1768.

² Flaubert M. Mémoire sur plusieurs cas de luxation dans lesquels les efforts de réduction ont été suivis d'accidents graves. *Répert Gén Anat Physiol Path Clin Chir*. 1827;3:55-69.

³ Duval P, Guillain G. Pathologie des accidents nerveux consécutifs aux luxations et traumatismes de l'épaule. *Arch Gen Med*. 1898;2:143-91.

⁴ Horsley V. On injuries to peripheral nerves. *Practitioner*. 1899;63:131-44.

foi operada e submetida a ressecção de um neuroma do plexo braquial com reparo por aproximação dos cotos. Quatro anos após a cirurgia o autor observou que a doente apresentava função mínima do ombro com boa flexão do antebraço e do punho e ausência de função dos músculos da mão.

Nas quatro primeiras décadas do Século XX, apesar dos resultados positivos publicados por alguns autores (Clark *et al.*, 1905; Taylor, 1907; Taylor, 1920), uma atitude pessimista era relacionada à cirurgia do plexo braquial. Devido a complexidade associada à técnica operatória e aos resultados funcionais incompletos obtidos, a cirurgia passou a ser contraindicada como tratamento das lesões traumáticas do plexo braquial (Tung e MacKinnon, 2003), postura que só foi modificada durante a Segunda Guerra Mundial.

Durante a Segunda Guerra, devido ao grande número de lesões penetrantes ao plexo braquial e ao aperfeiçoamento das técnicas anestésicas, o interesse pela cirurgia foi renovado (Terzis e Papakonstantinou, 2000). A partir dessa época, a classificação e o entendimento da fisiopatologia dessas lesões foram facilitados pelo desenvolvimento de novas técnicas diagnósticas, incluindo a mielografia cervical, em 1947 (Murphey *et al.* 1947), a eletromiografia, em 1948 (Hodes *et al.* 1948), a mensuração do potencial de ação, em 1949 (Dawson e Scott, 1949) e o teste de histamina, em 1954 (Bonney, 1954). Apesar de todos esses progressos, a cirurgia de reparo do plexo braquial era preterida por procedimentos ósteo-articulares. O artigo publicado por Yeoman e Seddon, em 1961, ilustra o modo de tratamento predominante na época. Os autores relataram uma série de 280 doentes que

apresentavam lesão do plexo braquial secundária à tração tratados entre 1941 e 1958. Nos 42 doentes que apresentavam plegia do membro superior, os autores propunham dois tipos de procedimentos, um constituído pela realização de tenodese dos dedos com posterior artrodese do cotovelo e do ombro; o segundo incluía a amputação proximal do membro associada à artrodese do ombro. A amputação nas lesões completas do plexo braquial foi utilizada por vários autores com o objetivo de substituir o membro superior por uma prótese, na maioria das vezes grosseira e de função limitada (Kawai, 2000). De uma forma geral os resultados desses procedimentos eram desapontadores já que não havia melhora da dor e da condição funcional do membro superior e, conseqüentemente, essas técnicas foram progressivamente abandonadas.

Apesar dos relatos ocasionais de resultados favoráveis após o tratamento cirúrgico, o tratamento conservador dessas lesões prevalecia como consenso (Seddon, 1943; Davis *et al.*, 1947; Seddon, 1947 e 1963, Tung e MacKinnon, 2003). O principal entrave que limitava a difusão da cirurgia era a ausência de um método confiável de reparo quando eram observadas grandes distâncias entre estruturas comprometidas do plexo braquial (McGillicuddy, 1991).

O enfoque conservador relacionado ao tratamento das lesões do plexo braquial foi progressivamente abandonado apenas a partir das décadas de 1960 e 1970 (Tung e MacKinnon, 2003) devido a uma série de inovações que foram progressivamente incorporadas à cirurgia. Uma das novidades mais importantes foi a criação do microscópio cirúrgico, utilizado inicialmente na cirurgia de nervos periféricos por Smith, em 1964. A associação desta nova

tecnologia com a produção de fios de sutura mais finos e o desenvolvimento de instrumental cirúrgico adequado para manipulação de estruturas delicadas, permitiu melhores resultados após as cirurgias de nervos e do plexo braquial. Nesse sentido, os trabalhos e a persistência de autores como Millesi, que sistematizou a técnica de enxertia nervosa nas lesões de plexo braquial (Millesi, 1977), e os resultados das séries cirúrgicas de Narakas contribuíram para estimular muitos cirurgiões a se dedicarem à cirurgia do plexo braquial (Narakas, 1978 e 1981). Outros fatores também concorreram para o aumento de interesse na cirurgia do plexo braquial como a introdução da monitorização translesional intraoperatória (Kline e Nulsen, 1972), o conhecimento mais detalhado da anatomia do plexo braquial (Narakas, 1978; Bonnel, 1984), a maior precisão dos métodos de imagem e dos estudos eletrofisiológicos (Narakas, 1981), os avanços das técnicas de transferência de músculos livres (Akasaka *et al.*, 1991) e o reconhecimento da importância da reabilitação após a cirurgia (Chuang, 2009).

A partir das décadas de 1970 e 1980 a propagação da técnica de transferência de nervos ampliou as opções usadas na cirurgia do plexo braquial (Narakas, 1984). Nessa técnica, utilizada quando há lesões irreparáveis das raízes do plexo braquial, um nervo íntegro é seccionado e coaptado a um nervo receptor de função mais importante em relação ao nervo doador. Flourens⁵, em 1824 (*apud* Little *et al.*, 2004), foi o primeiro autor a relatar uma transferência de nervos em um experimento. Esse autor estudou esta possibilidade em aves, onde o tronco inferior do plexo braquial fornece

⁵ Flourens P. *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertébrés*. Paris: Bailliere;1824.

inervação aos músculos extensores das asas enquanto o tronco superior inerva os músculos flexores. Flourens seccionou e suturou os dois troncos de forma cruzada e, após alguns meses, os pássaros readquiriram a atividade muscular das asas. A estimulação mecânica da região proximal do tronco superior resultava em contração dos músculos anteriormente inervados pelo tronco inferior e vice-versa. Este tipo de modificação funcional foi observado por diversos autores naquela época (Rawa, 1885⁶; Stefani, 1886⁷; Langley, 1898⁸ *apud* Little *et al.*, 2004). Em 1901, Kennedy evidenciou, a partir de um estudo experimental, os efeitos da transferência de nervos sobre a topografia da representação muscular dos membros no córtex motor, demonstrando a ocorrência de plasticidade no sistema nervoso central a partir de modificações estruturais periféricas (Kennedy, 1901 *apud* Little *et al.*, 2004). O autor seccionou e suturou os nervos vinculados à inervação dos músculos flexores nos nervos relacionados aos músculos extensores do antebraço e vice-versa em dois cachorros. Após três meses, quando os animais recuperaram a função perdida após a cirurgia, as estimulações elétricas dos nervos radial e mediano resultaram, respectivamente, em flexão e extensão do membro. A estimulação do córtex cerebral demonstrou uma translocação da área relacionada ao comando dos músculos flexores com a dos músculos extensores quando comparadas as superfícies dos dois hemisférios.

⁶ Rawa AL. Ueber die Nervennaht. *Wien Med Wochenschr.* 1885;35:358-9.

⁷ Stefani A. Die Verheilung von Nerven benutzt zum Studium der Functionen der Nervencentren. *Arch Anat Physiol Physiol Abt.* 1886;488-503.

⁸ Langley JN. On the union of cranial autonomic (visceral) fibres with the nerve cells of the superior cervical ganglion. *J Physiol (Lond)* 1898-1899;23:240-70.

As primeiras tentativas de se realizar uma transferência de nervos em humanos ocorreram no começo do Século XX em doentes com lesões do nervo facial (Little *et al.*, 2004). Harris e Low, em 1903, relataram um procedimento semelhante à técnica de transferência de nervos para o tratamento de lesões do plexo braquial em três doentes. Na cirurgia os autores deslocaram o coto distal do quinto nervo espinhal e suturaram o mesmo lateralmente ao sexto nervo espinhal que estava íntegro. Apesar do detalhamento da técnica utilizada os autores não informaram os resultados daquele procedimento. Em 1913, o cirurgião americano Tuttle foi o primeiro autor a mencionar a possibilidade da transferência do nervo acessório numa lesão do plexo braquial. Este fato ocorreu durante a cirurgia de um trabalhador que se apresentou com déficit relacionado às lesões do quinto e sexto nervos espinhais do plexo braquial após um ferimento provocado por arma branca na região cervical. Durante a cirurgia o autor identificou uma secção completa, com os componentes proximais desses nervos muito retraídos e comprometidos e a extremidade distal da lesão constituída pelo tronco superior, identificado sob a clavícula. O cirurgião seccionou o nervo acessório na topografia da borda anterior do músculo trapézio mas não conseguiu suturá-lo aos elementos distais devido à distância entre as duas estruturas, preferindo então realizar o reparo com ramos anteriores do plexo cervical (Tuttle, 1913). Vulpius e Stoffel, em 1920, relataram o uso de cinco a sete ramos nervosos para os músculos peitorais como nervos doadores, transferidos para os nervos musculocutâneo ou axilar quando os autores não conseguiam reparar esses nervos através de sutura direta (Vulpius e Stoffel,

1920⁹ *apud* Terzis e Kostopoulus, 2007). Foerster utilizou a técnica de transferência de nervos para reparar lesões do plexo braquial durante e após a Primeira Guerra Mundial (Foerster, 1934¹⁰ *apud* Wood e Murray, 2007). O autor descreveu numerosas estratégias incluindo o uso dos nervos subescapular, peitoral medial, toracodorsal e torácico longo para reinervar o nervo musculocutâneo. Lurje, em 1948, relatou um dos primeiros procedimentos que incluía múltiplas transferências para o tratamento de uma mulher de 20 anos com uma lesão extensa do tronco superior do plexo braquial. No relato o autor suturou o nervo torácico longo à parte distal do nervo supraescapular, o nervo peitoral ao nervo musculocutâneo e dois ramos musculares do nervo radial ao nervo axilar. Catorze meses após a cirurgia a doente apresentava boa função do músculo bíceps e uma resposta insatisfatória em relação à reinervação do axilar. Após 15 anos desse relato, Seddon, em 1963, apresentou o primeiro caso onde foi utilizada a transferência dos nervos intercostais para o restabelecimento da função de flexão do antebraço (Seddon, 1963). A cirurgia foi realizada em um jovem de 17 anos com plegia do membro superior devido à avulsão completa do plexo braquial direito. O autor seccionou o terceiro e quarto nervos intercostais e, através da interposição de um enxerto constituído pelo nervo ulnar, transferiu os mesmos ao nervo musculocutâneo. Um ano após a cirurgia o doente passou a apresentar flexão do antebraço.

⁹ Vulpius O, Stoffel A. *Orthopadische operationslehre*. 2nd ed. Stuttgart: Enke, 1920.

¹⁰ Foerster O. Die hriegsschadigungen der peripheren nerven. In: von Schjening (Ed.). *O Handbuch der arztlichen erfahrungen un weltkrieg 1914/1918*. Vol 4. Leipzig: Johann Ambrosius Barth, 1934:235-332.

A partir do início da década de 1980, vários autores passaram a investigar diversas opções de nervos doadores na cirurgia do plexo braquial tais como os ramos do plexo cervical (Brunelli e Monini, 1984), o nervo frênico (Gu *et al.*, 1989), o sétimo nervo espinhal contralateral (Gu, 1989), além de outros nervos extrínsecos ou intrínsecos ao plexo (Martins *et al.*, 2009). Nos últimos 20 anos o panorama da cirurgia do plexo braquial mudou drasticamente com a introdução das técnicas de transferências nervosas distais ao plexo braquial, possibilitando que o reparo seja realizado próximo ao músculo. Nesse contexto, destacam-se as contribuições dos autores que divulgaram essa técnica utilizando fascículos de nervos distais ao plexo braquial como os nervos ulnar (Oberlin *et al.*, 1994) e mediano (Sungpet *et al.*, 2003; Tung *et al.*, 2004).

Há pouca informação a respeito da participação de neurocirurgiões nos primórdios da cirurgia do plexo braquial no Brasil. Relatos situam a participação pioneira dos Profs. Djacir Gurgel de Figueiredo e Francisco Flávio Leitão de Carvalho, no ano de 1975, realizando uma das primeiras cirurgias para tratamento de lesões do plexo braquial no Hospital Geral de Fortaleza, na época o hospital mais bem aparelhado do Nordeste. No Rio de Janeiro é importante ressaltar a atuação conjunta do Dr. José Pinto e da Prof^a. Ana Maria Sarubi, nas cirurgias de doentes com lesões traumáticas do plexo braquial a partir do início da década de 1980. Essa atuação foi iniciada no Hospital Geral de Bonsucesso, gerido naquele período pelo Instituto Nacional de Assistência Médica da Previdência Social.

Na Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo destaca-se a atividade do Prof. Dr. Antonio João Tedesco-Marchese, na Disciplina de Neurocirurgia do Departamento de Neurologia, neurocirurgião pioneiro na cirurgia do plexo braquial que atuou em associação com o cirurgião plástico Prof. Dr. Marcus Castro Ferreira e com o ortopedista Prof. Dr. Ronaldo Jorge Azze, no final da década de 1970, no tratamento cirúrgico de lesões do plexo braquial em adultos e crianças. O Prof. Dr. Antonio João Tedesco-Marchese dedicou-se por cerca de 30 anos à cirurgia de nervos periféricos na Disciplina de Neurocirurgia instituindo uma série de inovações na cirurgia do plexo braquial tais como a utilização de técnica microcirúrgica, a reconstrução com o uso de enxertos autólogos e as transferências de nervos intercostais para o nervo musculocutâneo, esta última estabelecida no começo da década de 1980. O Prof. Dr. Antonio João Tedesco-Marchese foi sucedido pelo Dr. Mario Gilberto Siqueira responsável pela realização das primeiras cirurgias com transferências de nervo frênico e de fascículo do nervo ulnar para o restabelecimento da flexão do antebraço em doentes com lesões do plexo braquial no Grupo de Cirurgia de Nervos Periféricos da Disciplina de Neurocirurgia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

3.2 DEFINIÇÕES E PRINCÍPIOS DAS TRANSFERÊNCIAS DE NERVOS

A transferência de nervo na cirurgia do plexo braquial é definida como o restabelecimento da função de um elemento do plexo com o uso de um nervo ou elemento íntegro, com função menos importante em relação ao receptor (Nath *et al.*, 1997). Em geral a técnica é utilizada quando há lesão irreparável das raízes ou nervos espinhais do plexo braquial, tornando inviável a reconstrução nervosa através do uso de enxertos, interpostos entre aquelas estruturas e os elementos distais (Midha, 2004). Dois mecanismos, ambos secundários à tração, podem ocasionar uma lesão proximal do plexo braquial, a avulsão das raízes a partir da medula espinhal ou o comprometimento da região proximal dos nervos espinhais. Nesse último mecanismo há substituição do tecido nervoso por tecido cicatricial que se estende proximalmente em relação aos forâmens intervertebrais, (Giuffrè *et al.*, 2010). A escolha da técnica de transferência de nervos dependerá da extensão do comprometimento do plexo braquial, que pode ser completo ou parcial. Nas lesões completas de todas as raízes ou nervos espinhais não é possível a utilização de nervos doadores originados do plexo braquial e a técnica adotada recebe a denominação de transferência extraplexual (Shin *et al.*, 2004). Ao contrário, nas transferências intraplexuais, como parte do plexo braquial está preservado, é possível a utilização de doadores intrínsecos ao mesmo (Chuang, 2005). Nos casos onde a lesão é parcial a transferência de nervo pode ser classificada como proximal ou distal dependendo da distância entre a mesma e o músculo.

Alguns princípios gerais da cirurgia de nervos e das transferência de nervos são aplicáveis aos doentes com lesões do plexo braquial: a reconstrução baseada na cirurgia neurológica é superior à transferência músculo-tendínea se a mesma é realizada até cinco ou seis meses após a lesão (Chuang, 2005); o resultado da neurografia direta sem tensão é superior à neurografia com interposição de enxerto, principalmente quando são considerados nervos de fino calibre como os intercostais e o acessório (Waikakul *et al.*, 1999); sempre que possível os nervos doador e receptor devem ter comportamento funcional semelhante, relacionados à inervação de músculos agonistas (Malessy *et al.*, 2003); as transferências realizadas no mesmo lado da lesão apresentam melhores resultados em relação às transferências que usam elementos do plexo contralateral (Chuang, 2005); as transferências com doadores intraplexuais apresentam melhores resultados em relação às transferências com nervos doadores extraplexuais (Terzis e Barbitsioti, 2012); a qualidade do nervo doador, derivada da sua vitalidade e da quantidade de fibras motoras, é um importante fator para o sucesso do procedimento (Nath *et al.*, 1997); o doente precisa estar motivado e habilitado a cooperar com os cuidados pré e pós-operatórios (Chuang, 2005).

Os seguintes critérios são úteis para a escolha do nervo doador mais adequado: proximidade do mesmo ao músculo a ser reinervado; existência de uma inervação redundante; ação sinérgica em relação ao músculo a ser reinervado; calibre compatível entre o nervo doador e o receptor (Humphreys e MacKinnon, 2002; Tung *et al.*, 2003; Addas e Midha, 2009).

A transferência de nervo é a estratégia cirúrgica mais amplamente aceita quando não é possível a reconstrução do plexo braquial com enxertos. No entanto, para alguns autores a transferência de nervo deve ser considerada como terapêutica inicial em determinadas situações: se é prevista uma longa distância entre a região proximal e o músculo a ser reinervado (Wood e Murray, 2007); em casos com apresentação tardia onde o tempo entre a lesão e a cirurgia é superior a seis meses (Ray *et al.*, 2011); quando há falha de uma cirurgia prévia do plexo braquial (Addas e Midha, 2009); na ocorrência de lesão vascular ou óssea significativas na região do plexo braquial (Sulaiman *et al.*, 2009). Nesse último caso a opção da transferência de nervo como técnica terapêutica primária evitaria um dano desnecessário a uma estrutura vital uma vez que a manipulação prévia resulta na formação de tecido cicatricial que envolve as estruturas neurovasculares e dificulta a dissecação (Addas e Midha, 2009). Devido aos resultados obtidos com as transferências distais nas lesões incompletas do plexo braquial alguns autores justificam o uso dessa técnica como tratamento inicial, prescindindo da exposição cirúrgica do plexo braquial (Oberlin *et al.*, 2002; Dvali e Mackinnon, 2003; Wood e Murray, 2007; Boyd *et al.*, 2011). Nesse contexto, a maior vantagem das transferências de nervos distais em relação ao reparo habitual com enxertos seria transformar uma lesão proximal do plexo braquial numa lesão distal onde o reparo pode ser realizado próximo ao órgão efector (Ray *et al.*, 2011).

Como toda opção de tratamento cirúrgico, as transferências de nervos apresentam vantagens e desvantagens, especialmente quando comparadas à

reconstrução com o uso de enxertos (Humphreys e MacKinnon, 2002). Entre as vantagens é citada a proximidade da coaptação em relação ao órgão alvo, possibilitando que os axônios em regeneração percorram curtas distâncias, resultando em redução da perda axonal e aumento da eficiência do restabelecimento funcional (Midha, 2004). Essa proximidade permite ainda uma reinervação precoce com maior probabilidade de ganho funcional e, na maioria das vezes, possibilita que o reparo seja realizado sem a interposição de enxertos, o que também reduz a perda axonal uma vez que os axônios em regeneração ultrapassam apenas um local de reparo (Nath *et al.*, 1997). Além disso, nas transferências motoras os axônios em regeneração são direcionados diretamente para o músculo, reduzindo a perda de axônios em regeneração que se dirigem aos órgãos sensitivos (Sulaiman *et al.*, 2002; Brenner *et al.*, 2006). Finalmente, na maioria dos casos submetidos às transferências não há necessidade de retirada de enxerto, o que elimina a morbidade desse procedimento (Martins *et al.*, 2012). Entre as desvantagens podem ser citadas a morbidade e a perda de função secundária à secção do nervo doador (Wood e Murray, 2007); a necessidade do doente desenvolver um aprendizado específico que envolve o reconhecimento de modificações da representatividade cortical secundárias à plasticidade do sistema nervoso central (Malessy *et al.*, 1998); o abandono progressivo da exploração do plexo braquial com prejuízo do treinamento deste tipo de cirurgia, resultando numa limitação no conhecimento de detalhes anatômicos e do manejo eletrofisiológico intraoperatório (Addas e Midha, 2009).

3.3 TRANSFERÊNCIAS DISTAIS DE NERVOS PARA RECUPERAÇÃO DA FLEXÃO DO ANTEBRAÇO NAS LESÕES INCOMPLETAS DO PLEXO BRAQUIAL

A restituição da flexão do antebraço é considerada um dos objetivos primários na cirurgia do plexo braquial (Shin *et al.*, 2004) e várias opções de nervos doadores podem ser transferidos para se obter essa função, incluindo os nervos intercostais, frênico, acessório, peitoral medial, toracodorsal, torácico longo e sétimo nervo espinhal contralateral (Songcharoen *et al.*, 1996; Novak *et al.*, 2002; Samii *et al.*, 2003; Vakris *et al.*, 2006; Stockinger *et al.*, 2008; Terzis *et al.*, 2008; Siqueira e Martins, 2009; Samardzic *et al.*, 2011).

Desde a primeira descrição da transferência do fascículo do nervo ulnar ao ramo motor do músculo bíceps (TFUB) realizada por Oberlin *et al.* (1994) em quatro doentes, essa técnica é utilizada rotineiramente para a recuperação da flexão do antebraço em doentes com lesões parciais do plexo braquial (Addas e Midha, 2009). O aporte axonal ao nervo ulnar se origina da oitava raiz cervical e da primeira raiz torácica, com eventual contribuição da sétima raiz cervical, elementos geralmente preservados em doentes com lesões predominantes das raízes superiores do plexo braquial (Tubbs *et al.*, 2010). A ocorrência de fascículos com inervação redundante, a proximidade entre o nervo ulnar e o ramo motor para o músculo bíceps e a correspondência entre os calibres dos elementos doador e receptor favorecem a realização dessa técnica (Oberlin *et al.*, 1994; Teboul *et al.*, 2004).

Na cirurgia o doente permanece em posição supina com o membro superior abduzido a 90° em relação ao tronco para a exposição do feixe vásculo-nervoso, identificado no sulco entre os músculos bíceps e tríceps na

face medial do terço proximal do braço (Siqueira e Martins, 2005a; Toussaint e Zager, 2011). Uma vez identificado o nervo ulnar, o epineuro é seccionado sob magnificação e um fascículo é selecionado e isolado. Essa seleção é realizada com estimulação elétrica de baixa intensidade com a finalidade de se identificar um fascículo relacionado de forma predominante à flexão ulnar do carpo, em geral situado na região anteromedial do nervo (Siqueira e Martins, 2011). Com esta seleção espera-se que não haja comprometimento da função de flexão do punho, uma vez que há preservação da inervação do músculo flexor radial do carpo relacionada ao nervo mediano. De acordo com Shin *et al.* (2004) e Nath *et al.* (2006) a distribuição plexular dos fascículos do nervo ulnar na região dos terços proximal e médio do braço, com a ocorrência de várias comunicações interfasciculares, permite a secção de até 10 a 15% da área de secção transversa do nervo sem que haja morbidade significativa, independente da resposta obtida após a eletroestimulação do fascículo selecionado. Leechavengvongs *et al.* (1998) recomendam a utilização de um fascículo cuja estimulação resulta em reduzida contração dos músculos intrínsecos da mão, mas relata que nenhuma complicação é observada quando este tipo de procedimento não é adotado.

Prosseguindo-se à cirurgia, o fascículo do nervo ulnar é identificado, seccionado e deslocado lateralmente. O nervo musculocutâneo é então isolado entre os músculos bíceps e coracobraquial (Siqueira e Martins, 2005b). A dissecação continua na região distal até a identificação do ramo para o músculo bíceps originado do nervo musculocutâneo, geralmente representado por uma estrutura única (Yang *et al.*, 1995), disposição confirmada pelos resultados

publicados por Chiarapattanakom *et al.* (1998). A dissecação de 112 nervos permitiu que esses autores caracterizassem a distribuição dos ramos motores para o músculo bíceps. Os autores relataram que a inervação para o músculo bíceps ocorre através de um ramo único, por dois ou três ramos em, respectivamente, 62%, 33% e 5% das dissecações (Chiarapattanakom *et al.*, 1998). Nesse mesmo estudo a origem do primeiro ramo distou, em média, 13 cm do acrômio, independente do padrão de inervação e a distância máxima entre o primeiro e segundo ramo foi 5,3 cm.

Quando dois ramos para o músculo bíceps são identificados o diâmetro dos mesmos é semelhante e, portanto, a transferência deve incluir preferencialmente as duas estruturas (Chiarapattanakom *et al.*, 1998). Para facilitar a coaptação, os dois ramos podem ser dissecados no sentido da axila até a sua união dentro do nervo musculocutâneo. Quando o padrão de inervação do músculo bíceps ocorre através de três ramos, o mais distal apresenta calibre reduzido e pode ser excluído do procedimento.

Após a sua identificação o ramo motor para o músculo bíceps é seccionado e deslocado medialmente em direção ao fascículo do nervo ulnar (Figura 1). A proximidade anatômica entre o nervo ulnar e o músculo bíceps e seus ramos musculares e a possibilidade de se realizar uma separação extensa do ramo motor para o músculo bíceps a partir de uma dissecação intraneural em sentido proximal no nervo musculocutâneo permite que se obtenha uma extensão adequada dessas estruturas para a realização de uma coaptação direta sem a necessidade de interposição de enxertos.

Figura 1 - Desenho esquemático representando a transferência de um fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps no braço direito

Uma variação da técnica descrita foi utilizada por Ferraresi *et al.* (2004) que, ao invés de utilizarem o ramo motor para o bíceps como nervo receptor, realizaram a secção proximal do nervo musculocutâneo tornando essa estrutura o nervo alvo da transferência. Para tanto, a extremidade distal desse nervo era deslocado até o nervo doador constituído pelo nervo ulnar, em 39 casos, ou mediano, em quatro doentes. Para que fosse possível a coaptação de toda a área do nervo musculocutâneo havia a necessidade de seccionar um grupo de fascículos dos nervos doadores, ao contrário da conduta utilizada habitualmente na TFUB onde apenas um ou dois fascículos são seccionados. Os autores recomendam que a área de secção não seja superior a um quinto da área transversa total do nervo doador. Apesar dos bons resultados relatados a técnica descrita não foi repetida por outro grupo, provavelmente pela possibilidade de perda de axônios em

regeneração direcionados à parte sensitiva do nervo musculocutâneo e pela necessidade de secção de um maior volume de fascículos.

Outro tipo de procedimento descrito consiste na substituição do fascículo do nervo ulnar pelo fascículo do nervo mediano para a reinervação do ramo motor para o músculo bíceps (Sungpet *et al.*, 2003; Nath *et al.*, 2006) ou do próprio nervo musculocutâneo (Ferraresi *et al.*, 2004). Sungpet *et al.* (2003) relataram cinco casos onde foi obtida força de flexão do antebraço de M3 e M4, segundo a avaliação da força muscular proposta pelo *Medical Research Council* (MRC) (1943), em, respectivamente, um e quatro doentes. Para a realização dessa transferência um fascículo do nervo mediano localizado na região anterior e medial era selecionado através da resposta à eletroestimulação que resultava em flexão radial do punho. De acordo com os autores, a força de preensão da mão, a força de pinça do polegar, a avaliação da discriminação dinâmica por dois pontos e a força de flexão do punho não apresentaram piora após a cirurgia durante um seguimento médio de 32 meses (Sungpet *et al.*, 2003). Ao invés de direcionarem o fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo bíceps Ferraresi *et al.* (2004) optaram por deslocar o nervo musculocutâneo até o nervo mediano em quatro doentes que apresentaram grau M4 (MRC) de força ao final do seguimento. Não há informação a respeito da extensão da secção dos fascículos do nervo mediano realizada com a técnica descrita (Ferraresi *et al.*, 2004). No estudo de Nath *et al.* (2006), dos 40 doentes operados com técnica semelhante, 90% apresentaram bons resultados na recuperação da força de flexão do antebraço até os graus M3 ou M4 da

MRC. De acordo com os autores, a escolha dos fascículos que serão seccionados deve ser meticulosa e limitada àqueles cuja inervação é relacionada à função de pronação do antebraço. A escolha desses fascículos também auxiliaria na restauração do balanço muscular do membro superior já que a supinação do antebraço, por ausência de função do músculo bíceps, está comprometida nesses doentes. Na série relatada, a morbidade relacionada ao procedimento foi limitada ao relato de parestesia no primeiro espaço interdigital que ocorreu em 28 casos (70%) nos primeiros três meses após a cirurgia. Segundo os autores o procedimento descrito apresenta várias vantagens em relação à TFUB incluindo a facilidade de dissecação decorrente da posição mais superficial e do maior diâmetro do nervo mediano em relação ao nervo ulnar, a proximidade do nervo mediano em relação ao local de coaptação e a melhora do balanço rotacional do antebraço pela secção dos fascículos relacionados à inervação do músculo pronador redondo.

Apesar das observações favoráveis à realização dessas técnicas, esta conduta foi utilizada apenas nos dois artigos descritos, provavelmente pela maior possibilidade de comprometimento dos fascículos relacionados à inervação dos músculos intrínsecos da mão, especialmente aqueles relacionados à motricidade do polegar (Addas e Midha, 2009). A técnica pode ser uma opção em casos selecionados onde existe um comprometimento significativo do nervo ulnar com preservação do nervo mediano.

Diversos estudos demonstram bons resultados relacionados à recuperação da força de flexão do antebraço com a TFUB. Loy *et al.* (1997)

relataram os resultados de 18 doentes operados em sete anos, com falha completa do tratamento em apenas um caso, operado 28 meses após a lesão. Na série publicada por Leechavengvongs *et al.* (1998) com 32 doentes, 97% apresentaram força de flexão do antebraço classificada como três ou quatro, segundo a MRC. Sungpet *et al.* (2000) relataram que 34 de 36 doentes (94,5%) apresentaram grau três ou quatro (MRC) na força de flexão do antebraço após a cirurgia. Bertelli e Guizoni (2004) publicaram uma série constituída por 10 doentes com lesões do quinto e sexto nervos espinhais do plexo braquial submetidos a transferências múltiplas, incluindo a TFUB. Todos apresentaram força de flexão do antebraço com grau três ou quatro segundo a MRC (Bertelli e Guizoni, 2004). Resultados semelhantes foram relatados por Teboul *et al.* (2004), Leechavengvongs *et al.* (2006) e por Vankatramani *et al.* (2008) em 15, 32 e 15 doentes, respectivamente. Os resultados da técnica são significativos mesmo quando há um longo intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia. Em uma série de 18 doentes com avulsões da quinta e sexta raízes do plexo braquial submetidos à TFUB, Gousheh (2007) relatou que a recuperação da flexão do antebraço ocorreu mesmo em casos operados após 11 meses da lesão. Sedain *et al.* (2011) avaliaram a resposta à TFUB em nove doentes operados, em média, 12,2 meses após a lesão e em 77,8% dos casos a força de flexão do antebraço foi superior ao grau três da MRC.

Apenas um estudo compara a TFUB com outra técnica de transferência de nervo numa amostra representada por doentes com características semelhantes em relação à extensão da lesão do plexo

braquial. Coulet *et al.* (2010) compararam retrospectivamente os resultados da TFUB com a transferência de nervos intercostais em 42 doentes com lesões da quinta, sexta e sétima raízes do plexo braquial atendidos num período de 14 anos. Os autores concluíram que a reinervação do músculo bíceps é mais precoce e resulta em melhores resultados funcionais no grupo de doentes tratados com a TFUB em comparação com aqueles submetidos às transferências dos nervos intercostais. No grupo tratado com a transferência dos nervos intercostais nenhum doente operado com mais de seis meses após a lesão apresentou recuperação da força de flexão do antebraço enquanto que, no grupo submetido à TFUB, a recuperação da força classificada como 3 pela MRC ocorreu em sete de 10 doentes. Segundo os autores, em concordância com as observações de Freilinger *et al.* (1978), o limitado número de axônios presentes nos nervos intercostais justifica esses resultados (Coulet *et al.*, 2010).

Apesar da maioria dos resultados relatados com a TFUB resultarem em recuperação da força de flexão do antebraço para uma gradação três ou quatro de acordo com a MRC, alguns doentes com força grau três conseguem fletir o antebraço mas apresentam grande dificuldade para levantar algum peso adicional. Nesses casos é possível aumentar a força de flexão do antebraço com a realização de uma transferência musculotendínea tal como a flexoplastia de Steindler que consiste no deslocamento proximal da inserção dos músculos flexopronadores do antebraço (Monreal, 2007). Este tipo de procedimento foi necessário em 5 (28%) e em 10 (31,25%) doentes das séries de Loy *et al.* (1997) e Teboul *et al.* (2004), respectivamente.

Dois fatores podem justificar a recuperação parcial da força de flexão do antebraço em alguns doentes submetidos à TFUB: as características funcionais dos músculos bíceps e braquial e a constituição do nervo ulnar no braço. A restauração da flexão do antebraço através das transferências de nervos geralmente é centralizada na reinervação do músculo bíceps, que atua primariamente como supinador do antebraço e secundariamente como flexor do antebraço (Bernstein *et al.*, 2001). O músculo braquial, no entanto, atuaria como o principal efector da flexão do antebraço, mas a sua reinervação não é rotineiramente realizada nas transferências distais (Aldridge *et al.*, 2000; Bernstein *et al.*, 2001). A constituição dos fascículos do nervo ulnar também poderia influenciar os resultados da TFUB. Os fascículos do nervo ulnar no braço são constituídos por fibras motoras e sensitivas numa proporção variável, o que poderia explicar uma redução do aporte de axônios motores ao ramo motor do bíceps caso ocorresse a escolha de um fascículo com maior número proporcional de fibras sensitivas (Oberlin *et al.*, 1994).

Pelos motivos mencionados alguns autores sugerem que a reinervação simultânea dos músculos bíceps e braquial nas transferências distais poderia maximizar a força de flexão do antebraço (Tung *et al.*, 2003; Liverneaux *et al.*, 2006; Ray *et al.*, 2011). Tung *et al.* (2003) foram os primeiros autores a propor a estratégia da reinervação concomitante dos músculos bíceps e braquial em doentes com lesões parciais do plexo braquial. Em uma pequena série de oito doentes os autores associaram a TFUB à reinervação do músculo braquial com o uso preferencial do nervo

peitoral medial através da interposição de enxerto autólogo. Outros nervos como o toracodorsal e um dos ramos motores do nervo radial para o músculo tríceps foram também usados em outros dois casos distintos e os nervos intercostais foram transferidos associadamente com o nervo peitoral medial em um caso. Em todos os doentes a força de flexão do antebraço foi classificada como grau quatro (Tung *et al.*, 2003). Os mesmo autores propuseram a exclusão do componente sensitivo do nervo musculocutâneo distal à origem do músculo braquial para evitar que axônios motores em regeneração se desviassem para aquela estrutura e, assim, fossem direcionados preferencialmente para os ramos motores. Apesar desse artifício, os autores não conseguiram definir se o procedimento foi efetivo e consideraram que o mesmo seria desnecessário (Tung *et al.*, 2003).

Tung *et al.* (2004) foram os primeiros autores que descreveram a reinervação simultânea do músculo bíceps, através de um fascículo do nervo ulnar, e do músculo braquial pela transferência de um fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial (TFMB). Neste procedimento, após a realização da TFUB, procede-se à identificação do ramo para o músculo braquial (RMB) através da dissecação distal do nervo musculocutâneo. Chiarapattanakom *et al.* (1998) caracterizaram a anatomia do RMB através da dissecação de 112 nervos musculocutâneos e demonstraram que o mesmo é único na maioria dos casos (92%). Nas dissecações restantes dois ramos foram identificados, separados por uma distância média de 0,51 cm (Chiarapattanakom *et al.*, 1998). Neste mesmo estudo foi demonstrado que o primeiro ou único RMB foi sempre identificado

distalmente ao ramo para o músculo bíceps, distando 17,46 cm, em média, do acrômio. Quando o ramo para o músculo bíceps é único a distância da origem do ramo para o músculo braquial até o ramo para o músculo bíceps é, em média, 4,44 cm (Chiarapattanakom *et al.*, 1998). Após a sua identificação, o RMB é dissecado até a sua origem no nervo musculocutâneo, seccionado e deslocado medialmente na direção do nervo mediano (Nath *et al.* 2006). Com auxílio de magnificação e técnica microcirúrgica prossegue-se com dissecação intraneural e individualização dos fascículos do nervo mediano. O fascículo a ser seccionado é geralmente identificado através da observação da resposta motora à eletroestimulação. De acordo com essa resposta, várias opções foram descritas incluindo os fascículos relacionados à inervação dos músculos pronador redondo, flexor radial do carpo, flexor superficial dos dedos ou palmar longo (Nath *et al.*, 2006; Sungpet *et al.* 2003; Tung *et al.*, 2004). Em geral os fascículos que apresentam resposta motora redundante estão localizados na região superior e medial do nervo mediano, enquanto os fascículos relacionados ao nervo interósseo anterior estão situados na parte inferior e medial e o componente sensitivo do nervo mediano pode ser identificado na sua metade lateral (Ray *et al.*, 2011). Após a secção do fascículo selecionado o mesmo é coaptado com o ramo motor do músculo braquial (Figura 2).

Figura 2 - Desenho esquemático da reinervação simultânea dos músculos bíceps e braquial no braço direito através da transferência de um fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps e de um fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial

Excelentes resultados são relatados após a cirurgia que combina a TFUB e a TFMB (Mackinnon *et al.*, 2005; Ray *et al.*, 2011). Os primeiros resultados obtidos com essa técnica foram descritos por Mackinnon *et al.* (2005) numa série de seis doentes que recuperaram a força de flexão do antebraço para grau quatro ou cinco da MRC. A seleção dos doentes, no entanto, pode ter influenciado os resultados uma vez que em dois casos a lesão do plexo braquial ocorreu por etiologia não traumática: em um doente a mesma ocorreu após a exérese de um tumor maligno do plexo e em outro foi devida à lesão actínica (Mackinnon *et al.*, 2005). Na série de 10 casos de Liverneaux *et al.* (2006), todos os doentes apresentaram força de flexão do antebraço classificada como grau quatro e resultados semelhantes foram também relatados por Goubier e Teboul (2007) após realizarem a cirurgia em cinco doentes. Numa avaliação retrospectiva de 29 casos relatada por

Ray *et al.* (2011), a força de flexão do antebraço foi classificada como graus cinco, quatro e três em, respectivamente 8 (27,6%), 15 (52%) e 4 (13,8%) doentes. Apesar desses excelentes resultados a possibilidade de comprometimento da função manual com a associação das duas técnicas deve ser considerada. Grondin *et al.* (2008), numa série de 33 doentes operados com a técnica de reinervação dupla, relataram dois casos que apresentaram comprometimento da função do primeiro e segundo dedos relacionada ao nervo mediano logo após a cirurgia. Os dois doentes necessitaram de uma segunda intervenção com transferências tendíneas e tenorrafia para a correção do déficit adquirido (Grondin *et al.*, 2008). Os autores recomendam que, na etapa relacionada ao nervo mediano durante a técnica de reinervação dupla, o cirurgião selecione apenas um fascículo de pequeno calibre para a sua transferência ao ramo motor do músculo braquial.

Um único estudo retrospectivo comparou os resultados da TFUB realizada de forma isolada com aqueles obtidos pela associação de TFUB e TFMB (Carlsen *et al.*, 2011). De acordo com os autores, nesse estudo com 55 doentes não houve diferença da força de flexão e supinação do antebraço entre os grupos submetidos à TFUB ou à associação de TFUB e TFMB. Não há um estudo prospectivo que compare a TFUB com a associação de TFUB e TFMB.

4 MÉTODOS

O presente estudo foi realizado na Divisão de Neurocirurgia do Hospital Santa Marcelina e no Grupo de Cirurgia de Nervos Periféricos da Divisão de Neurocirurgia Funcional do Instituto de Psiquiatria do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, no período de fevereiro de 2007 a janeiro de 2012 e, aprovado pelas Comissões de Ética das duas Instituições com os registros 13/07 e 0382/08, respectivamente. Um consentimento livre e esclarecido foi obtido previamente a cada cirurgia (Anexo A).

Foram incluídos nesse estudo prospectivo doentes com diagnóstico de lesão do plexo braquial pós-traumática secundária à tração e que apresentavam preservação da motricidade relacionada à inervação do oitavo nervo espinal cervical e primeiro nervo espinal torácico. Previamente à cirurgia os doentes foram submetidos ao exame sistemático da sensibilidade e da motricidade do membro superior para caracterizar a extensão e o grau de comprometimento do plexo braquial. Outros sinais do exame físico relacionados a uma lesão do plexo braquial, como a existência de sinal de Tinel supra e/ou infraclavicular e a presença de uma síndrome de Horner, também foram avaliados. A investigação suplementar desses doentes cumpriu a rotina de exames subsidiários solicitados nesses casos que incluiu a eletroneuromiografia e a tomomielografia cervical (Figura 3).

Figura 3 - Imagem de tomomielografia cervical na altura do quinto nervo espinhal evidenciando ausência de raízes à direita e presença de raízes ventrais (setas) e dorsais (cabeças de setas) à esquerda (caso G.M.A.)

O tratamento cirúrgico foi instituído na presença de comprometimento motor sem melhora após três a quatro meses decorridos entre a lesão e a avaliação clínica ou quando o doente era admitido já com um tempo superior ao relatado sem melhora do déficit motor. A transferência distal foi indicada na presença de avulsões radiculares ou lesões irreparáveis dos nervos espinais identificados na tomomielografia ou durante a exploração do plexo braquial; ou quando o tempo entre a lesão e a cirurgia fosse superior a seis meses. Nessa última situação o acesso ao plexo braquial só foi realizado para permitir outro tipo de transferência proximal, comumente entre os nervos acessório e supraescapular com a finalidade de restabelecer a abdução do ombro.

Previamente à cirurgia cada doente foi submetido a avaliação clínica que incluía a definição da extensão do comprometimento motor através da

medida da força graduada pela MRC em cada músculo innervado pelo plexo braquial, além da mensuração da sensibilidade e força na mão de acordo com protocolo para avaliação da morbidade previamente estabelecido. A extensão do comprometimento radicular foi caracterizada pelos déficits motores predominantes. Os doentes foram classificados em dois tipos de apresentação de acordo com a extensão do déficit motor. A lesão associada da quinta e sexta raízes cervicais (C5C6) incluía déficit predominante da abdução do braço e flexão do antebraço e a lesão combinada da quinta, sexta e sétima raízes cervicais (C5C6C7) associava aos déficits descritos a paralisia do músculo tríceps.

Os doentes foram incluídos de forma aleatória com randomização sequencial em dois grupos, constituídos por 20 participantes cada, de acordo com o tipo de cirurgia realizada para recuperação da força do antebraço. Em um grupo, denominado reinervação única, a transferência consistiu em reinervação do ramo motor do músculo bíceps através de um fascículo do nervo ulnar. No outro grupo, nomeado de reinervação dupla, além do procedimento realizado no grupo descrito, o doente foi submetido à transferência de um fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial. Após a cirurgia o membro superior foi mantido em imobilização e, após três semanas, o doente foi encaminhado à reabilitação.

A investigação da morbidade relacionada às funções da mão foi realizada por meio de questionamentos sobre qualquer sintoma relacionado a uma possível lesão do nervo ulnar e/ou mediano e pela aplicação seriada de protocolo específico, após três, seis e 12 meses da cirurgia. O

seguimento foi finalizado 12 meses após a cirurgia quando realizou-se a avaliação da força de flexão do antebraço de acordo com protocolo previamente estabelecido. Todos os testes foram realizados pelo mesmo examinador, o autor deste estudo. A padronização dos procedimentos utilizados no presente estudo é descrita a seguir.

4.1 CIRURGIA

Todos doentes foram operados com as mesmas técnicas descritas a seguir.

4.1.1 GRUPO SUBMETIDO À REINERVAÇÃO ÚNICA

Para a realização da cirurgia todos doentes foram colocados em posição supina com o membro superior abduzido e apoiado numa braçadeira com o antebraço em supinação. O uso de relaxante muscular, sempre de curta duração, foi limitado à indução anestésica para que se evitasse qualquer interferência com o resultado das estimulações dos nervos. O feixe vâsculo-nervoso no terço proximal do braço foi exposto após a realização de uma incisão situada sobre o sulco entre os músculos bíceps e tríceps e a abertura do tecido subcutâneo e da fáscia braquial. A seguir, o ramo motor do nervo musculocutâneo para o músculo bíceps e o nervo ulnar foram identificados. Sob magnificação, o epineuro do nervo ulnar foi seccionado utilizando-se técnica microcirúrgica permitindo a identificação dos seus fascículos (Figura 4).

Figura 4 - Fotografia cirúrgica sob visão do microscópio. Dissecção de um dos fascículos do nervo ulnar esquerdo após epineurotomia (Caso L.F.J.)

Com o uso de eletroestimulador (Stimuplex, B. Braun, EUA) foram originados estímulos de baixa intensidade para a identificação de um fascículo cuja inervação resultasse em flexão do punho de forma predominante. Após a dissecção desse fascículo por uma extensão de aproximadamente 10 mm, o mesmo foi seccionado o mais distal possível em relação à região axilar. Na etapa seguinte o ramo motor para o músculo bíceps foi dissecado de forma retrógrada, sob magnificação, no interior do nervo musculocutâneo para que se obtivesse uma extensão adequada para o deslocamento medial do ramo e realização da neurorrafia sem tensão. Esse ramo foi seccionado e suturado com pontos separados de náilon monofilamentar 10-0 com o fascículo do nervo ulnar (Figura 5).

Figura 5 - Fotografia cirúrgica realizada após exposição dos nervos mediano e ulnar no lado direito. O ramo motor do músculo bíceps foi deslocado medialmente, após a sua secção a partir do nervo musculocutâneo, em direção ao fascículo do nervo ulnar, também seccionado (Caso G.M.A.)

Após a realização do procedimento descrito, a ferida cirúrgica foi fechada por planos.

4.1.2 GRUPO SUBMETIDO À REINERVAÇÃO DUPLA

Os doentes alocados no grupo da reinervação dupla foram submetidos aos mesmos procedimentos descritos naqueles da reinervação única. Finalizada a primeira etapa da cirurgia, o ramo motor para o músculo braquial foi identificado através da dissecação distal da borda lateral do nervo musculocutâneo. Esse ramo foi seccionado próximo a sua origem ou no interior do nervo musculocutâneo o que possibilitava o seu deslocamento

medial até o nervo mediano. Este foi isolado e, com auxílio de eletroestimulação, um fascículo com inervação predominante para a flexão do punho foi selecionado e seccionado (Figura 6).

A neurorrafia entre o RMB e o fascículo do nervo mediano foi realizada com pontos separados de náilon monofilamentar 10-0. Após o término do procedimento a ferida cirúrgica foi fechada por planos.

Figura 6 - Fotografia cirúrgica realizada após acesso aos nervos mediano e ulnar no braço esquerdo. O ramo motor para o músculo bíceps foi seccionado a partir do nervo musculocutâneo e deslocado medialmente em direção ao fascículo do nervo ulnar também seccionado. O ramo motor para o músculo braquial foi seccionado e deslocado em direção do fascículo do nervo mediano para a realização da neurorrafia (Caso A.C.S.)

4.2 AVALIAÇÕES

4.2.1 AVALIAÇÃO DA FORÇA DE FLEXÃO DO ANTEBRAÇO

Os doentes foram examinados sempre pelo mesmo investigador, o autor deste estudo. Dois tipos de análises foram realizadas para avaliar a recuperação da flexão do antebraço 12 meses após a cirurgia. A eficácia da cirurgia foi determinada com a mensuração da força de flexão do antebraço através da MRC (Quadro 1). O resultado foi considerado como ruim se os doentes apresentavam força classificada como grau 0 a 2 e o resultado bom foi definido quando os doentes adquiriram força maior ou igual ao grau 3 ao final dos 12 meses de seguimento.

Quadro 1 - Gradação da força muscular de acordo com o MRC (1943)

Grau	Definição
0	Ausência de contração muscular
1	Contração muscular sem movimento
2	Movimento ativo quando a gravidade é eliminada
3	Movimento ativo contra a gravidade
4	Movimento ativo contra a gravidade e resistência
5	Força normal

Com o objetivo de reduzir a subjetividade da avaliação da força obtida, outro tipo de mensuração foi realizada no mesmo tempo de seguimento em todos os doentes através da utilização de um dinamômetro digital de tração e compressão (Baseline®, Fabrication Enterprises Inc., EUA). Nessa avaliação cada doente foi posicionado em decúbito dorsal horizontal com antebraço fletido a 90°, com o braço totalmente aduzido e a face anterior do punho apoiada na haste móvel do dinamômetro. A seguir, solicitou-se que cada doente realizasse uma contração isométrica máxima

com flexão do antebraço contra a haste do dinamômetro, o que permitiu a mensuração da força expressa em quilogramas força (Kgf) (Figura 7).

Figura 7 - Fotografia demonstrando a mensuração da força de flexão do antebraço com dinamômetro de tração e compressão

Essa avaliação foi realizada no lado normal e no lado da lesão do plexo braquial obtendo-se os valores da força de flexão do antebraço no lado normal (FFN) e no lado comprometido (FFC). O objetivo desse tipo de mensuração foi calcular um índice obtido da divisão do valor do FFC pelo FFN que foi denominado índice da força de flexão do antebraço (IF), expresso em número absoluto. O IF correspondeu ao valor do quanto de força da flexão do antebraço foi obtida no lado comprometido em relação ao lado normal após o seguimento de 12 meses permitindo, assim, a

comparação desse parâmetro de forma objetiva entre os grupos. Neste tipo de mensuração cada doente atuou como seu próprio controle reduzindo a interferência subjetiva que dependia do examinador.

4.2.2 AVALIAÇÃO DA MORBIDADE

Um protocolo para avaliação de eventual morbidade relacionada aos procedimentos foi elaborado uma vez que a utilização de fascículos funcionais dos nervos ulnar e mediano constituiu parte fundamental do procedimento cirúrgico e poderia resultar em detrimento da força de flexão do punho e da sensibilidade e motricidade da mão.

4.2.2.1 AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE

A sensibilidade das polpas digitais do membro acometido foi avaliada através da quantificação do limiar de percepção tátil com o uso de um estesiômetro de filamentos sintéticos (Sorri, Bauru, Brasil) e da mensuração da sensibilidade discriminatória estática pela utilização de um discriminador de dois pontos (North Coast Medical Inc., Gilroy, EUA). Foram selecionadas as polpas digitais do primeiro e segundo dedos e do quinto dedo relacionadas, respectivamente, à aferência sensitiva do nervo mediano e do nervo ulnar.

Para a realização das avaliações a mão foi posicionada com a região palmar voltada para cima e apoiada em superfície rígida. Foi solicitado ao doente que mantivesse os olhos fechados durante o exame. Para a

quantificação do limiar de percepção tátil foram utilizados seis filamentos de náilon com comprimento de 38 mm e diâmetros diferentes calibrados para dobrarem à pressão de 0,05, 0,2, 2, 4, 10 e 300 g (Lehman *et al*, 1993). Para tanto, cada filamento era fixo numa haste num ângulo de 90° e pressionado lenta e perpendicularmente em relação à superfície cutânea até que o mesmo se curvasse (Figura 8).

Figura 8 - Fotografia demonstrando a quantificação da percepção do limiar tátil da polpa digital do segundo dedo utilizada no presente estudo. O doente é questionado a informar se identifica o contato do filamento pressionado na polpa digital, no caso o segundo dedo

Caso o doente referisse o contato com o filamento mais fino, a cor do filamento relacionada à pressão era registrada. Na ausência de resposta a avaliação prosseguia com os filamentos seguintes, progressivamente mais calibrosos. Os filamentos foram aplicados até três vezes na área investigada

e foi considerado como resultado o valor originado da identificação do filamento mais fino. O fato do doente sentir filamentos com dois valores distintos, mas consecutivos, em diferentes períodos foi considerado uma variação normal. A piora ou melhora em termos da quantificação do limiar de percepção tátil foi definida quando existia uma discrepância na sensibilidade entre dois filamentos consecutivos nas avaliações realizadas nos períodos pré-determinados.

Após a quantificação da percepção do limiar tátil, a discriminação estática de dois pontos foi avaliada com o uso de um discriminador específico que consiste de dois discos plásticos unidos que rodam de maneira independente. Na periferia de cada disco existem pontas arredondadas espaçadas com intervalos que aumentam a cada 1 mm com valores mínimo e máximo de, respectivamente, 2 mm e 15 mm de distância (Crosby e Dellon, 1989). Durante a avaliação as duas pontas do intervalo a ser testado foram encostadas na superfície cutânea de cada polpa digital e o doente era questionado se identificava as mesmas (Figura 9). Caso positivo a distância em que os dois pontos eram discriminados foi registrada e, caso contrário, essa distância foi aumentada de forma gradativa em intervalos de 1 mm até que o doente identificasse as duas extremidades de forma distinta.

Figura 9 - Fotografia demonstrando o uso do aparato para avaliação da discriminação estática de dois pontos na polpa digital do segundo dedo da mão direita

A avaliação foi finalizada após a realização de três testes sendo selecionado como resultado a distância mínima entre os dois pontos referida pelo doente. A identificação de valores distintos, mas consecutivos, da distância de discriminação de dois pontos em períodos subsequentes foi considerado uma variação normal. A piora ou melhora foi definida quando existia uma discrepância entre valores não consecutivos da distância de discriminação entre dois pontos em avaliações subsequentes (Lundborg e Rosén, 2004). A incapacidade de discriminar dois pontos foi definida quando o doente fosse incapaz de identificar o valor máximo de 15 mm.

4.2.2.2 AVALIAÇÃO DA MOTRICIDADE

A avaliação da motricidade consistiu na pesquisa de déficit motor relacionado aos músculos intrínsecos da mão e à flexão do punho avaliada através na gradação MRC, além da mensuração da força de preensão da mão e da pinça do polegar. A força de preensão da mão foi mensurada através de um dinamômetro tipo Jamar® (North Coast Medical Inc., Gilroy, EUA), instrumento que possui duas alças paralelas, uma delas móvel, que é conectada a um sistema hidráulico fechado (Figueiredo *et al.*, 2007). Através da preensão do aparelho é possível medir a quantidade de força produzida por uma contração isométrica aplicada sobre as alças, registrada em quilogramas força (Kgf) (Figura 10).

Figura 10 - Fotografia demonstrando a avaliação da força de preensão da mão direita. A transmissão da força exercida pelo doente na haste do dinamômetro permite o registro da força

A realização da preensão com o dinamômetro depende da integridade dos músculos flexores superficiais e profundos do segundo ao quinto dedos e dos músculos intrínsecos da mão e também da ação dos músculos da região tenar e do músculo flexor longo do polegar (Ferreira *et al.*, 2011). Nesta avaliação cada doente permanecia em posição sentada, com o ombro aduzido e o antebraço apoiado. Três medidas foram realizadas com intervalo mínimo de 10 segundos, sendo registrada aquela de maior valor.

A força de pinça lateral do polegar foi mensurada através de um dinamômetro hidráulico de pinça e expressa em Kgf (North Coast Medical Inc., Gilroy, EUA). A pinça lateral é realizada entre a polpa digital do polegar e a face lateral da falange média do segundo dedo, função obtida principalmente pela adução do polegar (Ferreira *et al.*, 2011) (Figura 11).

Figura 11 - Fotografia evidenciando a avaliação da força da pinça lateral do polegar com um dinamômetro para mensuração da força de pinça

Para a realização da avaliação os doentes foram posicionados de forma semelhante àquela descrita para a avaliação da força de preensão da mão com realização de três medidas mensuradas num intervalo mínimo de 10 segundos entre as mesmas. O melhor dos valores determinados foi considerado como resultado da mensuração.

4.3 ESTATÍSTICA

A avaliação estatística foi realizada com os programas SPSS versão 14.0 e BioEstat versão 5.3. Os resultados obtidos das avaliações propostas nos dois grupos foram expressos como média $\pm$ desvio padrão.

A comparação dos resultados entre os dois grupos de tratamento foi estabelecida com o uso de testes paramétricos e não paramétricos. As variáveis foram testadas para avaliação de simetria e curtose e submetidas ao teste de Shapiro-Wilk a fim de definir se o teste a ser utilizado seria paramétrico ou não (D'Agostino *et al.*, 1990). Quando a suposição de normalidade, simetria e curtose foi rejeitada, a variável foi submetida à transformação logarítmica e novamente testada. Caso a distribuição dos valores da variável testada persistisse diferente do modelo *gaussiano*, um teste não-paramétrico era selecionado.

O teste t com variáveis independentes foi utilizado para comparar a idade e o intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia entre os dois grupos. O teste de Mann Whitney foi aplicado para comparar os valores da força de preensão da mão e da pinça do polegar avaliados antes da cirurgia. Esse

teste também foi utilizado para comparar os resultados da força de flexão do antebraço com a MRC e o IF entre os dois grupos.

A partir de tabelas de contingência o teste exato de Fisher foi aplicado para comparar a distribuição dos doentes em relação à extensão das lesões das raízes do plexo braquial, para relacionar a eficácia da força de flexão do antebraço mensurada através da MRC e para avaliar se as distribuições dos doentes que apresentaram redução da força de preensão da mão e da força de pinça do polegar eram diferentes nos dois grupos.

O coeficiente de correlação de postos de Spearman foi calculado para determinar o grau de associação entre os dois principais fatores relacionados ao prognóstico após a cirurgia, a idade e o intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia, com os resultados do índice de flexão do antebraço. Os testes foram bicaudais e um nível de significância de 5% foi selecionado para a realização de toda análise.

5 RESULTADOS

5.1 RESULTADOS GERAIS

Quarenta e três doentes foram selecionados prospectivamente e três abandonaram o seguimento antes que se completasse o período de observação proposto de 12 meses sendo, portanto, excluídos do estudo. A Tabela 1 resume as características da casuística e os Anexos B e F listam os resultados individuais da idade, lado, comprometimento radicular predominante e tempo entre a lesão e a cirurgia.

Tabela 1 - Características da casuística com relação ao sexo, idade, lado da lesão e intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia nos dois grupos de tratamento e em toda série estudada

	Reinervação Única	Reinervação Dupla	TOTAL
Sexo	18 M: 2 F	19 M : 1 F	37 M : 3 F
Idade (anos)	28,2 ± 7,25	29,2 ± 9,57	28,7 ± 8,4
Lado	7 D : 13 E	10 D : 10 E	17 D : 23 E
Tempo (meses)	7,30 ± 2,96	7,82 ± 2,32	7,56 ± 2,64

D: Lado direito; E: Lado esquerdo; F: Sexo feminino; M: Sexo masculino; Tempo: Intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia

A maioria dos doentes eram do sexo masculino (n = 37). A idade média foi 28,7 ± 8,4 anos com idade mínima de 18 e máxima de 49 anos. Não houve diferença significativa entre a idade dos doentes quando comparados o grupo submetido à reinervação única (28,2 ± 7,25 anos) com

o grupo operado com reinervação dupla ($29,2 \pm 9,57$ anos) com $t(38) = -0,373$ e $p = 0,712$ (teste t). O lado esquerdo foi o preferencialmente acometido em 23 doentes (57,5%). Na maioria dos casos o acidente de moto foi a causa da lesão do plexo braquial ($n = 35$), seguido pelo acidente de bicicleta ($n = 2$), queda do telhado ($n = 2$) e acidente de automóvel com ejeção do condutor ($n = 1$). Em 93% dos doentes a causa da lesão foi acidente com veículo de duas rodas. O Gráfico 1 ilustra a distribuição dos doentes em relação à causa do acidente.

Gráfico 1 - Distribuição em porcentagem da causa de lesão do plexo braquial em 40 doentes. O acidente com veículo de duas rodas foi o mecanismo de lesão predominante

O tempo médio entre a lesão do plexo braquial e a cirurgia foi $7,56 \pm 2,64$ meses. O intervalo de tempo mais curto entre a lesão e a cirurgia foi de três meses enquanto que o mais longo foi 15 meses. Não houve diferença significativa do tempo entre a lesão e a cirurgia no grupo tratado com a

reinervação única ($7,30 \pm 2,96$ meses) em comparação com o grupo onde a cirurgia utilizada foi a reinervação dupla ($7,82 \pm 2,32$ meses), com $t(38) = -0,618$ e $p = 0,536$ (teste t). O Gráfico 2 demonstra a distribuição dos valores do tempo entre a lesão e a cirurgia nos dois grupos de tratamento.

Gráfico 2 - Distribuição dos valores do tempo entre a lesão e a cirurgia nos doentes submetidos à reinervação única (RU) e reinervação dupla (RD). A disposição dos valores dos dois grupos foi semelhante e não foi identificada diferença significativa entre os mesmos (teste t; $p = 0,536$)

RD: grupo submetido à reinervação dupla; RU: grupo operado com a técnica de reinervação única

5.2 EXTENSÃO DO COMPROMETIMENTO RADICULAR

A Tabela 2 demonstra a distribuição dos doentes em relação ao envolvimento das raízes do plexo braquial. Nos dois grupos houve predomínio do comprometimento das raízes C5C6, apresentação de 75% dos doentes, em detrimento da lesão de C5C6C7. Não houve diferença significativa na comparação entre os dois grupos em relação à extensão de comprometimento radicular (Teste exato de Fisher, $p = 0,274$).

Tabela 2 - Distribuição dos doentes de acordo com o grau de comprometimento das raízes do plexo braquial. Não houve diferença significativa entre os dois grupos

	C5C6	C5C6C7	TOTAL
Reinervação única	13	7	20
Reinervação dupla	17	3	20
TOTAL	30	10	40

C5C6: doentes com comprometimento neurológico relacionado de forma predominante à lesão da quinta e sexta raízes do plexo braquial; C5C6C7: casos onde o comprometimento neurológico ocorreu predominantemente por lesão da quinta, sexta e sétima raízes do plexo braquial

Teste exato de Fisher, $p = 0,274$

5.3 FORÇA DE FLEXÃO DO ANTEBRAÇO

Os valores individuais relacionados à avaliação da força de flexão do antebraço e do índice de flexão constam nos Anexos E e I. O Gráfico 3 ilustra a distribuição dos doentes em relação à gradação classificada pela escala do MRC.

Quatro (20%) doentes submetidos à reinervação única apresentaram resultados ruins na avaliação da força pela MRC enquanto todos os doentes

operados com a técnica de reinervação dupla apresentaram bons resultados. A comparação dos valores da força pela MRC nos dois grupos não mostrou diferença significativa (Teste de Mann-Whitney, $p = 0,093$), assim como a confrontação da distribuição dos doentes de acordo com o tipo de resultado, ruim ou bom (Teste exato de Fisher, $p = 0,107$).

Gráfico 3 - Distribuição do número de doentes de acordo com o valor da força de flexão do antebraço mensurada através da escala de avaliação da força muscular proposta pelo MRC (1943)

RD: grupo de doentes submetidos à reinervação dupla; RU: grupo de doentes operados com a técnica de reinervação única; n: número de doentes; MRC: gradação da força de acordo com o Medical Research Council

Não houve diferença significativa entre as duas técnicas (Teste de Mann-Whitney, $p=0,093$)

A média da força de flexão do antebraço no lado normal (FFN) e no lado comprometido (FFC) após 12 meses de seguimento foi, respectivamente, $21,76 \pm 5,29$ Kgf e $4,87 \pm 2,93$ Kgf considerando todos os doentes. Nos doentes submetidos à reinervação única a média da FFN e da FFC foi, respectivamente, $21 \pm 5,71$ Kgf e $4,14 \pm 3,27$ Kgf. Nos doentes operados com a técnica de reinervação dupla a média da FFN e da FFC foi, respectivamente, $22,53 \pm 4,87$ Kgf e $5,6 \pm 2,41$ Kgf.

A média dos valores do índice da força de flexão do antebraço (IF) de todos doentes foi $0,22 \pm 0,12$. No grupo submetido à reinervação única (RU) um doente apresentou uma resposta excepcional, com o valor de IF superior à 0,6 ou com 60% de força na flexão do antebraço do lado comprometido em relação ao lado normal. O Gráfico 4 ilustra a distribuição dos valores do IF nos dois grupos de tratamento. A disposição dos valores sugere que há uma tendência de melhores resultados nos doentes operados com a técnica de reinervação dupla (RD) em relação ao grupo submetido à RU. Apesar dessa representação não houve diferença significativa entre os valores do IF nos doentes submetidos à reinervação única, com média de $0,20 \pm 0,13$, em comparação com os operados com a técnica de reinervação dupla, que apresentaram valor médio de $0,25 \pm 0,10$ ($p = 0,078$).

Nenhuma correlação significativa foi observada entre a idade e o índice de flexão ($r_s = 0,02$, $p=0,89$) e entre o intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia e o índice de flexão ($r_s = -0,24$, $p = 0,143$).

Gráfico 4 - Distribuição dos valores do índice da força de flexão do antebraço (IF)

Não houve diferença significativa do IF entre os dois grupos (teste de Mann Whitney, $p=0,078$)

RD: grupo de doentes submetidos à reinervação dupla; RU: grupo de doentes operados com a técnica de reinervação única; IF: índice da força de flexão do antebraço

5.4 MORBIDADE

5.4.1 MORBIDADE GERAL

Não foram identificadas complicações significativas relacionadas ao procedimento cirúrgico tais como hematomas ou infecções. Em um doente houve deiscência superficial na parte proximal da incisão no braço com extensão de poucos centímetros e sem sinais de infecção. Esta intercorrência se resolveu com medidas locais de limpeza e troca de curativos no período de uma semana.

5.4.2 SENSIBILIDADE

Os resultados individuais da mensuração do limiar de percepção tátil e da sensibilidade discriminatória estática de dois pontos estão listados nos Anexos B a I. Em um dos doentes não foi possível realizar a avaliação da sensibilidade na polpa digital do primeiro dedo pois o mesmo apresentava uma amputação pós-traumática da primeira falange. Houve piora na medida do limiar de percepção tátil em oito doentes, seis deles no grupo submetido à reinervação única. Em todos os casos essa piora foi identificada entre a medida determinada no exame pré-operatório e a mensuração realizada após três meses da cirurgia. No grupo submetido à reinervação única a piora foi identificada no segundo e quinto dedos em, respectivamente, dois e quatro doentes e no grupo onde a técnica utilizada foi a reinervação dupla a piora ocorreu no primeiro dedo nos dois doentes. Em todos os casos houve recuperação dos parâmetros mensurados nas avaliações subsequentes. Mais comumente, em 75% dos casos, essa recuperação ocorreu entre a segunda e a terceira avaliações e em apenas dois doentes, um de cada grupo, a melhora ocorreu entre a avaliação pré-operatória e o exame realizado ao final do seguimento. Nenhum doente apresentou piora da sensibilidade discriminatória nas polpas digitais.

5.4.3 MOTRICIDADE

Em um doente do grupo submetido à reinervação dupla foi observado piora da força de flexão da falange distal do primeiro dedo, de grau quatro para grau três de força pela MRC, havendo recuperação até o grau de força pré-operatório após seis meses da cirurgia. Em três doentes, um do grupo operado com a técnica de reinervação única e dois do grupo submetido à reinervação dupla, houve piora da força de flexão do punho, de grau quatro para grau três de força pela MRC. Todos apresentaram recuperação da força até o grau original em seis meses de seguimento. Os resultados individuais relacionados à avaliação da força de preensão da mão e da pinça do polegar constam nos Anexos B a I. As Tabelas 3 e 4 demonstram, respectivamente, os resultados das médias da força de preensão da mão e da força de pinça do polegar nos dois grupos de tratamento.

Tabela 3 - Valores médios da força de preensão na mão, mensurada em quilogramas força, nos grupos de doentes submetidos aos dois tipos de terapêutica

	Pré-operatório	3M	6M	12M
RU	22 ± 3,95	22,3 ± 5,83	25,2 ± 5,82	28,6 ± 6
RD	24,3 ± 10,9	24,4 ± 10,3	28 ± 10	31,7 ± 9,5

3M: três meses após a cirurgia; 6M: seis meses após a cirurgia; 12M: 12 meses após a cirurgia; RD: grupo de doentes onde a técnica utilizada foi a reinervação dupla; RU: grupo de doentes submetidos à reinervação única

Tabela 4 - Valores médios da força de pinça do polegar, mensurada em quilogramas força, nos grupos de doentes submetidos aos dois tipos de terapêutica

	Pré-operatório	3M	6M	12M
RU	4,3 ± 1,4	4,6 ± 1,6	5,18 ± 1,91	6,09 ± 1,65
RD	5,2 ± 2,2	5,3 ± 2,3	6,3 ± 2,2	6,88 ± 2,15

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: 12 meses após a cirurgia; RD: Grupo de doentes onde a técnica utilizada foi a reinervação dupla; RU: Grupo de doentes submetidos à reinervação única

Após três meses da cirurgia, em comparação com a avaliação pré-operatória, a avaliação da morbidade na mão demonstrou piora da força de preensão da mão e da pinça do polegar em, respectivamente, 8 (20%) e 9 (22,5%) doentes. No grupo submetido à reinervação única a piora da força de preensão da mão ocorreu em três doentes, enquanto que nos casos submetidos à reinervação dupla essa piora foi observada em cinco doentes. Não houve diferença significativa na comparação da piora da força de preensão da mão entre os dois grupos de tratamento (Teste exato de Fisher, $p = 0,695$). Todos os doentes com comprometimento da força de preensão da mão após a cirurgia apresentaram melhora durante o período de seguimento. Essa melhora foi identificada seis e 12 meses após a cirurgia em, respectivamente, cinco e três doentes. A piora da força de pinça do polegar foi identificada em dois casos do grupo operado com a técnica de reinervação única e em sete doentes no grupo dos que foram submetidos à reinervação dupla. Todos os doentes com comprometimento da força de pinça do polegar após a cirurgia apresentaram melhora durante o período de seguimento. Com exceção de um doente cujo restabelecimento da força de pinça do polegar foi identificada na avaliação final, todos os doentes

apresentaram melhora da força na avaliação realizada seis meses após a cirurgia. A comparação da piora da força de pinça do polegar demonstrou que não houve diferença significativa entre os dois grupos (teste exato de Fisher, $p = 0,127$).

6 DISCUSSÃO

Apesar de ser rotineiramente utilizada para avaliar a função motora após a cirurgia do plexo braquial a escala de gradação proposta pelo MRC tem recebido inúmeras críticas e modificações devido à dificuldade em quantificar alterações que ocorrem entre os graus 3 e 4 e entre a categoria 4 e 5 e pela possibilidade de que, na avaliação de determinados músculos de grande articulações como o deltoide, a contração muscular resulte numa força suficiente para oferecer resistência, caracterizando o grau 4, mas sem o sinergismo suficiente para proporcionar um movimento amplo contra a gravidade (James, 2007; MacAvoy e Green, 2007; Bhardwaj e Bhardwaj, 2009). Outro problema da escala é a subjetividade inerente na avaliação da força, cujo efeito é relativo quando o examinador é o mesmo, mas que pode resultar em diferenças nas avaliações realizadas por diferentes pesquisadores. Adicionalmente, a classificação induz o examinador a considerar que um músculo com certo grau de força apresenta a mesma recuperação que outro músculo classificado com o mesmo grau (James, 2007). Isto ocorre, por exemplo, quando comparados músculos potentes como o deltoide com outros como o extensor do punho. Ambos podem ser classificados com o grau três porém o aporte axonal necessário para que o músculo deltoide atinja esta gradação é muito superior ao exigido para que a força do músculo extensor do punho atinja o mesmo grau. Por estes motivos

optamos neste estudo pela avaliação bilateral da força de flexão do antebraço através de um dinamômetro e calculamos a razão da força do lado da lesão em relação ao lado não comprometido. Desta forma, cada doente foi considerado como o seu próprio controle permitindo uma comparação mais objetiva dos resultados.

Os resultados do presente estudo confirmam as observações prévias demonstrando bons resultados após as transferências distais para a restituição da força de flexão no antebraço após lesões parciais do plexo braquial. MacKinnon *et al.* (2005) reviram os resultados das três principais séries publicadas até 2005 compilando as avaliações de 100 doentes submetidos às transferências do fascículo do ulnar para o ramo motor do bíceps (Loy *et al.*, 1997; Leechavengvongs *et al.*, 1998; Sungpet *et al.*, 2000). A força de flexão do antebraço classificada como grau 3 e 4 da escala proposta pelo MRC foi restabelecida, respectivamente, em 9% e 80% dos doentes. Em apenas três casos nenhuma recuperação foi observada (MacKinnon *et al.*, 2005). Na nossa série, dos 20 doentes submetidos à reinervação isolada do músculo bíceps todos recuperaram algum grau de força de flexão do antebraço e apenas 4 (20%) apresentaram resultados insatisfatórios, com força mensurada entre um a dois graus (MRC). Os resultados da presente série, demonstrando bons resultados em todos os casos operados com a associação da reinervação dos músculos bíceps e braquial, corroboram aqueles relatados dos estudos que descrevem a eficácia da combinação das duas técnicas. Dos 44 casos relatados em três séries que utilizaram essa técnica, em apenas 2 (4,5%) doentes o resultado foi

insatisfatório e somente em um caso não houve qualquer sinal de reinervação muscular (Liverneaux *et al.*, 2006; Goubier e Teboul, 2007; Ray *et al.*, 2011).

A comparação dos índices da força de flexão do antebraço demonstrou que as duas técnicas utilizadas são equivalentes e observação semelhante foi relatada no único estudo retrospectivo que analisa os dois procedimentos (Carlsen *et al.*, 2011). Fatores relacionados à biomecânica da flexão do antebraço justificam estes resultados. De acordo com Palazzi *et al.* (2006), em doentes com lesões do plexo braquial com comprometimento predominante das raízes ou nervo espinhais inferiores, o ramo motor para o músculo braquial pode ser seccionado e usado como doador para uma transferência aos ramos distais dos nervos mediano e radial sem que haja piora da força de flexão do antebraço. Segundo os mesmos autores apenas 10 a 20% da força total de flexão do antebraço depende da ação desse músculo (Palazzi *et al.*, 2006). A manutenção da força de flexão do antebraço após a secção do ramo para o músculo braquial foi também observada por Zheng *et al.* (2008) em seis doentes com lesões das raízes inferiores do plexo braquial submetidos a transferência desse ramo para o nervo mediano. Com os dados do presente estudo e considerando essas observações a técnica de reinervação única apresenta a vantagem de ser mais rápida, demandar uma incisão mais curta e com menor manipulação tecidual em relação à cirurgia de reinervação dupla. O uso da reinervação dupla, no entanto, poderia ser justificado para manter um aporte de axônios motores para os dois músculos de tal forma que a falha de um dos procedimentos seria parcialmente compensada pela manutenção da inervação de um dos músculos.

Conforme demonstrado no presente estudo não houve correlação entre os resultados da força de flexão do antebraço obtida nas transferências distais e os fatores classicamente relacionados a resultados insatisfatórios após cirurgias de plexo braquial como a idade e o intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia (Jivan *et al.*, 2009; Giuffre *et al.*, 2010; Terzis e Barbitsioti, 2012). Não há estudo publicado que avalie a relação entre idade e resultados após as transferências distais para recuperação da flexão do antebraço, o que impede a comparação com os resultados do presente estudo. Parte dos resultados obtidos no presente trabalho avaliando a relação entre as medidas da força de flexão do antebraço e o intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia estão de acordo com aqueles publicados por Teboul *et al.* (2004) e Sedain *et al.* (2011). No estudo de Teboul *et al.* (2004) não foi observada diferença significativa nos resultados funcionais relacionados à recuperação do músculo bíceps, quando comparados os doentes operados antes e após seis meses da lesão. Sedain *et al.* (2011) relatou os resultados de uma série com nove doentes operados com transferência do fascículo do ulnar para o ramo motor do músculo bíceps. Apesar da cirurgia ter sido realizada com uma média de 12,2 meses após a lesão, em 77,8% dos casos a força de flexão do antebraço foi classificada como grau dois a cinco de acordo com a MRC (Sedain *et al.*, 2011).

Dois fatores provavelmente contribuem para a ausência de correlação entre o intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia e os resultados do presente estudo: a proximidade entre a neurorrafia e o músculo e a coaptação direta entre nervos doador e receptor. Devido a menor distância a

ser percorrida pelos axônios em regeneração há redução da dependência de processos que envolvem a atuação de fatores tróficos e a influência de células de Schwann. Além disso, a coaptação sem a necessidade de interposição de enxertos elimina um ponto de obstáculo aos axônios em regeneração (Bunge, 1994; Wolford e Stevao, 2003; Sulaiman e Gordon, 2009). Contrariamente, na reconstrução com enxertos o axônio em regeneração deve ultrapassar dois pontos de coaptação, cada um deles ocasionando uma redução do número de axônios que se direcionam ao órgão alvo. Essas observações são corroboradas pelos resultados de uma recente revisão sistemática realizada por Garg *et al.* (2011) que compararam os resultados das transferências distais com as reconstruções com enxertos em 31 estudos. Os autores concluíram que, nas lesões parciais do plexo braquial, os resultados relacionados à recuperação da abdução do ombro e flexão do antebraço obtidos com as transferências são superiores em relação àqueles adquiridos nas reconstruções com enxertos a partir das raízes superiores do plexo braquial (Garg *et al.*, 2011).

O resultados da presente série confirmam que as transferências distais para a recuperação da força de flexão do antebraço apresentam morbidade de incidência aceitável e evolução favorável. Sintomas subjetivos como parestesias na mão podem ocorrer numa incidência de zero a 50% e a sua resolução é obtida em semanas ou poucos meses após a cirurgia (Leechavengvongs *et al.*, 1998; Tung *et al.*, 2003; Ferraresi *et al.*, 2004; Zyaei e Saied, 2010; Estrella, 2011). Alteração da sensibilidade nas polpas digitais, representada principalmente pela redução do limiar de percepção

tátil, pode ser observada em até 20% dos casos com restabelecimento dessa função ao longo de um ano após a cirurgia, de acordo com os resultados obtidos na presente série. Uma piora da força de flexão do punho assim como da pinça do polegar e da força de preensão da mão podem ser observadas após a cirurgia. Os resultados relacionados à morbidade da função motora do presente estudo estão de acordo com os relatados em estudos prévios onde se observa uma recuperação da função comprometida ao longo do seguimento e frequentemente, ao final do período de observação, existe um incremento da força das diferentes mensurações em relação às medidas realizadas antes da cirurgia (Leechavengvongs *et al.*, 1998; Tung *et al.*, 2003; Ferraresi *et al.*, 2004; Liverneaux *et al.*, 2006; Goubier e Teboul, 2007; Ray *et al.*, 2011).

O presente estudo apresenta duas limitações principais. A primeira refere-se ao fato do examinador não ser completamente encoberto em relação à locação dos doentes nos dois diferentes grupos. A segunda é a ausência de avaliação da supinação do antebraço, movimento com grande participação do músculo bíceps. Um obstáculo para a avaliação da supinação é a dificuldade da quantificação da força através das mensurações habituais. Apesar dessas limitações o estudo fornece informações importantes relacionadas às transferências distais para a recuperação da força de flexão do antebraço e é o primeiro estudo prospectivo que compara as duas principais técnicas utilizadas para esse objetivo.

7 CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitem concluir que:

a) A transferência do fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps realizada de forma isolada apresentou resultados semelhantes em relação à força de flexão do antebraço quando essa técnica é comparada com a transferência combinada do fascículo do nervo ulnar para o ramo motor do músculo bíceps e do fascículo do nervo mediano para o ramo motor do músculo braquial.

b) As técnicas operatórias utilizadas resultaram em morbidade semelhante. Em todos os doentes as alterações na sensibilidade e na força relacionadas à morbidade foram temporárias e limitadas ao período de observação do presente estudo.

Anexo A - Consentimento livre e esclarecido utilizado no Grupo de Cirurgia de Nervos Periféricos da Divisão de Neurocirurgia Funcional do Instituto de Psiquiatria do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

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

CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

IDENTIFICAÇÃO DO DOENTE OU RESPONSÁVEL LEGAL

1. NOME:
DOCUMENTO DE IDENTIDADE Nº..... SEXO: M () F () DATA NASC.:/...../.....
ENDEREÇO Nº APTO:
BAIRRO:..... CIDADE
CEP:..... TELEFONE: ()
2. RESPONSÁVEL LEGAL
NATUREZA.....DOCUMENTO DE IDENTIDADE.....
SEXO: M () F () DATA NASCIMENTO.:/...../.....
ENDEREÇO:.....Nº.....APTO:
BAIRRO:..... CIDADE:
CEP:.....TELEFONE: (.....).

DADOS SOBRE A PESQUISA

1. TÍTULO: Estudo Prospectivo Comparando a Utilização de Fascículo do Nervo Ulnar Isolado ou em Associação com Fascículo do Nervo Mediano Para a Restituição da Flexão do Antebraço nas Lesões Pós-Traumáticas do Plexo Braquial
2. PESQUISADOR: Roberto Sergio Martins CARGO/FUNÇÃO: médico
..... CRM Nº72642
UNIDADE DO HCFMUSP:Departamento de Neurologia, Disciplina de Neurocirurgia.
3. AVALIAÇÃO DO RISCO DA PESQUISA:
RISCO MÍNIMO () RISCO MÉDIO ()
RISCO BAIXO (X) RISCO MAIOR ()

Essas informações estão sendo fornecidas para sua participação voluntária neste estudo. Para que o movimento do braço seja possível é necessário que um comando parta do cérebro e atinja um músculo através de um nervo que funciona como um fio de eletricidade. O plexo braquial é um conjunto desses fios que fica na região entre o pescoço e o ombro e pode ser puxado num acidente. Isto pode levar a um arrancamento desses nervos, sendo impossível para o cirurgião corrigir essas lesões. Em alguns casos, quando o movimento da mão está preservado, é possível a realização de uma cirurgia que junta uma parte de um ou dois nervos que se dirigem para a mão com um dos nervos que permite levantar o braço. Este tipo de cirurgia é a que resulta em melhores resultados em relação à recuperação da força do cotovelo, com menor chance de complicação. Não existe uma comprovação sobre qual tipo de cirurgia, utilizando um ou dois nervos que vão para mão, apresenta melhores resultados em relação à recuperação da força de flexão do cotovelo, motivo pelo qual pensamos em fazer este estudo, mas somente no final do mesmo saberemos qual será a melhor técnica. O tipo de cirurgia, usando um ou dois nervos, será definido ao acaso para cada paciente. É importante lembrar que nos trabalhos médicos

existentes que usaram essas cirurgias não houve um risco de complicação séria para a mão, mas existe a possibilidade de ocorrer uma diminuição na sensibilidade e força da mão do braço operado. É possível que, após a cirurgia, o Sr (a) sinta dor nos locais dos cortes, assim como apresente um inchaço local, alterações normais nesta cirurgia. Apesar de ser infrequente é possível que o Sr (a) apresente um vermelhidão e saída de secreção pelos cortes, sinais de que está ocorrendo algum tipo de infecção que deve ser avaliada pelo médico. Em qualquer etapa do estudo, você terá acesso aos profissionais responsáveis pela pesquisa para esclarecimento de eventuais dúvidas. O principal investigador é o Dr Roberto Sergio Martins que pode ser encontrado no Instituto Central, quinto andar secretaria da Neurocirurgia, Telefone 30697152. Se você tiver alguma consideração ou dúvida sobre a ética da pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) - Rua Ovídio Pires de Campos, 225 - 5º andar - Tel: 3069-6442 ramais 16, 17, 18 ou 20, FAX: 3069-6442 ramal 26 - E-mail: cappesq@hcnet.usp.br.

É garantida a liberdade da retirada de consentimento a qualquer momento e deixar de participar do estudo, sem qualquer prejuízo à continuidade de seu tratamento na Instituição. As informações obtidas serão analisadas em conjunto com outros pacientes, não sendo divulgado a identificação de nenhum paciente. O Sr. (Sra) tem o direito de ser mantido atualizado sobre os resultados parciais dessa pesquisa. Não há despesas pessoais para o participante em qualquer fase do estudo, incluindo exames e consultas. Também não há compensação financeira relacionada à sua participação. Em caso de dano pessoal, diretamente causado pelos procedimentos ou tratamentos propostos neste estudo (nexo causal comprovado), o participante tem direito a tratamento médico na Instituição, bem como às indenizações legalmente estabelecidas. O pesquisador tem o compromisso de utilizar os dados e o material coletado somente para esta pesquisa.

Acredito ter sido suficientemente informado a respeito das informações que li ou que foram lidas para mim, descrevendo o estudo “Estudo Prospectivo Comparando a Utilização de Fascículo do Nervo Ulnar Isolado ou em Associação com Fascículo do Nervo Mediano na Restituição da Flexão do Antebraço nas Lesões Pós-Traumáticas do Plexo Braquial”. Eu discuti com o Dr. Roberto Sergio Martins sobre a minha decisão em participar nesse estudo. Ficaram claros para mim quais são os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, seus desconfortos e riscos, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Entendo também que, como a recuperação da força do braço é variável, não há garantia absoluta sobre os resultados a serem obtidos, independente da técnica utilizada. Ficou claro também que minha participação é isenta de despesas e que tenho garantia do acesso a tratamento hospitalar quando necessário. Concordo voluntariamente em participar deste estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, antes ou durante o mesmo, sem penalidades ou prejuízo ou perda de qualquer benefício que eu possa ter adquirido, ou no meu atendimento neste Serviço.

Data: ____/____/____

Assinatura do paciente ou representante legal

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

Data: ____/____/____

Assinatura do pesquisador responsável

Anexo B - Planilha com os resultados individuais relacionados à idade (I), lado (L), clínica, intervalo de tempo, em meses, entre a lesão do plexo braquial e a cirurgia (T) e limiar de percepção tátil, em gramas, avaliada na polpa digital do primeiro (I) dedo nos doentes submetidos à reinervação única

Identif.	Registro	I	L	Clínica	T	Limiar de percepção tátil no I dedo			
						Pré	3 M	6 M	12 M
A.O.	13724840E*	30	E	C5C6C7	9,6	NR	NR	NR	NR
C.P.S.J.	211729**	21	D	C5C6	3	0,05	0,05	0,05	0,05
E.A.A.	13807889G*	26	E	C5C6C7	10	0,2	0,2	0,2	0,2
E.C.M.	13761209A*	39	E	C5C6	7	0,2	0,2	0,2	0,2
E.J.M.	13847683H*	26	D	C5C6C7	9,6	2	2	2	2
G.M.A.	1192032**	30	D	C5C6	7	0,05	0,05	0,05	0,05
I.M.M.	13841323B*	9	D	C5C6C7	5,3	0,05	0,05	0,05	0,05
J.J.F.C.	13718281B*	27	E	C5C6C7	15	0,2	0,05	0,05	0,05
J.P.B.N.	1649012**	28	E	C5C6	6	0,05	0,05	0,05	0,05
J.C.S.	13671045B*	34	E	C5C6	11,5	2	0,2	0,2	0,05
J.G.A.	13828068G*	35	D	C5C6	5	10	4	2	2
L.F.J.	77101386K*	40	E	C5C6	6	0,05	0,05	0,05	0,05
L.P.S.	13810464H*	31	D	C5C6	5	0,05	0,05	0,05	0,05
M.I.	3472728**	27	E	C5C6C7	8	0,2	0,05	0,05	0,05
M.S.C.	77105340I*	24	E	C5C6	4	0,05	0,05	0,05	0,05
R.M.N.S.	13791192K*	32	E	C5C6	4,3	0,05	0,05	0,05	0,05
T.O. M.	4722387**	22	E	C5C6	4,6	0,05	0,05	0,05	0,05
V.A.V.S.	13818060J*	28	E	C5C6	8	0,05	0,05	0,05	0,05
V.R.	13786618A*	36	D	C5C6C7	7	0,05	0,05	0,05	0,05
U.L.K.	1374745K*	19	E	C5C6	10	0,05	0,05	0,05	0,05

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: Doze meses após a cirurgia; Clínica: Raízes predominantemente comprometidas; D: Direito; E: Esquerdo; I: Idade, em anos; L: Lado; NR: Não realizado (o doente apresentava uma amputação pós-traumática da primeira falange); Identif.: Identificação; Pré: Antes da cirurgia; T: intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia, em meses; *Hospital das Clínicas da FMUSP; **Hospital Santa Marcelina

Anexo C - Planilha com os resultados individuais da sensibilidade discriminatória estática, mensurada em milímetros, na polpa digital do primeiro (I) dedo, limiar de percepção tátil (PT), em gramas, e sensibilidade discriminatória estática avaliadas na polpa digital do segundo (II) dedo nos doentes submetidos à reinervação única

Identif.	Discriminação no I dedo				PT no II dedo				Discriminação no II dedo			
	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M
A.O.	NR	NR	NR	NR	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	3	2
C.P.S.J.	3	2	2	3	0,05	0,05	0,05	0,05	2	3	3	3
E.A.A.	10	9	5	5	0,2	0,2	0,2	0,2	5	4	4	4
E.C.M.	AD	AD	AD	AD	0,05	0,05	0,05	0,05	AD	AD	AD	AD
E.J.M.	AD	AD	AD	AD	0,05	0,05	0,05	0,05	6	5	5	3
G.M.A.	5	5	4	3	0,05	0,05	0,05	0,05	5	4	4	3
I.M.M.	4	4	3	3	0,05	0,05	0,05	0,05	4	3	3	3
J.J.F.C.	6	4	4	4	0,05	0,05	0,05	0,05	4	3	4	3
J.P.B.N.	7	5	6	5	0,05	0,05	0,05	0,05	7	7	5	6
J.C.S.	8	8	6	5	0,05	0,2	0,05	0,05	7	6	5	5
J.G.A.	AD	AD	AD	15	10	2	2	2	11	9	9	9
L.F.J.	AD	15	14	14	0,05	0,2	0,2	0,05	AD	15	AD	AD
L.P.S.	3	3	3	3	0,05	0,05	0,05	0,05	4	3	3	3
M.I.	AD	AD	AD	7	0,05	0,05	0,05	0,05	3	5	3	3
M.S.C.	8	7	7	6	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
R.M.N.S.	5	5	4	4	0,05	0,05	0,05	0,05	5	5	5	4
T.O. M.	3	3	3	3	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
V.A.V.S.	8	8	8	7	0,05	0,05	0,05	0,05	5	5	5	5
V.R.	4	3	4	3	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	4
U.L.K.	9	6	6	6	0,05	0,05	0,05	0,05	6	6	4	4

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: 12 Meses após a cirurgia; AD: Ausência de discriminação de dois pontos; PT: Limiar de percepção tátil; NR: Não realizado (o doente apresentava uma amputação pós-traumática da primeira falange); Pré: Antes da cirurgia; Identif.: Identificação

Anexo D - Planilha com os resultados individuais relacionados à mensuração do limiar de percepção tátil (PT), em gramas, e sensibilidade discriminatória estática avaliadas na polpa digital do quinto (V) dedo, em milímetros, nos doentes submetidos à reinervação única

Identificação	PT no V dedo				Discriminação no V dedo			
	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M
A.O.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	4
C.P.S.J.	0,05	0,05	0,05	0,05	2	3	3	3
E.A.A.	0,2	0,2	0,2	0,2	5	4	2	2
E.C.M.	0,05	0,05	0,05	0,05	5	5	5	3
E.J.M.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	3
G.M.A.	0,05	0,05	0,05	0,05	5	5	5	4
I.M.M.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	3
J.J.F.C.	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	2	2
J.P.B.N.	0,05	0,2	0,05	0,05	5	4	4	4
J.C.S.	0,05	0,2	0,05	0,05	7	8	7	6
J.G.A.	0,05	0,05	0,05	0,05	6	4	3	3
L.F.J.	0,05	0,05	0,05	0,05	7	6	6	4
L.P.S.	0,05	0,2	0,05	0,05	5	3	3	3
M.I.	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	4
M.S.C.	0,05	0,05	0,05	0,05	2	3	3	3
R.M.N.S.	0,05	0,2	0,05	0,05	4	4	4	4
T.O. M.	0,05	0,05	0,05	0,05	3	5	2	2
V.A.V.S.	0,05	0,05	0,05	0,05	5	3	3	3
V.R.	300	300	300	300	AD	AD	AD	AD
U.L.K.	0,05	0,05	0,05	0,05	2	2	2	2

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: 12 meses após a cirurgia; AD: Ausência de discriminação de dois pontos; PT: Limiar de percepção tátil; Pré: Antes da cirurgia

Anexo E - Planilha com os resultados individuais relacionados às medidas da força de preensão na mão, força de pinça do polegar, força de flexão do antebraço mensurada através da escala MRC (MRC), força de flexão do antebraço avaliada pelo dinamômetro no lado da lesão (LL), no lado íntegro (LI) e quantificada em quilograma força, e índice da força de flexão do antebraço (IF) nos doentes submetidos à reinervação única

Identif.	Força de preensão na mão				Força de pinça do polegar				Força de flexão do antebraço			
	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M	MRC	LL	LI	IF
A.O.	22	22	26	26	2,5	2,5	3	5	2	0,9	14,65	0,06
C.P.S.J.	22	30	37	43	4	6	7	9	2	1,05	25,65	0,04
E.A.A.	19	23	24	29	3	3	3,5	4,5	4	5,75	25,7	0,22
E.C.M.	20	22	24	26	4	4,5	4,5	5,5	3	1,70	28,1	0,06
E.J.M.	28	32	34	38	5	5	5,5	6,5	3	6,10	24,1	0,25
G.M.A.	30	24	25	34	7	5,5	9	9	4	15,25	24,4	0,63
I.M.M.	19	19	20	22	3	3,5	3,5	5,5	4	1,75	9,8	0,18
J.J.F.C.	16	16	18	20	3,5	3,5	3,5	4,5	3	3,45	13,9	0,25
J.P.B.N.	22	24	26	28	4	4,5	5	6	4	5,25	22,45	0,23
J.C.S.	21	24	28	32	7,5	8,5	8,5	9	4	5,95	24,25	0,25
J.G.A.	22	22	26	30	5	5	5	6	3	3,35	16,75	0,20
L.F.J.	18	19	20	22	3	4,8	5	5	2	2,75	19	0,14
L.P.S.	22	22	24	24	2,5	3	3	5,5	4	4,90	20,1	0,24
M.I.	20	10	14	22	6	6,5	6,5	7	4	7,00	24	0,29
M.S.C.	24	24	25	26	4,5	4,5	5	5	4	6,25	24,25	0,26
R.M.N.S.	20	22	29	30	4	4	4,5	4,5	3	3,10	16,8	0,18
T.O. M.	32	34	34	35	5,5	7,5	9	9	3	3,35	24,15	0,14
V.A.V.S.	22	24	27	34	3	3	4,5	5,5	3	2,05	18,2	0,11
V.R.	19	11	16	24	4	2,5	3	4	1	0,95	31,75	0,03
U.L.K.	22	22	26	26	5	5	5	5,7	3	2,00	12	0,17

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: seis meses após a cirurgia; 12M: 12 meses após a cirurgia; Identif.: Identificação; IF: Índice da força de flexão do antebraço; LI: Força de flexão do antebraço no lado íntegro mensurada através do dinamômetro; LL: Força de flexão do antebraço no lado da lesão mensurada através do dinamômetro; MRC: Gradação da força de flexão do antebraço através da escala proposta pelo Medical Research Council; Pré: Antes da cirurgia

Anexo F - Planilha com os resultados individuais relacionados à idade (I), lado (L), clínica, intervalo de tempo, em meses, entre a lesão do plexo braquial e a cirurgia (T) e limiar de percepção tátil, em gramas, avaliada na polpa digital do primeiro (I) dedo nos doentes submetidos à reinervação dupla

Identificação	Registro	I	L	Clínica	T	Limiar de percepção tátil no I dedo			
						Pré	3 M	6 M	12 M
A.N.O.	13853194E*	30	E	C5C6	12	0,05	0,05	0,05	0,05
A.C.S.	1449024**	40	E	C5C6	12	0,2	0,05	0,05	0,05
A.R.L.A.	13863692C*	27	D	C5C6	5,6	2	0,2	0,2	0,2
A.N.O.	13853194E*	30	E	C5C6	12	0,05	0,05	0,05	0,05
B.L.T.	77103632H*	24	D	C5C6	8,1	0,2	0,2	0,2	0,2
C.F.U.	1945040**	21	E	C5C6C7	6,3	0,05	0,05	0,05	0,05
E.R.S.	77078697B*	25	D	C5C6	8	0,05	0,05	0,05	0,05
E.L.C.	13842263K*	34	E	C5C6	8,3	2	2	0,05	0,05
G.J.C.B.	13848513F*	43	E	C5C6C7	8,6	0,05	0,05	0,05	0,05
H.P.S.	77101768J*	21	E	C5C6C7	5,4	0,2	0,2	0,2	0,2
I.J.S.	13836027B*	26	D	C5C6	8	0,05	0,2	0,05	0,05
I.G.S.	77106181J*	49	D	C5C6	7,5	0,05	0,05	0,05	0,05
J.A.B.	77101497C*	21	D	C5C6	3,5	0,05	0,2	0,2	0,05
L.A.A.	77100486A*	46	D	C5C6	7,2	0,2	0,2	0,05	0,05
R.A.J.	1918037**	20	D	C5C6	6	0,2	0,2	0,05	0,05
S.O.S.	77103173D*	41	E	C5C6	7	0,2	0,2	0,05	0,05
T.G.O.	13828069F*	22	E	C5C6	10	2	0,2	0,05	0,05
V.S.F.	431595**	20	E	C5C6	5,3	0,2	0,2	0,2	0,05
W.F.C.	13765609I*	24	D	C5C6	8,5	0,2	0,2	0,05	0,05
W.R.M.	13844921I*	20	D	C5C6	7	0,2	0,05	0,05	0,05

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: Doze meses após a cirurgia; Clínica: raízes predominantemente comprometidas; D: Direito; E: Esquerdo; I: Idade, em anos; L: Lado; Pré: Antes da cirurgia; T: Intervalo de tempo entre a lesão e a cirurgia, em meses; *Hospital das Clínicas da FMUSP;

**Hospital Santa Marcelina

Anexo G - Planilha com os resultados individuais relacionados à sensibilidade discriminatória estática na polpa digital do primeiro (I) dedo, mensurada em milímetros, limiar de percepção tátil (PT), em gramas, e sensibilidade discriminatória estática avaliadas na polpa digital do segundo (II) dedo nos doentes submetidos à reinervação dupla

Identificação	Discriminação no I dedo				PT no II dedo				Discriminação no II dedo			
	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M
A.N.O.	AD	8	7	7	0,05	0,05	0,05	0,05	AD	6	7	7
A.C.S.	AD	15	15	15	0,05	0,05	0,05	0,05	9	8	8	7
A.R.L.A.	6	4	4	4	2	0,05	0,05	0,05	4	4	4	4
A.N.O.	AD	7	7	7	0,05	0,05	0,05	0,05	AD	4	4	4
B.L.T.	AD	AD	15	15	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	3
C.F.U.	3	3	3	3	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
E.R.S.	6	6	6	6	0,05	0,05	0,05	0,05	8	8	7	7
E.L.C.	15	15	6	6	0,05	0,05	0,05	0,05	8	6	5	5
G.J.C.B.	5	5	5	5	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	3
H.P.S.	10	10	8	8	0,2	0,2	0,05	0,05	7	7	6	6
I.J.S.	3	3	3	3	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
I.G.S.	5	3	3	3	0,05	0,05	0,05	0,05	5	3	3	3
J.A.B.	9	7	7	6	0,05	0,05	0,05	0,05	AD	9	7	7
L.A.A.	4	4	4	4	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	2	2
R.A.J.	3	5	3	3	0,05	0,05	0,05	0,05	3	4	3	3
S.O.S.	5	5	4	4	0,05	0,05	0,05	0,05	2	2	2	2
T.G.O.	AD	5	3	3	0,2	0,05	0,05	0,05	AD	5	3	3
V.S.F.	7	4	4	4	0,2	0,2	0,05	0,05	8	4	4	4
W.F.C.	8	8	5	5	0,05	0,05	0,05	0,05	5	5	4	4
W.R.M.	8	8	6	6	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	4

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: 12 meses após a cirurgia;

AD: Ausência de discriminação de dois pontos; PT: Limiar de percepção tátil; Pré: Antes da cirurgia

Anexo H - Planilha com os resultados individuais relacionados à mensuração do limiar de percepção tátil (PT), em gramas, e sensibilidade discriminatória estática avaliadas na polpa digital do quinto (V) dedo, em milímetros, nos doentes submetidos à reinervação dupla

Identificação	PT no V dedo				Discriminação no V dedo			
	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M
A.N.O.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	5	4
A.C.S.	0,05	0,05	0,05	0,05	7	5	5	4
A.R.L.A.	2	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
A.N.O.	0,05	0,05	0,05	0,05	6	4	4	4
B.L.T.	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
C.F.U.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	2	2
E.R.S.	0,05	0,05	0,05	0,05	15	15	15	13
E.L.C.	0,05	0,05	0,05	0,05	5	4	2	2
G.J.C.B.	0,05	0,05	0,05	0,05	5	3	3	2
H.P.S.	0,05	0,05	0,05	0,05	6	6	6	5
I.J.S.	0,05	0,05	0,05	0,05	5	3	3	3
I.G.S.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	3	3	3
J.A.B.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	4
L.A.A.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	4	3
R.A.J.	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
S.O.S.	0,05	0,05	0,05	0,05	2	2	2	2
T.G.O.	0,2	0,05	0,05	0,05	3	4	4	3
V.S.F.	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
W.F.C.	0,05	0,05	0,05	0,05	3	3	3	3
W.R.M.	0,05	0,05	0,05	0,05	4	4	3	3

Legenda: 3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: 12 meses após a cirurgia; PT: Limiar de percepção tátil; Pré: Antes da cirurgia

Anexo I - Planilha com os resultados individuais relacionados às medidas da força de preensão na mão, força de pinça do polegar, força de flexão do antebraço mensurada através da escala MRC (MRC), força de flexão do antebraço avaliada pelo dinamômetro no lado da lesão (LL), no lado íntegro (LI) e quantificada em quilograma força, e índice da força de flexão do antebraço (IF) nos doentes submetidos à reinervação dupla

Identif.	Força de preensão na mão				Força de pinça do polegar				Força de flexão do antebraço			
	Pré	3 M	6 M	12 M	Pré	3 M	6 M	12 M	MRC	LL	LI	IF
A.N.O.	40	36	38	40	9	8,5	9,5	9,5	4	4,95	28	0,18
A.C.S.	18	22	24	30	5	5,5	6,5	8	3	3,95	27	0,15
A.R.L.A.	32	39	42	43	6,5	9	10	10	4	8,2	23,45	0,35
A.N.O.	38	38	38	40	9	8,5	9	9,5	4	4,95	28	0,18
B.L.T.	43	40	44	46	8	6	7,5	9	3	2,3	21,75	0,11
C.F.U.	8	8	10	15	2	1,5	3	3	4	6,4	24,5	0,26
E.R.S.	10	10	11	12	1,5	1,5	2	2,25	3	3,60	20,05	0,18
E.L.C.	36	38	40	40	8,25	8,5	8,5	8,5	3	5,65	23,6	0,24
G.J.C.B.	18	15	23	26	3,5	1,75	3,75	4,5	3	4,25	25,15	0,17
H.P.S.	8	12	17	22	2,5	3	3,5	5,5	3	3,35	16,25	0,21
I.J.S.	30	32	35	44	5	5,5	5,5	6	3	4,7	19,1	0,25
I.G.S.	14	14	20	35	4	4,5	5	5	4	4,7	22,95	0,20
J.A.B.	19	22	24	24	5,5	7,5	8	8,25	4	6,90	21,2	0,33
L.A.A.	18	18	20	22	5,5	5,5	6	6	4	10,75	24	0,45
R.A.J.	18	22	30	30	6	5,75	7,5	8,5	4	8,40	24,75	0,34
S.O.S.	28	20	24	29	4,5	5	6	6	4	2,1	11,35	0,19
T.G.O.	26	26	26	33	4	4	6,5	6,75	4	6,35	16,15	0,39
V.S.F.	19	14	26	32	3	4	6,5	7,5	4	10,15	32,35	0,31
W.F.C.	38	32	39	39	5,5	5,5	6	6	3	3,40	23,7	0,14
W.R.M.	24	24	28	32	5,5	4	5,5	7,75	4	6,90	17,2	0,40

3M: Três meses após a cirurgia; 6M: Seis meses após a cirurgia; 12M: 12 meses após a cirurgia; FF: Força de flexão do antebraço; identif.: identificação; IF: Índice da força de flexão do antebraço; LI: Força de flexão do antebraço no lado íntegro mensurada através do dinamômetro;; LL: Força de flexão do antebraço no lado da lesão mensurada através do dinamômetro;; MRC: Gradação da força de flexão do antebraço através da escala proposta pelo Medical Research Council; Pré: Antes da cirurgia

9 REFERÊNCIAS

Addas BMJ, Midha R. Nerve transfer for severe nerve injury. *Neurosurg Clin N Am*. 2009; 20:27-38.

Ahmed-Labib M, Golan JD, Jacques L. Functional outcome of brachial plexus reconstruction after trauma. *Neurosurgery*. 2007; 61:1016-23.

Akasaka Y, Hara T, Takahashi M. Free muscle transplantation combined with intercostal nerve crossing for reconstruction of elbow flexion and wrist extension in brachial plexus injuries. *Microsurgery*. 1991; 12:346-51.

Aldridge JW, Bruno RJ, Strauch RJ, Rosenwasser MP. Management of acute and chronic biceps tendon rupture. *Hand Clin*. 2000; 16:497-503.

Belzberg AJ, Dorsi MJ, Storm PB, Moriarity JL. Surgical repair of brachial plexus injury: a multinational survey of experienced peripheral nerve surgeons. *J Neurosurg*. 2004; 101: 365-76.

Bernstein AD, Breslow MJ, Jazrawi LM: Distal biceps tendon ruptures: a historical perspective and current concepts. *Am J Orthop*. 2001; 30:193-200.

Bertelli JA, Ghizoni MF. Reconstruction of C5 and C6 brachial plexus avulsion injury by multiple nerve transfers: spinal accessory to suprascapular, ulnar fascicles to biceps branch, and triceps long or lateral head branch to axillary nerve. *J Hand Surg (Am)*. 2004; 29:131-99.

Bhardwaj P, Bhardwaj N. Motor grading of elbow flexion – is Medical Research Council grading good enough? *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2009; 4:3.

Bonnel F. Microscopic anatomy of the adult human brachial plexus: an anatomical and histological basis for microsurgery. *Microsurgery*. 1984; 5:107-17.

Bonney G. The value of axon responses in determining the site of lesion in traction injuries of the brachial plexus. *Brain*. 1954; 77:588-609.

Boyd KU, Nimigan AS, Mackinnon S. Nerve reconstruction in the hand and upper extremity. *Clin Plast Surg*. 2011; 38:643-60.

Brenner MJ, Hess JR, Myckatyn TM, Hayashi A, Hunter DA, Mackinnon SE. Repair of motor nerve gaps with sensory nerve inhibits regeneration in rats. *Laryngoscope*. 2006; 116:1685-92.

Brunelli G, Monini L. Neurotization of avulsed roots of brachial plexus by means of anterior nerves of cervical plexus. *Clin Plast Surg*. 1984; 11:149-52.

Bunge RP. The role of the Schwann cell in trophic support and regeneration. *J Neurol*. 1994; 241:S19-21.

Carlsen BT, Kirchner MF, Spinner RJ, Bishop AT, Shin AY. Comparison of single versus double nerve transfers for elbow flexion after brachial plexus injury. *Plast Reconstr Surg*. 2011; 127:269-76.

Chiarapattanakom P, Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit C, Thuvasethakul P. Anatomy and internal topography of the musculocutaneous nerve: the nerves to the biceps and brachialis muscle. *J Hand Surg (Am)*. 1998; 23:250-5.

Chuang DC. Adult brachial plexus reconstruction with the level of injury: review and personal experience. *Plast Reconstr Surg*. 2009; 124: 359-69.

Chuang DC. Nerve transfers in adult brachial plexus injuries: my methods. *Hand Clin*. 2005; 21:71-82.

Clark LP, Taylor AS, Prout TP. Study on brachial birth palsy. *Am J Med Sci*. 1905; 130:670-707.

Coulet B, Boretto JG, Lazerges C, Chammas M. A comparison of intercostal and partial ulnar nerve transfers in restoring elbow flexion following upper brachial plexus injury (C5-C6+/-C7). *J Hand Surg (Am)*. 2010; 35:1297-303.

Crosby PM, Dellon AL. Comparison of two-point discrimination testing devices. *Microsurgery*. 1989; 10:134-7.

D'Agostino RB, Belanger A, D'Agostino Jr. RB. A suggestion for using powerful and informative tests of normality. *Amer Statist*. 1990; 44: 316-21.

Davis L, Martin J, Perret G. The treatment of injuries of the brachial plexus. *Ann Surg*. 1947; 125:647-57.

Dawson GD, Scott JW. The recording of nerve action potentials through skin in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*. 1949; 12:259-67.

Dvali L, Mackinnon S. Nerve repair, grafting, and nerve transfers. *Clin Plastic Surg*. 2003; 30:203-221.

Estrella EP. Functional outcome of nerve transfers for upper-type brachial plexus injuries. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2011; 64:1007-13.

Ferraresi S, Garozzo D, Buffatti P. Reinnervation of the biceps in C5–7 brachial plexus avulsion injuries: results after distal bypass surgery. *Neurosurg Focus*. 2004; 16:1-4.

Ferreira ACC, Shimano AC, Mazzer N, Barbieri CH, Elui VMC, Fonseca MCR. Força de preensão palmar e pinças em indivíduos sadios entre 6 e 19 anos. *Acta Ortop Bras*. 2011; 19:92-7.

Figueiredo IM, Sampaio RF, Mancini MC, Silva FCM, Souza MAP. Teste de força de preensão utilizando o dinamômetro de Jamar. *Acta Fisiatr*. 2007; 14:104-110.

Freilinger G, Holle J, Sulzgruber SC. Distribution of motor and sensory fibers in the intercostal nerves. Significance in reconstructive surgery. *Plast Reconstr Surg*. 1978; 62:240-4.

Garg R, Merrell GA, Hillstrom HJ, Wolfe SW. Comparison of nerve transfers and nerve grafting for traumatic upper plexus palsy: a systematic review and analysis. *J Bone Joint Surg (Am)*. 2011; 93:819-29.

Giuffre JL, Kakar S, Bishop AT, Spinner RJ, Shin AY. Current concepts of the treatment of adult brachial plexus injuries. *J Hand Surg (Am)*. 2010; 35:678-88.

Goubier JN, Teboul F. Technique of the double nerve transfer to recover elbow flexion in C5, C6, or C5 to C7 brachial plexus palsy. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2007; 11:15-7.

Gousheh J. Surgical technique for the treatment of C5 and C6 root avulsion. *Acta Neurochir (Wien)*. 2007; 100(Suppl):13-14.

Grondin RT, Durand S, Oberlin C. *Fascicular nerve transfers to restore elbow flexion*. In Midha R, Zager ER (eds.): *Surgery of Peripheral Nerves: A Case-Based Approach*. New York: Thieme, 2008, pp 60-64.

Gu YD, Wu MM, Zhen YL, Zhao JA, Zhang GM, Chen DS, Yan JQ, Cheng XM. Phrenic nerve transfer for brachial plexus motor neurotization. *Microsurgery*. 1989; 10:287-9.

Gu YD. Cervical nerve root transfer from the healthy side in the treatment of brachial plexus root avulsion. *Natl Med J Chin*. 1989; 69: 563-5.

Harris W, Low VW. On the importance of accurate muscular analysis in lesions of the brachial plexus; and the treatment of Erb's palsy and infantile paralysis of the upper extremity by cross-union of nerve roots. *BMJ* 1903; 2:1035-8.

Hodes R, Larrabee MG, German W. The human electromyogram in response to nerve stimulation and the conduction velocity of motor axons: studies on normal and on injured peripheral nerves. *Arch Neurol Psychiatr*. 1948; 60:340-65.

Humphreys DB, MacKinnon SE. Nerve transfers. *Oper Tech Plast Reconstr Surg*. 2002; 9:89-99.

James MA. Use of the Medial Research Council muscle strenght grading system in the upper extremity. *J Hand Surg (Am)*. 2007; 32:154-6.

Jivan S, Kumar N, Wiberg M, Kay S. The influence of pre-surgical delay on functional outcome after reconstruction of brachial plexus injuries. *J Plast Reconstr Aest Surg*. 2009; 62:472-9.

Kawai H. Historical review of the brachial plexus palsy. In: Kawai H; Kawabata H. *Brachial plexus palsy*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., London, 2000. p. 25-30.

Kim DH, Cho Y, Tiel RL, Kline DG. Outcomes of surgery in 1019 brachial plexus lesions treated at Louisiana State University Health Sciences Center. *J Neurosurg*. 2003; 98:1005-16.

Kline DG, Nulsen FE. The neuroma in continuity: its preoperative and operative management. *Surg Clin North Am*. 1972; 52:1189-209.

Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit C, Thuvasethakul P, Ketmalasiri W. Nerve transfer to biceps muscle using a part of the ulnar nerve in brachial plexus injury (upper arm type): a report of 32 cases. *J Hand Surg (Am)*. 1998; 23:711-6.

Leechavengvongs S, Witoonchart K, Uerpaiojkit C, Thuvasethakul P, Malungpaishrope K. Combined nerve transfers for C5 and C6 brachial plexus avulsion injury. *J Hand Surg (Am)*. 2006; 31:183-9.

Lehman LF, Orsini MB, Nicholl AR. The development and adaptation of the Semmes-Weinstein monofilaments in Brazil. *J Hand Ther.* 1993; 6:290-7.

Little KM, Zomorodi AR, Selznick LA, Friedman AH. An eclectic history of peripheral nerve surgery. *Neurosurg Clin N Am.* 2004; 15:109-23.

Liverneaux PA, Diaz LC, Beaulieu J, Durand S, Oberlin C. Preliminary results of double nerve transfer to restore elbow flexion in upper type brachial plexus palsies. *Plast Reconst Surg.* 2006; 117: 915-9.

Loy S, Bhatia A, Asfazadourian H, Oberlin C. Ulnar nerve fascicle transfer onto to the biceps muscle nerve in C5-C6 or C5-C6-C7 avulsions of the brachial plexus. Eighteen cases. *Ann Chir Main Memb Super.* 1997; 16:275-84.

Lundborg G, Rosén B. The two-point discrimination test – time for a re-appraisal. *J Hand Surg (Br).* 2004; 29:418-22.

Lurje A. Concerning surgical treatment in traumatic injury of the upper division of the brachial plexus (Erb's type). *Ann Surg.* 1948; 127:317-26.

MacAvoy MC, Green DP. Critical reappraisal of Medical Research Council muscle testing for elbow flexion. *J Hand Surg (Am).* 2007; 32:149-53.

Mackinnon SE, Novak CB, Myckatyn TM, Tung TH. Results of reinnervation of the biceps and brachialis muscles with a double fascicular transfer for elbow flexion. *J Hand Surg (Am).* 2005; 30:978-85.

Malessy MJ, Bakker D, Dekker AJ, *et al.* Functional magnetic resonance imaging and control over the biceps muscle after intercostal-musculocutaneous nerve transfer. *J Neurosurg.* 2003; 98:261-8.

Malessy MJ, Thomeer RT, van Dijk JG. Changing central nervous system control following intercostal nerve transfer. *J Neurosurg.* 1998; 89:568-74.

Martins RS, Barbosa RA, Siqueira MG, Soares MS, Heise CO, Foroni L, Teixeira MJ. Morbidity following sural nerve harvesting: A prospective study. *Clin Neurol Neurosurg.* 2012 Mar 15. [Epub ahead of print]

Martins RS, Siqueira MG, Heise CO, Teixeira MJ. Transfer of a fascicle from the posterior cord to the suprascapular nerve after injury of the upper roots of the brachial plexus: technical case report. *Neurosurgery.* 2009; 65:823-5.

Martins RS, Siqueira MG, Socolovsky M. Técnicas de reconstrucción nerviosa. In Basso A, Carrizo A, Mezzadri JJ, Golland J, Socolovsky M (Eds). *Neurocirugía: aspectos clínicos y quirúrgicos.* Rosario: Editorial Corpus; 2010. p. 1141-50.

McGillicuddy JE. Clinical decision making in brachial plexus injuries. *Neurosurg Clin N Am.* 1991;2:137-50.

Medical Research Council - MRC. *Aids to the investigation of peripheral nerve injuries.* War memorandum n° 7, 2nd ed. London: Her Majesty's Stationery Office, 1943. p. 1-2.

- Merrell GA, Barrie KA, Katz DL, Wolfe SW. Results of nerve transfer techniques for restoration of shoulder and elbow function in the context of a meta-analysis of the English literature. *J Hand Surg (Am)*. 2001; 26:303-14.
- Midha R. Nerve transfers for severe brachial plexus injuries: a review. *Neurosurg Focus*. 2004; 16(5):E5.
- Millesi H. Surgical management of brachial plexus injuries. *J Hand Surg (Am)*. 1977; 2:367-78.
- Monreal R. Steindler flexorplasty to restore elbow flexion in C5-C6-C7 brachial plexus palsy type. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2007; 2:15.
- Murphey F, Hartung W, Kirklin JW. Myelographic demonstration of avulsing injury of the brachial plexus. *Am J Roentgenol Radium Ther*. 1947; 58:102-5.
- Naff NJ, Ecklund JM. History of peripheral nerve surgery techniques. *Neurosurg Clin N Am*. 2001; 12:197-210.
- Narakas AO. Surgical treatment of traction injuries of the brachial plexus. *Clin Orthop*. 1978; 133:71-90.
- Narakas AO. Brachial plexus surgery. *Orthop Clin North Am*. 1981; 12:303-23.
- Narakas AO. Thoughts on neurotization or nerve transfers in irreparable nerve lesions. *Clin Plast Surg*. 1984; 11:153-9.
- Nath RK, Lyons AB, Bietz G. Physiological and clinical advantages of median nerve fascicle transfer to the musculocutaneous nerve following brachial plexus root avulsion injury. *J Neurosurg*. 2006; 105:830-4.

Nath RK, Mackinnon SE, Shenaq SM. New nerve transfers following peripheral nerve injuries. *Oper Techn Plast Reconstr Surg*. 1997; 4:2-11.

Novak CB, Mackinnon SE, Tung THH. Patient outcome following a thoracodorsal to musculocutaneous nerve transfer for reconstruction of elbow flexion. *Br J Plast Surg*. 2002; 55:416-9.

Oberlin C, Ameer NE, Teboul F, Beaulieu JY, Vacher C. Restoration of elbow flexion in brachial plexus injury by transfer of ulnar nerve fascicles to the nerve to the biceps. *Tech Hand Up Extrem Surg*. 2002; 6:86-90.

Oberlin C, Beal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ. Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. *J Hand Surg (Am)*. 1994; 19:232-7.

Palazzi S, Palazzi JL, Caceres JP. Neurotization with the brachialis muscle motor nerve. *Microsurgery*. 2006; 26:330-3.

Ray WZ, Mitchell AP, Yee A, MacKinnon SE. Double fascicular nerve transfer to the biceps and brachialis muscles after brachial plexus injury: clinical outcomes in a series of 29 cases. *J Neurosurgery*. 2011; 114:1520-8.

Samardzic M, Rasulic LG, Grujic DM, Bacetic DT, Milicic BR. Nerve transfers using collateral branches of the brachial plexus as donors in patients with upper palsy - thirty years' experience. *Acta Neurochir*. 2011; 153:2009-19.

Samii A, Carvalho GA, Samii M. Brachial plexus injury: factors affecting functional outcome in spinal accessory nerve transfer for the restoration of elbow flexion. *J Neurosurg*. 2003; 98:307-12.

Sedain G, Sharma MS, Sharma BS Mahapatra AK. Outcome after delayed Oberlin transfer in brachial plexus surgery. *Neurosurgery*. 2011; 69:822-8.

Seddon HJ. Nerve grafting. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1963; 45:447-61.

Seddon HJ. The use of autogenous grafts for the repair of large gaps in peripheral nerves. *Br J Surg*. 1947; 35:151-7.

Seddon HJ. Three types of nerve injury. *Brain*. 1943; 66:237-8.

Shin AY, Spinner RJ, Bishop AT. Nerve transfers for brachial plexus injuries. *Oper Tech Orthop*. 2004; 14:199-212.

Siqueira MG, Martins RS. Nervo Musculocutâneo - Anatomia e Acesso Cirúrgico. In Siqueira MG, Martins RS (Eds.). *Anatomia cirúrgica das vias de acesso aos nervos periféricos*. Rio de Janeiro: Di Livros, 2005a. p. 73-6

Siqueira MG, Martins RS. Nervo Ulnar - Anatomia e Acesso Cirúrgico. In Siqueira MG, Martins RS (Eds.). *Anatomia cirúrgica das vias de acesso aos nervos periféricos*. Rio de Janeiro: Di Livros, 2005b. p. 39-49.

Siqueira MG, Martins RS. Phrenic nerve transfer in the restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injuries: how effective and safe it is? *Neurosurgery*. 2009; 65:125-31.

Siqueira MG, Martins RS. Técnicas de reparo cirúrgico do plexo braquial: II. Transferências intraplexuais de nervos. In Siqueira MG, Martins RS (Eds.). *Lesões do plexo braquial*. Rio de Janeiro: Di Livros, 2011. p. 95-106.

Smith JW. Microsurgery of peripheral nerves. *Plast Reconstr Surg*. 1964; 33:317-29.

Songcharoen P, Mahaisavariya B, Chotigavanich C. Spinal accessory neurotization for restauration of elbow flexion in avulsion injuries of the brachial plexus. *J Hand Surg (Am)*. 1996; 21:387-90.

Spinner RJ, Shin AY, Bishop AT. Update on brachial plexus surgery in adults. *Curr Opin Orthopaed*. 2004; 15:203-14.

Stockinger T, Aszmann OC, Frey M. Clinical application of pectoral nerve transfers in the treatment of traumatic brachial plexus injuries. *J Hand Surg (Am)*. 2008; 33:1100-7.

Sulaiman OAR, Gordon T. Role of chronic Schwann cell denervation in poor functional recovery after nerve injuries and experimental strategies to combat it. *Neurosurgery*. 2009; 65:105-14.

Sulaiman OAR, Kim DD, Burket C, Kline DG. Nerve transfer for adult brachial plexus injury: a 10-year experience at Louisiana State University. *Neurosurgery*. 2009; 65:55-62.

Sulaiman OAR, Midha R, Munro CA, Matsuyama T, Al-Majed A, Gordon T. Chronic Schwann cell denervation and the presence of a sensory nerve reduce motor axonal regeneration. *Exp Neurol*. 2002; 176:342-4.

Sungpet A, Suphachatwong C, Kawinwonggowit V, Patradul A. Transfer of a single fascicle from the ulnar nerve to the biceps muscle after avulsions of upper roots of the brachial plexus. *J Hand Surg (Br)*. 2000; 25:325-8.

Sungpet A, Suphachatwong C, Kawinwonggowit V. One-fascicle median nerve transfer to biceps muscle in C5 and C6 root avulsions of brachial plexus injury. *Microsurgery*. 2003; 23:10-3.

Taylor AS. Brachial birth palsy and injuries of similar types in adults. *Surg Gynecol Obstet*. 1920; 30:494.

Taylor AS. Results from the surgical treatment of brachial plexus palsy. *JAMA*. 1907; 48:96.

Teboul F, Kakkar R, Ameer N, Beaulieu JY, Oberlin C. Transfer of fascicles from the ulnar nerve to the nerve to the biceps in the treatment of upper brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg (Am)*. 2004; 86:1485-90.

Teixeira MJ. Caracterização e tratamento da dor em doentes com avulsões plexulares [tese livre-docência]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2005.

Terzis JK, Barbitsioti A. Primary restoration of elbow flexion in adult post-traumatic plexopathy patients. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2012;65:72-84.

Terzis JK, Kokkalis ZT, Kostopoulos E. Contralateral C7 transfer in adult plexopathies. *Hand Clin*. 2008; 24:389-400.

Terzis JK, Kostopoulos VK. The surgical treatment of brachial plexus surgery in adults. *Plast Reconstr Surg*. 2007; 119:73-92.

Terzis JK, Papakonstantinou KC. The surgical treatment of brachial plexus injuries in adults. *Plast Reconstr Surg*. 2000; 106:1097-122.

Thorburn W. A clinical lecture on secondary suture of the brachial plexus. *Br Med J*. 1900; 1:1073-5.

Toussaint CP, Zager EL. The double fascicular nerve transfer for restoration of elbow flexion. *Neurosurgery*. 2011; 68(Suppl 1): 64-7.

Tubbs RS, Jones VL, Loukas M, Cömert A, Shoja MM, Wellons III, JC, Cohen-Gadol AA. Anatomy and landmarks for branches of the brachial plexus: a vade mecum. *Surg Radiol Anat*. 2010; 32:261-70.

Tung TH, MacKinnon SE. Brachial plexus injuries. *Clin Plast Surg*. 2003; 30:269-87.

Tung TH, Novak CB, Mackinnon SE. Nerve transfers to the biceps and brachialis branches to improve elbow flexion strength after brachial plexus injuries. *J Neurosurg*. 2003; 98:313-8.

Tung TH, Weber RV, MacKinnon SE. Nerve transfers for the upper and lower extremities. *Oper Tech Orthop*. 2004; 14:213-22.

Tuttle HK. Exposure of the brachial plexus with nerve transplantation. *JAMA*. 1913; 61:15-7.

Vakris MD, Beris AE, Johnson EO, Korobilas AV, Pafilas D, Vekris AD, Soucacos PN. Musculocutaneous neurotization to restore elbow flexion in brachial plexus paralysis. *Microsurgery*. 2006; 26:325-9.

Vankatramani H, Bhardwaj P, Faruquee SR, Sabapathy SR. Functional outcome of nerve transfer for restoration of shoulder and elbow function in upper brachial plexus injury. *J Brachial Plex Peripher Nerve Inj*. 2008;3:15.

Waikakul S, Wongtragul S, Vanadurongwan V. Restoration of elbow flexion in brachial plexus avulsion injury: comparing spinal accessory nerve transfer with intercostal nerve transfer. *J Hand Surg (Am)*. 1999; 24:571-77.

Winfree CJ, Kline DG. Intraoperative positioning nerve injuries. *Surg Neurol*. 2005; 63:5-18.

Wolford LM, Stevao ELL. Considerations in nerve repair. *Proc (Bayl Univ Med Cent)*. 2003; 16:152-6.

Wood MB, Murray PM. Heterotopic nerve transfers: recent trends with expanding indication. *J Hand Surg (Am)*. 2007; 32:397-408.

Yang ZX, Pho RWH, Kour AK, Pereira BP. The musculocutaneous nerve and its branches to the biceps and brachialis muscles. *J Hand Surg (Am)*. 1995; 20:671-5.

Yeoman PM, Seddon HJ. Brachial plexus injuries: treatment of the flail arm. *J Bone Joint Surg (Br)*. 1961; 43:493-500.

Zheng XY, Hou CL, Gu YD, Shi QL, Guan SB. Repair of brachial plexus lower trunk injury by transferring brachialis muscle branch of musculocutaneous nerve: anatomic feasibility and clinical trials. *Chin Med J (Engl)*. 2008; 121(2):99-104.

Zyaei A, Saied A. Functional outcome of ulnar nerve fascicle transfer for restoration of elbow flexion in upper brachial plexus injury. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2010; 20:293-7.