



Acta Ortopédica Brasileira

ISSN: 1413-7852

1atha@uol.com.br

Sociedade Brasileira de Ortopedia e

Traumatologia

Brasil

Rosa de Rezende, Marcelo; Ferreira Massa, Bruno Sergio; Furlan, Fernando Cesar;  
Mattar Junior, Rames; Leomil de Paula, Emygdio Jose; Silva e Santos, Simone; Freitas,  
Maura Cristina

Avaliação do ganho funcional do cotovelo com a cirurgia de Steindler na lesão do plexo  
braquial

Acta Ortopédica Brasileira, vol. 19, núm. 3, 2011, pp. 154-158

Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia

São Paulo, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65719093008>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

# AVALIAÇÃO DO GANHO FUNCIONAL DO COTOVELO COM A CIRURGIA DE STEINDLER NA LESÃO DO PLEXO BRAQUIAL

EVALUATION OF FUNCTIONAL GAIN OF THE ELBOW FOLLOWING STEINDLER SURGERY FOR BRACHIAL PLEXUS INJURY

**MARCELO ROSA DE REZENDE, BRUNO SERGIO FERREIRA MASSA, FERNANDO CESAR FURLAN, RAMES MATTAR JUNIOR, EMYGDIO JOSE LEOMIL DE PAULA, SIMONE SILVA E SANTOS, MAURA CRISTINA FREITAS**

## RESUMO

Objetivo: Avaliar ganho de força e amplitude de movimento do cotovelo após cirurgia de Steindler Modificada em pacientes com lesão do tronco superior do plexo braquial. Método: Foram acompanhados de 1998 a 2007 onze pacientes com lesão traumática fechada do tronco superior do plexo braquial. Todos apresentavam evolução de pelo menos 1 ano da lesão e grau de força de flexão do cotovelo que variou de M1 a M3. Os pacientes foram submetidos à cirurgia de Steindler modificada e seguidos por período mínimo de 6 meses. Realizadas avaliações pré e pós-operatórias do ganho de força muscular, amplitude de movimento do cotovelo e pontuação conforme escala DASH. Resultados: Dos onze pacientes analisados, nove (82%) atingiram nível de força igual ou maior a M3 (MRC). Dois (18%) chegaram ao nível de força M2(MRC). Observamos que os pacientes apresentaram ganho médio de amplitude de movimento do cotovelo pós-operatória de 43,45 graus. A média de flexão do cotovelo pós-operatória foi de 88 graus. Houve melhora da função do cotovelo demonstrada na Escala DASH em 81% dos pacientes do estudo. Conclusão: A cirurgia de Steindler Modificada mostrou-se eficaz no tratamento dos pacientes com lesão de tronco superior de plexo braquial, com ganho estatisticamente significativo de amplitude de movimento. Em todos os casos algum grau de ganho de força e amplitude de flexão do cotovelo, sendo tanto maior quanto maior a força muscular inicial. Nível de Evidência: Nível II, ensaio clínico prospectivo.

**Descritores:** Procedimentos cirúrgicos reconstrutivos; Plexo braquial; Cotovelo.

**Citação:** Rezende MR, Massa BS, Furlan FC, Mattar Junior R, de Paula EJ, Kimura LK et al. Avaliação do ganho funcional do cotovelo com a cirurgia de Steindler na lesão do plexo braquial. Acta Ortop Bras. [online]. 2011;19(3):154-8. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

## INTRODUÇÃO

A lesão do tronco superior do plexo braquial (C5 e C6) geralmente ocorre devido a mecanismos de alta energia (acidentes automobilísticos, ferimentos por arma de fogo, ferimentos por arma branca, queda de altura, traumas esportivos), atingindo preferencialmente pessoas de faixa etária jovem e produtiva. A incidência deste

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the gain in strength and range of motion after modified Steindler surgery of the elbow in patients with lesions of the upper trunk of the brachial plexus. **Method:** From 1998 to 2007, eleven patients with traumatic closed upper trunk lesion of the brachial plexus were studied. All the patients had development of at least 1 year of injury and degree of strength of elbow flexion ranging from M1 to M3. The patients underwent Steindler surgery with at least 6 months of follow-up. Pre- and post-operative assessments were carried out to determine gain in muscle strength, range of motion of the elbow, and DASH scale score. **Results:** Of the eleven patients studied, nine (82%) achieved a level of strength equal to or greater than M3 (MRC) with good functional recovery. Two (18%) reached strength level M2 (MRC). We observed that the patients had an average postoperative gain in range of motion of the elbow of 43.45 degrees. The average elbow flexion after surgery was 88 degrees. There was an improvement in elbow function, as demonstrated in the DASH Scale, in 81% of the patients studied. **Conclusion:** Modified Steindler surgery was effective in the treatment of patients with injuries of the upper trunk of the brachial plexus, with statistically significant gains in range of motion. In all the cases studied, there was some degree of gain in strength and range of elbow flexion, the gain being correlated with the initial muscle strength. **Level of Evidence:** Level II, prospective clinical trial.

**Keywords:** Reconstructive surgical procedures; Brachial plexus; Elbow.

**Citation:** Rezende MR, Massa BS, Furlan FC, Mattar Junior R, de Paula EJ, Kimura LK et al. Evaluation of functional gain of the elbow following Steindler surgery for brachial plexus injury. Acta Ortop Bras. [online]. 2011;19(3):154-8. Available from URL:<http://www.scielo.br/aob>.

tipo de lesão tem aumentado, coincidindo principalmente com o uso da motocicleta como meio de transporte principalmente nas grandes cidades. No início da década de 70, Narakas<sup>1,2</sup> e Millesi<sup>3</sup> divulgam o resultado de seus trabalhos para a reparação cirúrgica das lesões do plexo braquial. As transferências de nervo representaram um grande avanço no tratamento das lesões do plexo

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

*Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.*

*Trabalho realizado no LIM 41 – Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo-Esquelético do Departamento de Ortopedia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.*

*Correspondência: Bruno Sergio Ferreira Massa. Rua Manoel da Nobrega, nº 1240, ap. 141B, Paraiso, São Paulo, SP. Brasil CEP : 04001-004. E-mail: bsmassa@gmail.com*

Artigo recebido em 14/10/09, aprovado em 10/11/09.

Acta Ortop Bras. 2011;19(3): 154-8

braquial. Oberlin et al.<sup>4</sup>, descrevem a técnica de transferência de nervo onde um ou mais fascículos do nervo ulnar são transferidos para o ramo do nervo musculocutâneo para ganho de flexão do cotovelo, posteriormente MacKinnon et al.<sup>5</sup>, descreve a técnica de Dupla transferência, na qual além de transferir um fascículo do nervo ulnar para músculo bíceps braquial, transferem um fascículo de nervo mediano para o músculo braquial.

Nos casos de impossibilidade de reconstrução neurológica, insucesso nas transferências de nervos ou retorno de força muscular insuficiente para flexão do cotovelo as transferências tendinosas para restabelecimento da flexão ativa do cotovelo são procedimentos a serem indicados.<sup>6</sup>

Como regra, devemos primeiramente tentar a reconstrução nervosa e quando ela não apresentar bom resultado ou não tiver mais indicação, podemos recorrer às cirurgias de transferências musculares, quando possível, sendo os músculos mais utilizados: grande dorsal<sup>7,8</sup>, peitoral maior<sup>9</sup>, tríceps<sup>10,11</sup>, musculatura flexo-pronadora do antebraço<sup>2,12,13</sup> e transferências livres micro cirúrgicas.<sup>4,14,15</sup> A transferência proximal da musculatura flexo-pronadora do antebraço para o septo intermuscular medial do úmero (fáscia braquial), foi descrita por Steindler<sup>16</sup>. Bunnell<sup>17</sup> sugeriu fixação radial para diminuir o efeito pronador dessa transferência. Mayer e Green<sup>13</sup> modificam a técnica original, propondo fixação na face anterior do úmero, permitindo uma fixação mais firme e diminuindo a contratura em flexão, descrita como complicações na técnica original.

Classicamente a transferência de Steindler Modificada é indicada nos casos de paralisia dos músculos bíceps braquial e braquial, sendo fundamental a presença de mão funcional e força igual ou maior que M4 da musculatura flexo-pronadora do antebraço.<sup>5,16,18,19</sup> Nossa pesquisa tem por objetivo avaliar o ganho funcional após cirurgia de Steindler Modificado, nos pacientes com lesão de tronco superior do plexo braquial com força de flexão do cotovelo inicial que variou de M1 a M3(MRC).

## MÉTODOS

Foram selecionados pacientes com lesões traumáticas do tronco superior do plexo braquial (C5 e C6 com ou sem comprometimento de C7) sofridas entre 1998 a 2007. (Tabela 1) Todos com força de flexão do cotovelo entre M1 e M3 (MRC).

Onze pacientes, sendo 10 masculinos e 01 feminino com média de idade 34,5 anos (24-56 anos). Tempo médio da lesão de 4,7 anos (mínimo um ano, máximo 12 anos). (Tabela 2)

Nove pacientes haviam sido submetidos a tratamento cirúrgico prévio, cinco à exploração do plexo com transferências de nervos, três pacientes à transferência muscular microcirúrgica livre do músculo grátil para a flexão do cotovelo e um paciente foi submetido à transferência muscular convencional do músculo tríceps para a flexão do cotovelo. (Tabela 1)

Todos os pacientes foram operados por especialistas do grupo de Mão-Microcirurgia do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HCFMUSP e reabilitados pelo mesmo Terapeuta Ocupacional no pós-operatório. As avaliações funcionais foram realizadas no pré e pós-operatório após 7, 15, 30, 60 dias e no sexto mês após a cirurgia. Um mesmo avaliador foi responsável por aplicar todas as avaliações dos pacientes do protocolo de pesquisa.

As avaliações funcionais foram realizadas pela mensuração do arco de flexão do cotovelo com goniômetro, grau de força muscular e "escore" DASH (Disabilities of Arm, Shoulder and Hand) realizados pré e pós-operatoriamente à cirurgia de Steindler.

Critérios de inclusão: lesão traumática fechada do tronco superior do plexo braquial (C5-C6, com ou sem lesão C7); pacientes com

**Tabela 1.** Dados dos pacientes operados

N	Idade	Sexo	Tempo de lesão	Nível da lesão	Cirurgia prévia
1	27	M	3anos	C5/6	Exploração do plexo com reconstrução+ OBERLIN
2	35	M	1anos	C5/6	Exploração do plexo + OBERLIN
3	32	F	4anos	C5/6	Exploração do plexo + neurotização AC>SE + radial > axilar
4	34	M	7anos	C5/6/7	Transferência micro cirúrgica grátil pró bíceps
5	43	M	5anos	C5/6	Exploração do plexo + neurotização AC>MC com enxerto
6	56	M	4anos	C5/6/7	Exploração do plexo
7	31	M	3anos	C5/6	Sem cirurgias prévias
8	40	M	3anos	C5/6	Transferência micro cirúrgica grátil pró bíceps
9	24	M	12anos	C5/6	Transferência muscular tríceps pró bíceps
10	31	M	2anos	C5/6	Sem cirurgias prévias
11	27	M	7anos	C5/6	Transferência micro cirúrgica grátil pró bíceps

**Tabela 2.** Resultados do ganho de amplitude na flexão do cotovelo, ganho de força muscular (MRC) e DASH dos pacientes operados.

N	MRC Pré op.	Flexão cotovelo Pré op.	DASH Pré op.
1	M1	0º	28,33%
2	M2	0º	60%
3	M3	90º	56,66%
4	M2	13º	20%
5	M1	0º	19,17%
6	M2	1º	63,33%
7	M3	97º	33,33%
8	M2	50º	15%
9	M1	0º	2,5%
10	M2	23º	58%
11	M2	27º	52%

um ano ou mais da lesão; amplitude passiva total de cotovelo; força da musculatura flexo-pronadora do antebraço e punho/mão igual ou maior a grau M4.

Critérios de exclusão: lesão aberta ou não traumática do tronco superior do plexo braquial; lesão completa do plexo braquial; pacientes com menos de um ano da lesão; rigidez a movimentação passiva do cotovelo.

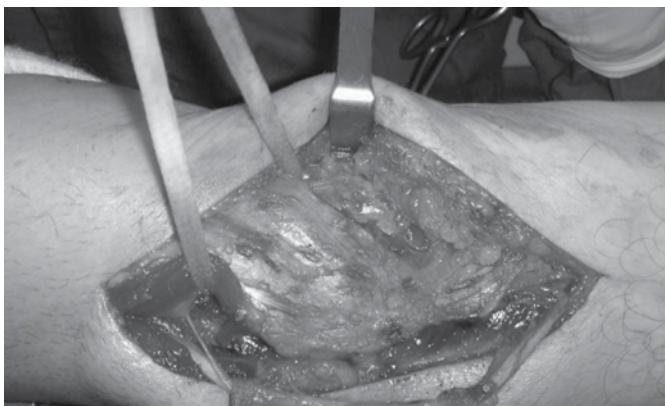
## TÉCNICA

No procedimento cirúrgico o paciente é posicionado em decúbito dorsal horizontal com o membro superior em rotação externa sobre uma "mesa de mão". O membro superior é exanginado com uma faixa de faixa elástica. A incisão é iniciada na parte medial do braço aproximadamente oito centímetros proximais ao epicôndilo medial, estendendo-se distalmente, passando posteriormente ao epicôndilo medial e seguindo em direção ao antebraço longitudinalmente ao músculo pronador redondo. (Figura 1)



**Figura 1.** Posicionamento do membro superior em abdução e rotação externa e acesso cirúrgico.

O nervo cutâneo medial do antebraço foi identificado e isolado. Em seguida, a abertura da fáscia muscular do antebraço foi realizada com dissecção e identificação do nervo ulnar até seus ramos à musculatura flexora. (Figura 2)



**Figura 2.** Liberação da musculatura flexo-pronadora e isolamento do nervo ulnar.

A osteotomia do epicôndilo medial foi realizada com serra oscilatória respeitando a localização do ligamento colateral medial do cotovelo (Figura 3). A dimensão do fragmento de epicôndilo que acompanha a massa muscular mede aproximadamente 1cm de profundidade por 2cm de largura. (Figura 3)



**Figura 3.** Osteotomia do Epicôndilo Medial.

Após isolar a artéria braquial e o nervo mediano com seus ramos para o m. pronador redondo e m. flexor superficial dos dedos, realizou-se a liberação da musculatura o suficiente para deslocar o fragmento de epicôndilo e toda origem da musculatura flexo-pronadora proximalmente. A fixação do fragmento ósseo é feita aproximadamente quatro centímetros proximal à borda distal do úmero. O úmero e o fragmento foram cruentados para que o fragmento fosse fixado. O cotovelo foi fletido 120 graus para a fixação do fragmento com um parafuso de 3.5mm. A posição de fixação no úmero foi escolhida o mais radial possível, diminuindo a ação pronadora da transferência. (Figura 4) Procedeu-se a aproximação dos planos de partes moles. O membro foi imobilizado com uma tala gessada axilo-palmar em 90 graus de flexão de cotovelo e o antebraço supinado.



**Figura 4.** Fixação do segmento do epicôndilo medial com parafuso de 3,5mm, com transferência da musculatura flexo-pronadora 4 cm proximal a articulação do cotovelo.

## REabilitação

O protocolo de reabilitação da terapia ocupacional se iniciou a partir da 4<sup>a</sup> semana de pós-operatório. A goteira de imobilização foi substituída por uma tipóia de lona com apoio de todo antebraço e punho, o cotovelo foi mantido em aproximadamente 120° de flexão.<sup>20</sup>

Na 4<sup>a</sup> semana foram iniciados movimentação ativa de dedos e movimentação passiva para flexão do cotovelo, com bloqueio da extensão.

A partir da 6<sup>a</sup> semana a tipóia pode ser retirada por alguns períodos do dia, foi iniciado o treino de flexão do cotovelo a partir da flexão do punho de forma assistida e sem resistência, a extensão do cotovelo sem ação da gravidade.

A tipóia foi retirada na 8<sup>a</sup> semana, quando foi iniciada a flexão do cotovelo contra a gravidade, se o controle da flexão ainda estivesse precário a tipóia era mantida por mais duas semanas para marcha.<sup>21</sup>

## AVALIAÇÃO FUNCIONAL

### Goniometria

A goniometria foi realizada com o uso de um goniômetro padronizado. Foi avaliada a amplitude de movimento ativa do cotovelo medida em graus (flexão e extensão).

### Grau de força muscular (TMM)

O teste muscular é uma parte importante do exame físico, proporcionando a informação do grau de força muscular que o paciente é

capaz de atingir. Esta avaliação foi realizada para graduar a evolução da força de flexão do cotovelo. A força muscular foi graduada de acordo com sua habilidade de atuar contra a gravidade ou a resistência oferecida pelo examinador. (Anexo 1)

#### Anexo 1. Escala de Avaliação da Força muscular (MRC-Medical Research Council)<sup>20</sup>.

0	Não se percebe nenhuma contração
1	Traço de contração, sem produção de movimento
2	Contração fraca, produzindo movimento com a eliminação da gravidade
3	Realiza movimento contra a gravidade, porém sem resistência adicional
4	Realiza movimento contra a resistência externa moderada e gravidade
5	É capaz de superar maior quantidade de resistência que no nível anterior

#### DASH (Disabilities of Arm, Shoulder and Hand)

Questionário subjetivo que permite observar avaliação funcional do paciente pré e pós-operatória.<sup>22</sup>

#### RESULTADOS

Os dados foram obtidos avaliando 11 pacientes pré e pós-operatóriamente. (Tabela 3)

No estudo, considerando a força de flexão do cotovelo, todos os pacientes obtiveram melhora do nível inicial. O melhor resultado foi de 2 pontos e atingido por 54% dos pacientes. O grupo de maior ganho foi o que apresentava força muscular inicial M2, neste grupo 80% evoluiu 2 níveis de força. O grupo que inicialmente apresenta inicialmente M1 de força evoluiu com ganho de 1 ou 2 pontos (50% cada um). No grupo de força inicial M3, todos tiveram ganho de 1 ponto. Portanto, de forma geral, houve melhora no ganho de força de flexão do cotovelo em todos os pacientes após o procedimento. Além disto obtivemos um coeficiente de Kendall igual a 0,757, que indica que a relação entre a força pré e pós operatória é forte. Os resultados estão demonstrados na Figura 5.

A amplitude de movimento teve variação media de 43,45 graus, sendo a maior variação de 96 e menor de 2 graus. A diferença entre os valores pré e pós operatórios mostrou-se estatisticamente significante ( $p=0,003$ ). Novamente o grupo com força inicial M2 obteve os melhores resultados, sendo neste a media 60,6 graus. O grupo de força inicial m1 teve ganho médio de 40,5 graus. O grupo inicial de força grau 3 a média foi de 6,5 graus de ganho. O DASH também obteve variação em todos os pacientes, sen-

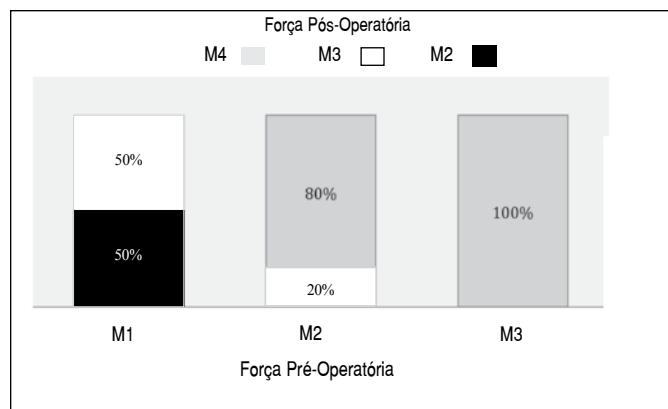


Figura 5. Avaliação do ganho de força conforme força inicial.

do negativa em 81% dos pacientes, o que corresponde a uma melhora funcional. A media da variação foi de -4,49. Esta variável não obteve relação estatística no estudo ( $p=0,091$ ). A variação dos resultados não diferiu entre os grupos do estudo. Todos os fragmentos osteotomizados estavam consolidados conforme evidenciado na radiografia de controle aos 12 meses após a cirurgia.

#### Complicações

Todos os casos mostraram certo grau de perda da extensão do cotovelo, em média de 7 graus. Os piores resultados foram a perda de 28 e 23 graus respectivamente. Houve um caso de infecção superficial pós-operatória, que foi tratado de forma eficaz com cefalosporina por via oral.

#### DISCUSSÃO

O aumento da incidência das lesões do plexo por acidentes automobilísticos gera preocupação para a sociedade e cria uma legião de pacientes com graves limitações às funções laborais e cotidianas. Fato que aumenta a importância de trabalhos visando a recuperação dos mesmos.

A cirurgia de Steindler Modificada tem uma boa indicação nos pacientes que não possuem força de flexão do cotovelo funcional. A indicação dessa cirurgia é feita para os pacientes com amplitude passiva total do cotovelo, mão funcional e musculatura flexo-pronadora com força ao menos M4(MRC).<sup>23,24</sup>

Todos os pacientes analisados nesta série clínica apresentaram em algum grau aumento da amplitude ativa e ganho de força muscular de flexão do cotovelo.

Dos onze pacientes analisados, nove (82%) atingiram nível de força igual ou maior a M3 (MRC) com boa recuperação da função do cotovelo. Dois (18%) chegaram ao nível de força M2(MRC) nos quais a recuperação clínica foi insatisfatório. Estes pré-operatóriamente apresentavam um grau de força muscular igual a M1(MRC). Quando analisamos o restante dos pacientes é nítida a melhor evolução daqueles que inicialmente tinham força graus 2 ou 3, que obtiveram os melhores resultados. Além disto, temos um coeficiente de Kendall igual a 0,757 que indica forte relação entre a força pré e pós-operatória. Este dado reforça as considerações de Teboul<sup>(15)</sup> que consideram que apenas pacientes que tenha força de flexão igual a M2/M3 são elegíveis para realização de cirurgia de Steindler modificada.<sup>25</sup>

Na técnica cirúrgica observamos que uma boa dissecção da musculatura proximal do antebraço é essencial para conseguir alcançar os 04cm da articulação do cotovelo desejados para fixação do fragmento osteotomizado. Houve uma preocupação em

Tabela 3. Resultados pós-operatórios.

N	MRC Pós op.	Flexão cotovelo Pós op.	DASH Pós op.
1	M2	30º	23,33%
2	M4	127º	41,67%
3	M4	126º	54,17%
4	M3	90º	18,33%
5	M2	16º	22,5%
6	M3	95º	50,83%
7	M4	116º	25,0%
8	M4	108º	40%
9	M3	96º	1,72%
10	M4	121º	41,67%
11	M4	109º	46,67%

colocar o fragmento do epicôndilo medial o mais radial possível no úmero diminuindo a ação pronadora da transferência.<sup>7,10,14</sup> A fixação planejada a 4cm da articulação distal do úmero pareceu evitar uma contratura em flexão excessiva, comum na técnica original onde a fixação preconizada era em média 06 a 07cm.<sup>5,23</sup> Resultado mostrado no trabalho com uma perda de extensão em média de 7 graus, menor que o das séries clássicas como Dutton e cols. (30-60 graus)<sup>26</sup>, Steindler (60 graus)<sup>16</sup> e Mayer e Green (menor que 15 graus).<sup>13</sup>

Observamos que os pacientes apresentaram ganho médio de amplitude de movimento do cotovelo pós-operatória de 43,45 graus, dado estatisticamente significante ( $p: 0,003$ ). A média de flexão do cotovelo pós-operatória foi de 88 graus, dado comparável às séries descritas por Dutton<sup>26</sup> que encontraram 95 graus de média de flexão pós-operatória, Liu<sup>25</sup> obtiveram média de flexão pós-operatória maiores, 114 graus e 107 graus respectivamente. Podemos inferir que esta série apresentou resultados compatíveis com os relatos semelhantes da literatura.<sup>3,7,8</sup>

Considerando a fixação mais distal da inserção da musculatura flexo-pronadora (fixação do fragmento a 4 cm da articulação) notamos uma menor restrição à extensão do cotovelo com média

inferior à encontrada na literatura (7 e 15 graus respectivamente)<sup>7,14</sup> e por outro lado um ganho de flexão do cotovelo ligeiramente menor (88 e 95 graus respectivamente)<sup>3,7</sup>, como mostrado anteriormente. O estudo mostra uma pequena diferença entre o déficit de extensão e o ganho de flexão que não altera a amplitude de movimento final. Parece ser vantajosa a fixação mais distal pelo fato de necessitar de um dissecção menor e gerar restrição menor à extensão.

O teste funcional DASH mostrou melhora na pontuação da maioria dos pacientes (81%). Este dado porém não foi estatisticamente significante ( $p: 0,091$ ). Considerando a satisfação clínica demonstrada pelos pacientes, que em sua maioria relatou estar satisfeita com o procedimento, acreditamos que uma casuística maior pode demonstrar significância estatística para este dado.

## CONCLUSÃO

A cirurgia modificada de Steindler mostrou-se efetiva para o ganho de força e flexão do cotovelo em pacientes com lesão alta do plexo braquial, em especial aqueles que apresentavam grau de força inicial de flexão do cotovelo pelo menos M2.

## REFERÊNCIAS

- Narakas A. [Surgical treatment of brachial plexus sprains]. Hefte Unfallheilkd. 1975 Nov;(126):171-6.
- Narakas A. [Lesions in stretching of the brachial plexus. Various possibilities and lesion associations]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1977;63:44-54.
- Millesi H. [Restoration of grip by means of repair of the injured peripheral nerve and/or muscle-tendon transfer (author's transl)]. Langenbecks Arch Chir. 1975;339:377-81.
- Oberlin C, Béal D, Leechavengvongs S, Salon A, Dauge MC, Sarcy JJ. Nerve transfer to biceps muscle using a part of ulnar nerve for C5-C6 avulsion of the brachial plexus: anatomical study and report of four cases. J Hand Surg Am. 1994;19:232-7.
- 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.
- Pardini AG, Freitas A, Freitas AD, Tavares KE. Transferências tendinosas para flexão do cotovelo. Rev Bras Ortop. 1996; 31:211-6.
- Ishida O, Sunagawa T, Suzuki O, Ochi M. Modified Steindler procedure for the treatment of brachial plexus injuries. Arch Orthop Trauma Surg. 2006;126:63-5.
- Beaton DE, Dumont A, Mackay MB, Richards RR. Steindler and pectoralis major flexorplasty: a comparative analysis. J Hand Surg Am. 1995;20:747-56.
- Matory WE Jr, Morgan WJ, Breen T. Technical considerations in pectoralis major transfer for treatment of the paralytic elbow. J Hand Surg Am. 1991;16:12-8.
- Hoang PH, Mills C, Burke FD. Triceps to biceps transfer for established brachial plexus palsy. J Bone Joint Surg Br. 1989;71:268-71.
- Marshall RW, Williams DH, Birch R, Bonney G. Operations to restore elbow flexion after brachial plexus injuries. J Bone Joint Surg Br. 1988;70:577-82.
- Azze RJ, Ferreira MC, Zumiotti AV. Transferência de músculopara restauração da flexão do cotovelo. Rev Bras Ortop. 1985;20:261-6.
- Mayer L, Green W. Experiences with the Steindler flexorplasty at the elbow. J Bone Joint Surg Am. 1954;36-A(4):775-89.
- Botte MJ, Wood MB. Flexorplasty of the elbow. Clin Orthop Relat Res. 1989;(245):110-6.
- Teboul F, Kakkar R, Ameur 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-A:1485-90.
- Steindler A Muscle and tendon transplantation at the elbow. In: Abor A, Edwards JW, editors. Instructional course lectures on reconstructive surgery. Ann Arbor: JW Edwards; 1944. p.276-83.
- Bunnell S. Restoring flexion to the paralytic elbow. J Bone Joint Surg Am. 1951;33-A:566-71.
- Liu TK, Yang RS, Sun JS. Long-term results of the Steindler flexorplasty. Clin Orthop Relat Res. 1993;(296):104-8.
- Medical Research Council. Aids to the investigation of peripheral nerve injuries. War Memorandum. 2nd edition. London: HMSO; 1943. p.1-2.
- Kettelkamp DB, Larson CB. Evaluation of the Steindler flexorplasty. J Bone Joint Surg Am. 1963;45-A:513-8.
- Chen WS. Restoration of elbow flexion by modified Steindler flexorplasty. Int Orthop. 2000;24:43-6.
- Al-Qattan MM. Elbow flexion reconstruction by Steindler flexorplasty in obstetric brachial plexus palsy. J Hand Surg Br. 2005;30:424-7.
- Hudak PL, Amadio PC, Bombardier C. Development of an upper extremity outcome measure: the DASH (disabilities of the arm, shoulder and hand) [corrected]. The Upper Extremity Collaborative Group (UECG). Am J Ind Med. 1996;29:602-8. Erratum in: Am J Ind Med 1996;30:372.
- Narakas AO. Muscle transpositions in the shoulder and upper arm for sequelae of brachial plexus palsy. Clin Neurol Neurosurg. 1993;95 Suppl:S89-91.
- Carroll RE, Hill NA. Triceps transfer to restore elbow flexion. A study of fifteen patients with paralytic lesions and arthrogryposis. J Bone Joint Surg Am. 1970;52:239-44.
- Dutton RO, Dawson EG. Elbow flexorplasty. An analysis of long-term results. J Bone Joint Surg Am. 1981;63:1064-9.