

# TRANSFERÊNCIA DO TRAPÉZIO PARA A ROTAÇÃO EXTERNA DO OMBRO: ESTUDO ANATÔMICO

TRAPEZIUS MUSCLE TRANSFER FOR EXTERNAL SHOULDER ROTATION: ANATOMICAL STUDY

MAURO EMILIO CONFORTO GRACITELLI<sup>1</sup>, JORGE HENRIQUE ASSUNÇÃO<sup>1</sup>, EDUARDO ANGELI MALAVOLTA<sup>1</sup>, DANIEL TAKASHI SAKANE<sup>1</sup>, MARCELO ROSA DE REZENDE<sup>1</sup>, ARNALDO AMADO FERREIRA NETO<sup>1</sup>

## RESUMO

**Objetivo:** Comparar a viabilidade da transferência da porção inferior e transversa do trapézio para o tubérculo maior através de três diferentes técnicas. **Métodos:** Doze ombros de seis cadáveres foram utilizados. O desfecho primário foi a avaliação da viabilidade da sutura da transferência do músculo trapézio para a tuberosidade maior, na topografia da inserção do tendão do infraespal, com a escápula retraída e o ombro em rotação interna no abdome. Foram realizadas três diferentes transferências em cada ombro: inserção distal da porção inferior e transversa do trapézio (Grupo 1); porção inferior do trapézio (Grupo 2); inserção e a origem da porção inferior do trapézio (Grupo 3). A integridade do nervo acessório antes e depois das transferências foi avaliada. **Resultados:** A transferência foi viável em 42% (5/12) e 58% (7/12) dos pacientes dos Grupos 1 e 3, respectivamente, sem diferença estatística (Teste de Fisher,  $p=0,558$ ); No Grupo 3, encontramos um alto índice de lesão neurológica (11/12). O Grupo 2 que não obteve viabilidade em nenhum caso, sendo a técnica de pior escolha para este tipo de procedimento. **Conclusão:** Os Grupos 1 e 3 apresentam os melhores resultados quanto à viabilidade de sutura no tubérculo maior, sem a utilização de enxertos tendíneos, entretanto, o Grupo 3 apresentou alto índice de lesões do nervo espinal acessório. **Nível de Evidência IV, Estudo Anatômico.**

**Descritores:** Plexo braquial/lesões. Transferência tendinosa. Ombro. Paralisia.

## ABSTRACT

**Objective:** To compare the viability of transferring the lower and transverse trapezius to the greater tuberosity using three different techniques. **Methods:** Twelve shoulders from six cadavers were used. The primary outcome was to assess the suture viability of the trapezius muscle transfer to the greater tuberosity in the insertion topography of the infraspinatus, with the arm adducted during internal rotation (hand on the abdomen) and maximum scapular retraction. Three transfers were applied to each shoulder: the lower and transverse trapezius distal insertion (Group 1); lower trapezius alone (Group 2); and lower trapezius insertion and origin (Group 3). Accessory nerve integrity was assessed before and after transfers. **Results:** Sutures were viable in 42% (5/12) and 58% (7/12) on Groups 1 and 3, respectively, with no statistically significant difference (Fisher's test,  $p=0.558$ ); Group 3 exhibited frequent neurologic injury (11/12). Group 2 was the least successful; the tendon did not reach the greater tuberosity, and no sutures were viable. **Conclusion:** Groups 1 and 3 exhibited the best nongrafting suture viability to the greater tuberosity; however, Group 3 was associated to frequent spinal accessory nerve injury. **Level of Evidence IV, Anatomical Study.**

**Keywords:** Brachial plexus/injuries. Tendon transfer. Shoulder. Paralysis.

**Citação:** Gracitelli MEC, Assunção JH, Malavolta EA, Sakane DT, Rezende MR, Ferreira Neto AA. Transferência do trapézio para a rotação externa do ombro: estudo anatômico. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2014;22(6):304-7. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

**Citation:** Gracitelli MEC, Assunção JH, Malavolta EA, Sakane DT, Rezende MR, Ferreira Neto AA. Trapezius muscle transfer for external shoulder rotation: anatomical study. *Acta Ortop Bras.* [online]. 2014;22(6):304-7. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

## INTRODUÇÃO

A rotação externa do ombro é movimento fundamental para atividades diárias com o membro superior e sua limitação causa prejuízo funcional importante<sup>1</sup>. São causas de diminuição da rotação externa as lesões do plexo braquial (traumáticas ou obstétricas) e roturas extensas do manguito rotador.<sup>1,2</sup> Nas roturas extensas e irreparáveis do manguito rotador com limitação da rotação externa, a transferência do tendão do grande dorsal é a opção mais utilizada, nos pacientes com idade inferior a 65 anos de idade e sem sinais de alterações degenerativas da articulação glenoumeral, com bons resultados para ganho de elevação e diminuição da dor.<sup>3-6</sup>

No entanto, a transferência do grande dorsal apresenta limitações. O vetor de ação do músculo não é semelhante ao do infraespal e o ganho de rotação externa é limitado.<sup>4</sup> Na presença de lesões do subescapular, a transferência pode gerar subluxação do ombro, dor e limitação funcional, sendo contra-indicada de maneira isolada.<sup>7</sup> Uma alternativa ao grande dorsal é a transferência da porção inferior do trapézio, descrita para casos de paralisia obstétrica<sup>8</sup> e de lesões do plexo braquial.<sup>9</sup> O vetor de ação da porção inferior do trapézio é mais próximo ao do músculo infra-espal e os resultados para ganho de rotação externa são promissores.<sup>8,10,11</sup> No entanto, o seu alcance distal na tuberosidade maior não foi estudado

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

1. Instituto de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, SP, Brasil.

Trabalho desenvolvido no Laboratório de Investigação Médica do Sistema Musculoesquelético do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), São Paulo, SP, Brasil.  
Correspondência: Jorge Henrique Assunção. Rua Dr. Ovidio Pires de Campos, 333. Cerqueira Cesar, São Paulo, SP, Brasil. 05403-010. [jhassuncao@uol.com.br](mailto:jhassuncao@uol.com.br)

Artigo recebido em 10/02/2014, aprovado em 13/08/2014.

previamente, e implica na necessidade de enxerto tendíneo e imobilização em abdução e rotação externa.<sup>9</sup> A associação da transferência da origem da porção inferior do trapézio poderia aumentar o alcance da porção distal e não foi descrita previamente na literatura. O objetivo deste estudo é descrever em cadáveres os parâmetros anatômicos e a viabilidade de três técnicas de transferência do trapézio: porção inferior em conjunto com a transversa, porção inferior de maneira isolada e transferência dupla da porção inferior (origem e inserção).

## MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética da nossa Instituição sob o número 949. Foram utilizados 12 ombros de seis cadáveres frescos, escolhidos aleatoriamente.

Três diferentes técnicas foram realizadas em cada ombro. De maneira sequencial, e sempre na mesma ordem, realizamos a transferência da porção inferior em conjunto com a transversa (Grupo 1), transferência da porção inferior isoladamente (Grupo 2) e transferência da origem e inserção da porção inferior (Grupo 3). Após cada uma das transferências os parâmetros anatômicos eram avaliados.

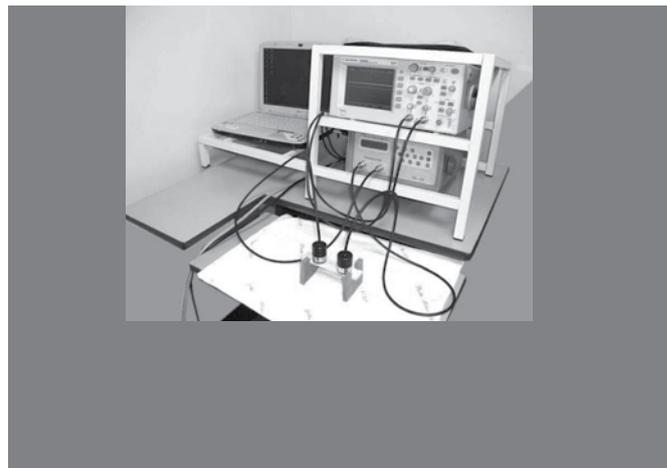
### Técnica cirúrgica

Os cadáveres foram posicionados em decúbito ventral, sendo realizada uma via posterior ampla.

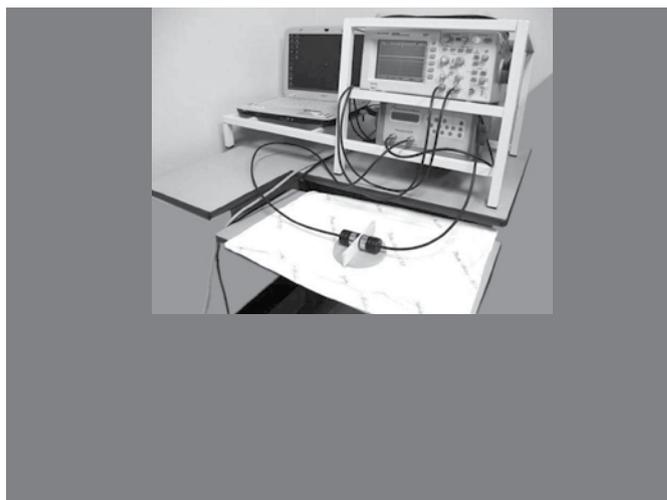
Para o Grupo 1, isolava-se porção inferior em conjunto com a porção transversa do trapézio, separada de sua porção superior na espinha da escápula (Figura 1). Sua inserção foi ressecada junto à aponeurose distal do trapézio, sem incluir o tecido fascial do deltoídeo e sem incluir fragmentos ósseos. O canto posterolateral do acrômio foi utilizado como parâmetro do local mais lateral da ressecção. O reparo do tendão foi efetuado com uma sutura contínua utilizando pontos ancorados e fios inabsorvíveis, e o músculo levantado separado do infraespal, deltoídeo e romboides. O nível inferior da transferência foi determinado pela borda inferior da escápula. O nervo acessório foi identificado e marcado, assim como os demais pontos de referência descritos abaixo, e a origem do deltoídeo na espinha da escápula foi liberada. Foi então observada a viabilidade da transferência para o tubérculo maior, considerando-se como positiva quando atingia o seu aspecto posterior, na topografia da inserção do tendão do infraespal.

Para a análise do Grupo 2, a porção inferior do trapézio foi

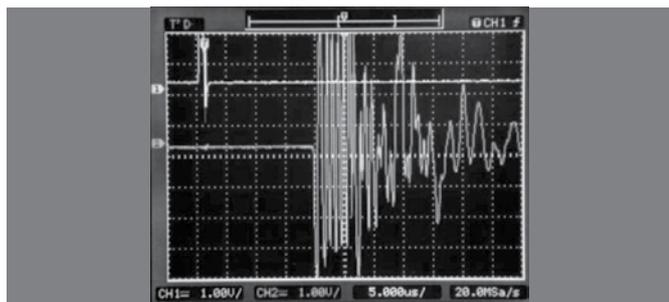
individualizada da porção transversa, e realizada a sua transferência de maneira isolada (Figura 2). Por fim, foi realizada a liberação da origem da porção inferior do trapézio junto aos processos espinhosos, e feita a sua sutura na borda medial da escápula com pontos transósseos, constituindo-se desta maneira o Grupo 3 (Figura 3). As etapas de reparo da porção distal, dissecação de partes moles, e avaliação da viabilidade da transferência para o tubérculo maior foram efetuadas para os Grupos 2 e 3 da mesma maneira descrita para o Grupo 1.



**Figura 2.** A porção inferior do músculo trapézio foi separada da porção transversa e transferida isoladamente (Grupo 2).



**Figura 3.** A origem da porção inferior do músculo trapézio foi liberada e transferida para a borda medial da escápula (Grupo 3).



**Figura 1.** Transferência da inserção da porção transversa e inferior do músculo trapézio (Grupo 1).

### Desfechos e variáveis anatômicas

**Desfecho primário:** Viabilidade ou não da transferência, com o braço aduzido e rodado interno (mão no abdome), e a escápula em retração máxima.

**Desfechos secundários:** Viabilidade ou não da transferência, estando o braço aduzido e rodado interno (mão no abdome), e a escápula em protração máxima.

**Parâmetros anatômicos:** Os parâmetros anatômicos avaliados antes das transferências e aferidos com protração máxima da escápula são apresentados na Tabela 1.

A integridade do nervo espinal acessório foi avaliada antes e após das três transferências tendíneas realizadas.

**Tabela 1.** Parâmetros anatômicos avaliados.

Parâmetros anatômicos
Largura da escápula (do ângulo súpero-medial ao súpero-lateral na espinha da escápula)
Altura da escápula (ângulo inferior ao supero medial)
Distância da inserção lateral da porção transversa do trapézio (PTT) ao ângulo súpero-lateral da escápula (ASLE), mensurado no sentido da espinha da escápula
Distância da inserção lateral da porção inferior do trapézio (PTI) ao ângulo súpero-lateral da escápula (ASLE), mensurado no sentido da espinha da escápula
Distância dos processos espinhosos da coluna vertebral a tuberosidade maior do úmero (TMU), mensurado no sentido da espinha da escápula
Comprimento da porção transversa e inferior do trapézio, de sua origem medial até sua inserção lateral
Comprimento da porção inferior do trapézio, de sua origem medial até sua inserção lateral
Comprimento da fásia e tendão da porção transversa e inferior do trapézio
Largura do tendão da porção transversa e inferior a 20 mm de sua inserção
Altura da origem da porção inferior do trapézio (espinha da escápula até seu limite inferior)
Distância do feixe vasculo-nervoso em relação a borda medial da espinha da escápula

### Análise estatística

Para o cálculo da amostra foram utilizados os pressupostos de 80% de poder e um erro do tipo I de 5%. A hipótese do estudo é que a técnica dos Grupos 2 e 3 estarão viáveis para sutura em torno de 30% da amostra e a técnica do Grupo 1 em no mínimo 90%. Desta maneira, determinamos que serão necessários 10 ombros. Para este cálculo foi utilizada a calculadora online [www.stattool.net](http://www.stattool.net).

A normalidade dos dados foi testada através do teste de Shapiro Wilk e a homogeneidade dos grupos através do teste de Levene. As variáveis categóricas e contínuas foram expostas em médias e desvio padrão (dados paramétricos) ou mediana e percentis (dados não paramétricos). Para o desfecho primário e secundário (correlação entre a viabilidade da sutura e as diferentes técnicas) foi utilizado o teste de Chi-quadrado (dados categóricos). Para análise utilizamos o *software SPSS 19.0 for Windows*.

### RESULTADOS

Os cadáveres submetidos ao estudo, eram cinco do sexo masculino e um do sexo feminino, com idade média de  $63 \pm 11,77$  anos, altura média de  $165,66 \pm 4,69$  cm e peso corporal médio de  $56,2 \pm 5,53$  Kg.

Os parâmetros anatômicos mensurados antes das transferências tendíneas em protração máxima da escápula são apresentados na Tabela 2. O nervo espinal acessório e o pedículo vascular associado estava localizado em média  $3,25 \pm 1,63$  cm medial à borda medial da espinha da escápula.

Para o desfecho primário do estudo, a viabilidade ou não da transferência, estando o membro superior aduzido e rodado interno, com a escápula em retração máxima, obtivemos no Grupo 1 (transferência da inserção distal da porção inferior e transversa do trapézio), a viabilidade da sutura em 42% dos casos (5/12). No Grupo 2 (transferência apenas da porção inferior do trapézio), o tendão não alcançou o tubérculo maior em nenhum caso. No Grupo 3 (transferência da inserção e da origem da porção inferior do trapézio) a sutura foi possível em 58% dos casos (7/12). Quando comparados o Grupo 1 com o Grupo 3 não foi encontrada diferença estatisticamente significativa em relação a viabilidade da transferência (teste de Fisher,  $p=0,558$ ). Pode-se verificar que o Grupo 2 que não obteve

**Tabela 2.** Resultados das medidas dos parâmetros anatômicos avaliados antes das transferências.

Parâmetros anatômicos	Média $\pm$ Desvio padrão
Largura da scapula	$13,66 \pm 1,21$ cm
Altura da scapula	$15,83 \pm 1,13$ cm
Distância da inserção lateral da PTT a ASLE	$4,13 \pm 1,49$ cm
Distância da inserção lateral da PIT a ASLE	$9,25 \pm 0,73$ cm
Distância da coluna vertebral a TMU	$25,21 \pm 2,29$ cm
Comprimento do ventre + tendão PTT + PTI	$20,04 \pm 2,57$ cm
Comprimento do ventre + tendão PTI	$18,38 \pm 4,06$ cm
Comprimento do tendão PTT	$8,22 \pm 2,92$ cm
Comprimento do tendão PTI	$6,21 \pm 0,96$ cm
Largura do tendão PTT	$1,10 \pm 0,32$ cm
Largura do tendão PTI	$2,40 \pm 0,53$ cm
Altura da origem da PTI	$14,75 \pm 2,33$ cm

PTT: Porção transversa do músculo trapézio. PTI: Porção inferior do músculo trapézio. ASLE: Ângulo supero-lateral da escápula.

viabilidade em todos os casos, sendo a técnica de pior escolha para este tipo de procedimento sem a utilização de enxerto tendíneo.

Quando avaliamos a viabilidade da transferência, estando o membro superior aduzido e rodado interno, com a escápula em proteção máxima, no Grupo 1, a transferência foi viável em 17% (2/12 ombros). No Grupo 2, o tendão não alcançou o tubérculo maior em nenhum caso. No Grupo 3, a sutura foi possível em 42% dos casos (5/12 ombros). Quando comparados o Grupo 1 com o Grupo 3 não foi encontrada diferença estatisticamente significativa (teste de Fisher,  $p=0,47$ ).

Em relação a integridade do nervo espinal acessório após a realização das transferências musculares, observamos que após os procedimentos cirúrgicos dos grupos 1 e 2 encontramos o nervo íntegro em todos os casos, mas após a realização das transferências do Grupo 3, encontramos um alto índice de lesão deste nervo (11/12 ombros).

### DISCUSSÃO

As transferências musculares são amplamente utilizadas para restaurar a função do ombro em pacientes com paralisia obstétrica, lesões do plexo braquial e lesões irreparáveis do manguito rotador. Para obter ganho de força e amplitude de movimento para rotação externa, é descrita a transferência do músculo grande dorsal e/ou redondo maior para a região superolateral da cabeça umeral ou cortical lateral do úmero proximal, com resultados razoáveis de ganho de rotação externa.<sup>4-6,12,13</sup>

Alguns cirurgiões acreditam que a transferência destes tendões para o manguito rotador contribui apenas para estabilização da cabeça umeral, pelo efeito de tenodese<sup>4,14</sup> pois estes tendões são fortes rotadores internos do ombro e teriam uma pequena conversão fásica após a transferência e não possuem vetor de ação semelhante aos rotadores externos do ombro.<sup>4,15</sup>

Além disso, em muitos casos de paralisia obstétrica ou lesão traumática do plexo braquial nos adultos a inervação destes músculos também foi lesada e eles não estão disponíveis para transferência.<sup>8,11</sup>

Recentemente, foi descrita a transferência da porção inferior do músculo trapézio para a inserção do músculo infraespal, com resultados promissores.<sup>7-11,16</sup> Esta transferência têm como vantagem, em relação ao músculo grande dorsal e redondo maior, um vetor de ação muscular mais próximo dos apresentado pelos rotadores externos do ombro. Hartzler *et al.*<sup>17</sup> encontraram que a zero graus de abdução, a transferência da porção inferior do trapézio é potencialmente mais eficiente em restaurar o movimento

de rotação externa. em relação a transferência do músculo grande dorsal. E durante o movimento de rotação externa do ombro, o músculo trapézio possui uma contração fásica com os músculos infraespal e redondo menor, facilitando a reabilitação dos pacientes submetidos a esta transferência.<sup>8,16</sup>

Entretanto, esta transferência tem algumas limitações, Elhassan *et al.*<sup>11</sup> necessitou de enxerto tendíneo para realizar a transferência da inserção do tendão da porção inferior do músculo trapézio na tuberosidade maior do úmero. No nosso trabalho também não conseguimos em nenhum caso obter esta modalidade de transferência sem a utilização de enxerto tendíneo (Grupo 2). Tal achado se justifica pela grande distância da ASLE em relação a inserção da PTI, em média  $9,25 \pm 0,73$  cm.

Bertelli<sup>8,10</sup> realizou a transferência da inserção do trapézio inferior, prolongando o tendão com a fásia que recobre a espinha da escápula até o acrómio. Além disso, não faz a sutura desta transferência na tuberosidade maior, mas realizou-a no tendão infraespal e com o membro superior em rotação externa máxima. A transferência descrita por este autor é muito semelhante ao nosso Grupo 1, onde obtivemos 17% das transferências possíveis sem a utilização de enxerto com a escápula em protração máxima e 42% com a escápula em retração máxima. Com a rotação externa e/ou abdução do membro superior, provavelmente teríamos um número maior de transferências possíveis sem a utilização de enxerto tendíneo. Descrevemos neste trabalho uma técnica inovadora de transferência do músculo trapézio inferior para os rotadores externos do ombro, com a liberação da origem muscular dos processos espinhos e sua sutura na borda medial da escápula e sutura da inserção do músculo trapézio inferior na tuberosidade maior do úmero (Grupo 3). Neste grupo obtivemos a maior viabilidade de sutura, 58% com a escápula retraída e 42% com a escápula protraída. Mas quando comparados os Grupos 1 e 3 não encontramos diferença estatisticamente significativa em relação a viabilidade da transferência, independente da posição da escápula. Devido ao número limitado de ombros no qual realizamos as transferências tendíneas, tal ausência de diferença pode representar um erro do tipo II.

Apesar de permitir a transferência muscular sem a utilização de enxerto tendíneo, verificamos um alto índice de lesão ou tensiona-

mento excessivo do nervo espinal acessório (11/12 ombros) com a técnica representada no Grupo 3. Provavelmente para efetuar esta transferência seria necessária uma dissecação adicional do feixe vasculo-nervoso para maior mobilização e evitar lesões do mesmo. Este estudo tem algumas limitações. Devido a rigidez muscular dos cadáveres, não conseguimos testar a viabilidade das transferências musculares com membro superior em rotação externa ou abdução, o que possivelmente aumentaria a probabilidade do tendão do músculo trapézio inferior e/ou transversos alcançar a tuberosidade maior do úmero. Também não podemos observar se as transferências musculares levariam a alguma isquemia muscular por compressão do pedículo vascular.

Não conseguimos determinar a tensão muscular adequada para realizar a transferência muscular e avaliar seu efeito de movimentação na articulação glenoumeral, por ser tratar de um estudo anatômico em cadáveres. Existem alguns estudos clínicos sobre esse tema, demonstrando um aumento considerável na amplitude da rotação externa glenoumeral.<sup>7-11</sup>

Observamos que a transferência da inserção do músculo trapézio inferior e transversos foi viável em 42% dos ombros com a escápula retraída, podendo ser uma alternativa para a não utilização ou utilização de enxertos tendíneos mais curtos. Entretanto, em nosso estudo anatômico, verificamos que o tendão da inserção da porção transversa do trapézio, possui aproximadamente 50% da largura do tendão da porção inferior. Serão necessários testes biomecânicos e clínicos futuros para determinar a resistência desta transferência, bem como a sua capacidade de gerar movimentação de rotação externa na articulação glenoumeral.

## CONCLUSÃO

A transferência da origem e inserção da porção inferior do trapézio e a transferência da inserção distal da porção inferior e transversos do trapézio apresentaram os melhores resultados quanto à viabilidade de sutura no tubérculo maior, sem a utilização de enxertos tendíneos. Entretanto, a transferência da origem e inserção do músculo trapézio inferior apresentaram alto índice de lesões do nervo espinal acessório.

## REFERÊNCIAS

1. Waters PM. Comparison of the natural history, the outcome of microsurgical repair, and the outcome of operative reconstruction in brachial plexus birth palsy. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(5):649-59.
2. Berhouet J, Collin P, Benkalfate T, Le Du C, Duparc F, Courage O, et al. Massive rotator cuff tears in patients younger than 65 years. *Epidemiology and characteristics.* *Orthop Traumatol Surg Res.* 2009;95(4 Suppl 1):S13-8.
3. Green A. Chronic massive rotator cuff tears: evaluation and management. *J Am Acad Orthop Surg.* 2003;11(5):321-31.
4. Gerber C, Maquieira G, Espinosa N. Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(1):113-20.
5. Iannotti JP, Hennigan S, Herzog R, Kella S, Kelley M, Leggin B, et al. Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable posterosuperior rotator cuff tears. Factors affecting outcome. *J Bone Joint Surg Am.* 2006;88(2):342-8.
6. Favre P, Loeb MD, Helmy N, Gerber C. Latissimus dorsi transfer to restore external rotation with reverse shoulder arthroplasty: a biomechanical study. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17(4):650-8.
7. Werner CML, Zingg PO, Lie D, Jacob HAC, Gerber C. The biomechanical role of the subscapularis in latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg.* 2006;15(6):736-42.
8. Bertelli JA. Lengthening of subscapularis and transfer of the lower trapezius in the correction of recurrent internal rotation contracture following obstetric brachial plexus palsy. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91(7):943-8.
9. Elhassan B. Lower trapezius transfer to improve external shoulder rotation in patients with brachial plexus injury. *Tech Shoulder Elbow Surg.* 2009;10:119-23.
10. Bertelli JA. Upper and lower trapezius muscle transfer to restore shoulder abduction and external rotation in longstanding upper type palsies of the brachial plexus in adults. *Microsurgery.* 2011;31(4):263-7.
11. Elhassan B, Bishop A, Shin A. Trapezius transfer to restore external rotation in a patient with a brachial plexus injury. A case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2009;91(4):939-44.
12. Nandari S, Voleti P, Baldwin K, Glaser D, Huffman GR. Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable rotator cuff tears: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(10):891-8.
13. Birmingham PM, Neviasser RJ. Outcome of latissimus dorsi transfer as a salvage procedure for failed rotator cuff repair with loss of elevation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17(6):871-4.
14. Al-Qattan MM. Latissimus dorsi transfer for external rotation weakness of the shoulder in obstetric brachial plexus palsy. *J Hand Surg Br.* 2003;28(5):487-90.
15. Aoki M, Okamura K, Fukushima S, Takahashi T, Ogino T. Transfer of latissimus dorsi for irreparable rotator-cuff tears. *J Bone Joint Surg Br.* 1996;78(5):761-6.
16. Elhassan B, Bishop AT, Hartzler RU, Shin AY, Spinner RJ. Tendon transfer options about the shoulder in patients with brachial plexus injury. *J Bone Joint Surg Am.* 2012;94(15):1391-8.
17. Hartzler RU, Barlow JD, An KN, Elhassan B. Biomechanical effectiveness of different types of tendon transfers to the shoulder for external rotation. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21(10):1370-6.