

M. Bernsdorf
S. Born
U. Irlenbusch

OEMG-Diagnostik und OEMG-biofeedback-Therapie nach Latissimus-dorsi-Plastik

SEMG-diagnostic and SEMG-biofeedback therapy after latissimus dorsi tendon transfer

► **Abstract** Latissimus dorsi tendon transfer is an established method in the treatment of the nonrepairable rotator cuff tear. Originally, the muscle has to realize retroversion and internal rotation of the arm. After tendon transfer the function of the muscle is completely different from this – the muscle supports the elevation of the arm now. To take over the new function, patients need regulary for 9 to 12 months. In some studies this fact was controlled by surface electromyography (SEMG).

In our study we examined two groups of patients with a constant SEMG score 12 weeks after tendon transfer. One group received (a = 30) common rehabilitation and the other patients (a = 23) worked with SEMG-feedback therapy.

Muscle activity in patients with common rehabilitation (a = 30) was not significantly increased in SEMG. But the latissimus dorsi in patients with SEMG (a = 23) produced a high activity and a significant increase in the SEMG values. So far we found these results only in patients with normal therapy after 12 months.

In our opinion with the SEMG-feedback therapy it is possible to activate the latissimus dorsi in supporting the elevation of the arm in a more effective way and in a significantly shorter time.

► **Key words** latissimus dorsi tendon transfer – rotator cuff tear – nonrepairable rotator cuff tear – surface electromyography – surface electromyography-feedback therapy

► **Zusammenfassung** Die Latissimus-dorsi-Plastik (LDP) ist eine etablierte Methode zur Behandlung irreparabler Rotatorenmanschettenmassendefekte. Die Aufgabe des Muskels besteht originär in einer Abwärtsbewegung und Innenrotation des Armes. Nach der Transposition muss der Muskel eine völlig neue Funktion erlernen – er muss die Elevation unterstützen. Eine effiziente Übernahme der neuen Funktion (Rekrutierungszeitpunkt) dauert bei den meisten Patienten zwischen 9–12 Monaten

und wurde in verschiedenen Studien mittels Oberflächenelektromyographie (OEMG) beschrieben.

In einer prospektiven Studie überprüften wir in einer Gruppe (n = 30) nach üblicher Rehabilitation bzw. in einer Gruppe (n = 23) mit Einsatz des OEMG-feedback-Trainings die Mittelwerte des Aktivitätsmusters im Oberflächen-EMG (OEMG) und den constant score 12 Wochen postoperativ.

Die Patienten mit konventioneller Nachbehandlung zeigten kaum erhöhte Aktivitätsmuster des Latissimus dorsi im OEMG. Demgegenüber fanden wir in der Gruppe mit OEMG-feedback-Training signifikant gestiegene OEMG-Werte, wie sie üblicherweise erst nach 9 bis 12 Monaten auftreten.

Diese Untersuchungsergebnisse widerspiegeln sich ebenfalls im Constant Score beider Gruppen.

Unserer Meinung nach führt der postoperative Einsatz des OEMG-feedback-Trainings zu einer entscheidenden Verbesserung des Rekrutierungszeitpunktes des transferierten Muskels.

► **Schlüsselwörter** Feedback-Training – Feedback-Therapie – Latissimus-dorsi-Plastik – Muskelersatzplastik – Oberflächen-EMG – OEMG – OEMG-feedback – Rotatorenmanschettenmassendefekt – Rotatorenmanschettenruptur

Eingegangen: 6. Juni 2007
Akzeptiert: 15. August 2007

Dr. med. M. Bernsdorf (✉)
Orthopädische Privatpraxis
Zentrum für Ganzheitliche Medizin
Ludwig-Feuerbach-Str. 7b
99425 Weimar, Germany
Tel.: +49-0172/3735981
E-Mail: mariobernsdorf@yahoo.de

S. Born · Priv.-Doz. Dr. med. U. Irlenbusch
Marienstift Arnstadt
Orthopädische Klinik
Arnstadt, Germany

Einleitung und Fragestellung

Die Latissimus-dorsi-Plastik (LDP) ist eine etablierte Methode zur Versorgung irreparabler Rotatorenmanschettendefekte, insbesondere seit der Modifikation durch Gerber [16, 17]. Im Fall einer sicheren Indikation, d.h. bei isoliertem posterosuperiorem Defekt, ist sowohl eine Verbesserung der Schulterfunktion als auch eine Schmerzlinderung möglich.

Die Indikation zu dem Eingriff ist gegeben, wenn eine Rekonstruktion der Sehnen auf Grund der Größe des Defektes nicht mehr spannungsfrei möglich ist [3, 18, 19, 26]. Gerber bezeichnete eine Ruptur als irreparabel, wenn eine Reinsertion am Tuberculum majus nur bei Abduktion über 60° möglich ist [16, 17]. In anderen Fällen ist der Grad der Muskeldegeneration so weit fortgeschritten, dass auch nach Rekonstruktion der Sehnen nicht mehr mit einer zufrieden stellenden Funktion gerechnet werden kann [13, 18, 28].

Entscheidend für die Indikation zur Ersatzplastik ist die individuelle Beeinträchtigung, die durch einen hochschmerzhaften Funktionsverlust gekennzeichnet ist. Alternativ ist ein arthroskopisches Debridement mit Tuberkuloplastik als wenig belastendes Verfahren zu erwägen [11, 13, 25, 29, 30].

Ein günstiges Ergebnis mittels LDP kann nach Gerber insbesondere bei isolierter massiver Ruptur und Retraktion von Supra- und Infraspinatussehne und/oder fettiger Infiltration dieser Muskeln erreicht werden [10, 17, 27].

Die Operation besteht in einer Transposition der Sehne des M. latissimus dorsi (LD) von der ventralen Seite des Humerusschaftes auf die dorsale Seite – die Sehne wird zwischen dem M. deltoideus und dem Caput longum des M. triceps von dorsal in das Schultergelenk eingezogen und sowohl am Tuberculum majus als auch am Oberrand der Subskapularsehne befestigt.

Im Resultat dieser Prozedur muss der Muskel eine völlig neue Funktion erlernen:

- Ursprünglich besteht seine Aufgabe in der Adduktion, Innenrotation und Retroversion.
- Postoperativ soll er die Anteversion, Skaption und Abduktion unterstützen, d.h. die neuromuskuläre Ansteuerung muss sich komplett verändern.

Aufgrund dieser völlig andersartigen Funktion des M. latissimus dorsi nach der Transposition erscheinen die in der Literatur beschriebenen guten klinischen Resultate erstaunlich [16, 17, 20, 27, 29, 30]. In eigenen Untersuchungen an 52 bzw. 45 Patienten unter anderem zum Rekrutierungszeitpunkt des Muskels mittels Oberflächen-EMG fanden wir diese Ergebnisse bestätigt [21, 22].

Da die OEMG-Methode ein feedback-Training erlaubt, stellte sich für uns die Frage, ob mit einem solchen der Rekrutierungszeitpunkt des transferierten Muskels

bezüglich seiner Aktivität bei Anteversion, Skaption bzw. Abduktion zu verbessern ist.

In der Literatur fanden wir dazu keine Untersuchungen.

Aus diesem Grund haben wir 30 Patienten (17♀, 13♂; Durchschnittsalter 60,5 J.) 12 Wochen postoperativ nach den üblichen stationären bzw. ambulanten Rehabilitationsmaßnahmen erneut mittels Oberflächen-EMG untersucht.

Dieser Gruppe stellten wir 23 Patienten (14♀, 9♂; Durchschnittsalter 59,7 J.) ebenfalls 12 Wochen postoperativ nach komplexer physiotherapeutischer Behandlung mit *Schwerpunkt OEMG-feedback-Therapie* gegenüber.

Material und Methodik

Wir untersuchten 12 Wochen postoperativ bei 53 Patienten mit o.g. Gruppeneinteilung, die von April 2003 bis April 2006 mittels einer Latissimus-dorsi-Plastik versorgt wurden, die Muskelfunktion durch Oberflächen-EMG.

Um eine zeitliche Einordnung der postrehabilitativ erfassten OEMG-Werte dieser Patienten zu ermöglichen, nehmen wir Bezug auf eigene Studien [21, 22] zum Rekrutierungszeitpunkt des transferierten Muskels.

■ Klinische Untersuchung

Die Untersuchung erfolgte mittels des nicht alters- und geschlechtskorrigierten Constant Scores [4–6, 24].

■ Oberflächen-EMG

Wir setzten ein 8-Kanal-EMG-System MES 9000 der Firma Sinfomed ein. In dieser Untersuchung wurden jedoch nur 2 Kanäle (rechts/links) zur simultanen Ableitung der Aktivität des M. latissimus dorsi verwendet.

Die Positionierung der 2 bipolaren Einmalektroden und der Neutralelektrode erfolgte mittels verschiedener Hilfslinien. Eine Linie wurde vom Dornfortsatz L1 zur jeweiligen hinteren Achselfalte gezogen, der untere Skapulawinkel bestimmt und nach vorheriger Hautentfettung (Alkohollösung/ggf. Rasur) die Elektroden 2 Querfinger unterhalb und lateral des Skapulawinkels in der Verlaufsrichtung des Muskels auf der beschriebenen Linie aufgeklebt. Die Neutralelektrode wurde an der gegenseitigen Spina scapulae positioniert [7–9, 15]. Die Verbindung mit dem EMG-Gerät erfolgte über ein Computer-Interface-Modul, welches am Gürtel angebracht wurde.

Sowohl die Probanden der ersten (n=30) als auch der zweiten Gruppe (n=23) hatten ihre Arme je 10 x in

100° Anteversion, 90° Skaption (Abduktion in der Skapulaebene) und 90° Abduktion zu bewegen.

Der Bewegungsablauf wurde den Patienten vor Beginn der Messungen ausführlich beschrieben und demonstriert. Der besseren Orientierung in den vorgegebenen Bewegungsebenen dienten Fixpunkte bzw. Wandmarkierungen, welche unter Berücksichtigung der Körpergröße des Patienten und des zu absolvierenden Bewegungsintervalls (Gradzahl) festgelegt wurden. Zusätzlich gab ein Therapeut die entsprechenden Kommandos und kontrollierte die Bewegungsdurchführung, wobei vor allem darauf geachtet wurde, dass eine Dorsalflexion in der Wirbelsäule („Schwungholen“) während der Armbewegung nicht erfolgen sollte [7–9].

Pro Bewegungsebene wurden die peak-Werte der Amplituden, welche der maximalen Membranaktivität der Muskelfasern während des Kontraktionsvorganges entsprechen, gemessen. Danach erfolgte die Berechnung und Zusammenfassung der Mittelwerte und Standardabweichungen über alle 10 Zyklen und der Vergleich zwischen operierter und nicht operierter Seite [7–9]. Aus diesem Grunde wurden die Mittelwerte in Prozent angegeben.

■ Operationstechnik und Nachbehandlung

Die Operation erfolgte in der von Gerber publizierten Weise [16, 17].

Postoperativ erfolgte für beide Gruppen 5 Wochen eine Lagerung auf der Thorax-Arm-Abduktionsschiene. In dieser Zeit wurden passive Übungsbehandlungen bis zu 90° Abduktion und Anteversion sowie 40° Außenrotation durchgeführt. Die Innenrotation und Retroversion übersteigt nicht die Neutralposition.

Ab der 6. Woche erfolgte dann für die erste Gruppe (n = 30) eine schrittweise zunehmende vor allem aktive Mobilisation.

In der zweiten Gruppe (n = 23) wurde die Nachbehandlung ab der 6. Woche mit Schwerpunkt OEMG-feedback-Therapie gestaltet. Durchschnittlich 15-mal à 20–30 min erfolgte, über die bereits beschriebene Elektrodenanlage, ein individuell abgestimmtes Training. Während der ersten Behandlungen stand dabei das gezielte Ansteuern/Aktivieren und „Relaxieren“ des Muskels über ein Schwellenwerttraining in Neutralposition im Vordergrund. Sobald dieses mit nachvollziehbarer Konstanz funktionierte, wurde die gezielte Aktivierung des Muskels bei Anteversion, Skaption und Abduktion trainiert.

■ Statistische Analyse

Es wurden Normierungen auf die nicht-operierten Seiten vorgenommen (nicht-operiert = 100%). Anschlie-

ßend wurden für jeden Messzeitpunkt Einstichproben-t-Tests getrennt für Flexion, Skaption und Abduktion durchgeführt. Als Testwert dienten 100%. Es wurde ungerichtet getestet. Berichtet werden p-Werte in den Abstufungen 0,05, 0,01 und 0,001.

Ergebnisse

Bei den OEMG-Auswertungen wurden die operierte und die nicht operierte Seite miteinander verglichen und auf diese Weise eine Standardisierung erreicht. Das Aktivitätsniveau wird in Prozent angegeben, wobei die gesunde Seite mit 100% angenommen wird.

Die Patienten der 1. Gruppe (n = 30, kein OEMG-feedback-Training) wiesen 12 Wochen postoperativ nur geringgradig und nicht signifikant erhöhte Aktivitätsmuster des Latissimus dorsi bei der Anteversion, Skaption und Abduktion im Vergleich zur gesunden Seite auf (Abb. 1).

Die Patienten dieser Gruppe bewegen sich somit bezüglich der OEMG-Werte in einem ähnlichen zeitlichen Raster wie die der Vergleichsstudie zum Rekrutierungszeitpunkt [21] nach 6 Wochen bis 6 Monaten postoperativ.

Demgegenüber zeigte sich bei den Patienten der 2. Gruppe (n = 23) mit Schwerpunkt OEMG-feedback-Therapie 12 Wochen postoperativ ein signifikant erhöhtes Aktivitätsniveau ($p \leq 0,001$) für die Anteversion, Skaption und Abduktion. Die graphische Darstellung der Mittelwerte (Abb. 2) zeigt diese Verhältnisse besonders deutlich.

Die für diese Gruppe erfasste OEMG-Aktivität entspräche der der Patienten in oben aufgeführten eigenen

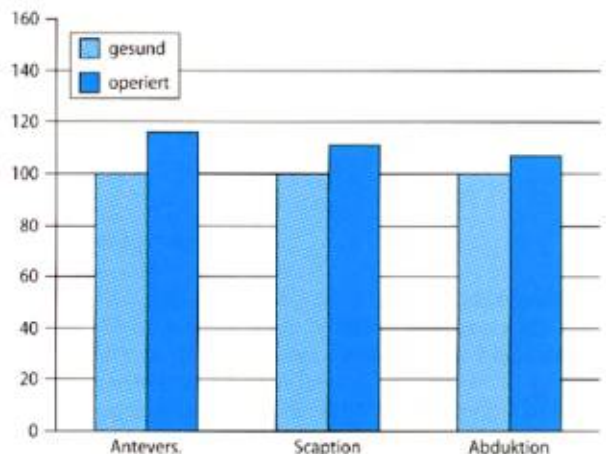


Abb. 1 Mittelwerte der Oberflächen-EMG-Aktivität 3 Monate nach Latissimus-dorsi-Plastik in % (mittlere peak-Werte 1. Gruppe, n = 30). Je 10x Anteversion, Skaption, Abduktion sowie kombinierte Retroversion und Innenrotation; jeweils operierte und nicht operierte Seite

Untersuchungen zum Rekrutierungszeitpunkt [21] nach 12 Monaten postoperativ!

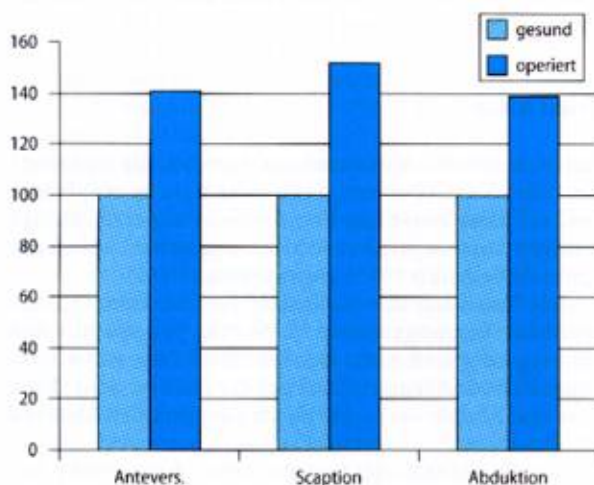
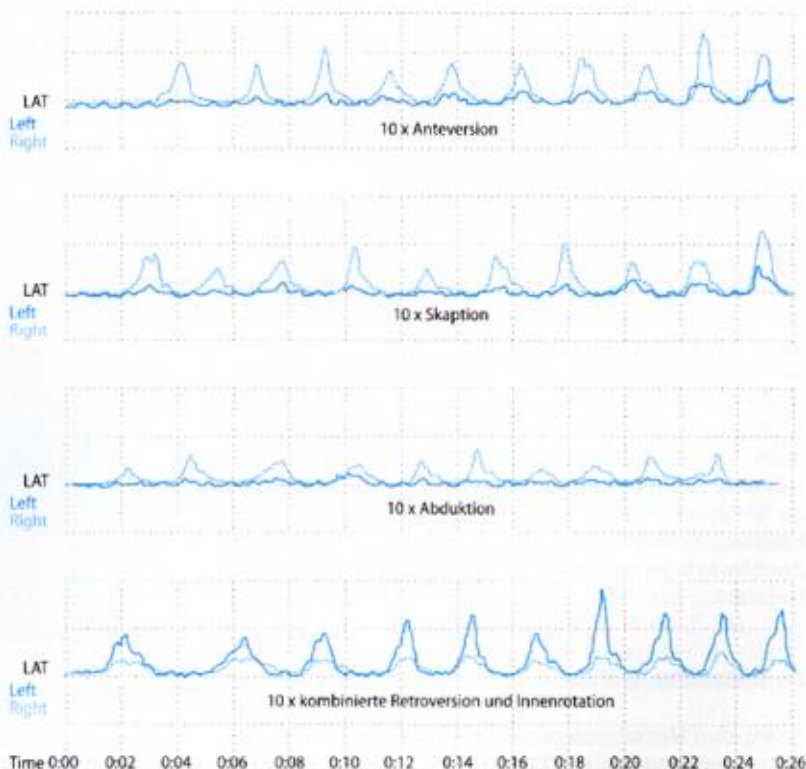


Abb. 2 Mittelwerte der Oberflächen-EMG-Aktivität 3 Monate nach Latissimusdorsi-Plastik in % (mittlere peak-Werte 2. Gruppe, n=23) nach 15x OEMG feedback-Therapie. Je 10x Anteversion, Skaption, Abduktion sowie kombinierte Retroversion und Innenrotation; jeweils operierte und nicht operierte Seite

Abb. 3 Beispiel für ein typisches Aktivitätsmuster: 64-jähriger Patient, A.G., männlich, Latissimus-dorsi-Plastik rechts, 12 Monate postoperativ (hellblau= operierte Seite, dunkelblau= nicht operierte Seite)



Diskussion

Bisherige Untersuchungen [1, 21, 22] zeigen einen eindeutigen Zusammenhang zwischen der im Oberflächen-EMG nachweisbaren Aktivität des transferierten M. latissimus dorsi und der Funktion in den untersuchten Bewegungsebenen. Dies zeigt sich in einer erhöhten Aktivität bei Anteversion, Skaption und Abduktion sowie in einer verminderten Aktivität bei der kombinierten Retroversion/Innenrotation (Abb. 3). Es konnte eine Korrelation der OEMG-Aktivität mit dem Constant Score bzw. Beziehungen zwischen der elektrischen Aktivität des transferierten LD und seiner klinischen Funktion, d.h. der aktiven Beweglichkeit des Schultergelenkes nachgewiesen werden [21, 22]. Weiterhin ist ein typisches Zeitraster bezüglich der Aktivitätsaufnahme des transferierten Muskels bei konventioneller Nachbehandlung nachweisbar [21].

Das Erlernen der Ansteuerung des Latissimus dorsi bei o.g. Bewegungen dauerte bei herkömmlicher Nachbehandlung ca. 9 bis 12 Monate [21, 22].

Der Einsatz des OEMG-feedback-Trainings in der postoperativen Phase ermöglichte bei den von uns untersuchten Patienten je nach individueller Leistungs- bzw. Koordinationsfähigkeit bereits nach 2–4 Monaten ähnliche Aktivitätsmuster wie sonst nach einem Jahr.

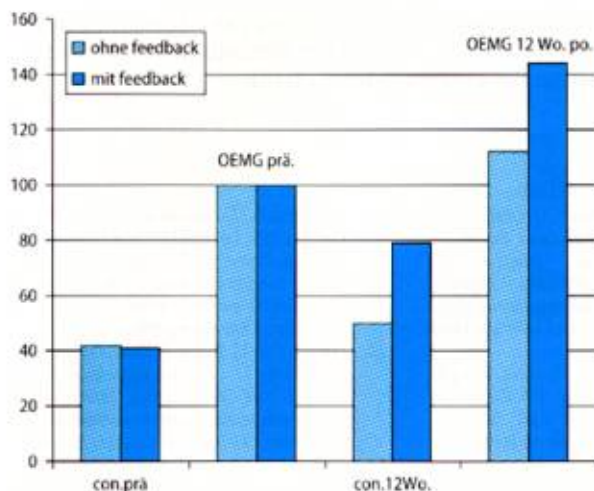


Abb. 4 Beziehung zwischen dem Niveau des Constant Scores und der mittleren OEMG-Aktivität (%) für Anteversion, Skaption und Abduktion bei Pat. ohne (n=30) und mit (n=23) feedbacktraining (präoperativ/12 Wochen postoperativ)

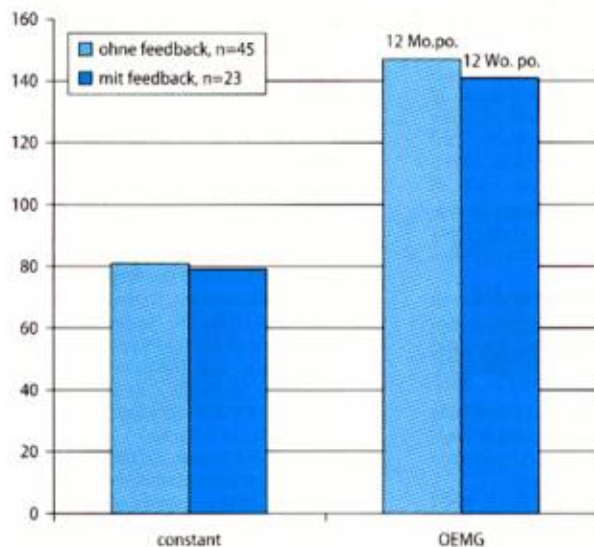


Abb. 5 Beziehung zwischen dem Niveau des Constant Scores und der mittleren OEMG-Aktivität (%) für Anteversion, Skaption und Abduktion bei Pat. mit (n=23, 12 Wochen po.) und ohne feedbacktraining (n=45) (12 Monate po.)

Dieses korreliert mit den klinischen Untersuchungen bzw. dem constant score (Abb. 4, Abb. 5).

Problematisch bei der Interpretation der Befunde eines Oberflächen-EMG ist die Selektivität und Spezifität der abgeleiteten Potentiale. Zwar ist der M. latissimus dorsi auf Grund seiner anatomischen Lage der Analyse mittels OEMG gut zugänglich, trotzdem beeinflusst eine ganze Gruppe von Faktoren die Messungen, so z.B. Unterschiede des Hautwiderstandes, des subkutanen Fett-

gewebes sowie der Muskelmorphologie. Um die individuellen Unterschiede in der Anatomie und Morphologie auszugleichen, war deshalb eine Normierung der Messungen erforderlich. Dazu verglichen wir die operierte mit der nicht operierten Seite, d.h. die gesunde Seite diente als Referenzmuskel. Auf diese Weise untersuchten wir homologe Muskeln (Latissimus dorsi) und symmetrische Bewegungen (Anteversion, Skaption, Abduktion). Da die abgeleiteten OEMG-Werte der gesunden Seite immer mit 100% angenommen wurden, erfolgte die Angabe der Werte für die operierte Seite in % der gesunden Seite. Bei diesem Vorgehen können Vergleiche zwischen verschiedenen Patienten, Seiten oder Sitzungen vorgenommen werden [2, 7–9].

Ein weiteres Problem stellt das so genannte cross-talk-Phänomen dar. Man versteht darunter die Registrierung von Membranpotentialen synergistisch wirkender bzw. in anatomisch naher Beziehung zum Latissimus dorsi stehender Muskeln (M. teres major et minor). Durch entsprechende Isolationsübungen und sorgfältiges Platzieren von schmalen bipolaren Elektroden (Elektrodenabstand $\leq 1,5$ cm) über dem Latissimus dorsi konnte das cross-talk-Phänomen minimiert werden.

Bezüglich der resultierenden Funktionsverbesserung werden zwei Mechanismen diskutiert. Einerseits könnte der depressorische Effekt des Latissimus dorsi auf den Humeruskopf zu einer besseren Zentrierung desselben führen und damit günstigere Voraussetzungen für die Wirksamkeit der extrinsischen Schultermuskeln ergeben. Diese These geht konform mit den modernen Ansichten zur Biomechanik und funktionellen Pathogenese der Rotatorenmanschettenruptur [12, 14, 23]. Andererseits kommt dem transferierten Latissimus aber auch eine direkte Kraftentfaltung für die einzelnen Bewegungsebenen zu, die sich durch die OEMG erfassen und durch eine OEMG-feedback-Therapie schulen lässt.

Hierbei sind vermutlich subjektive Gegebenheiten (Talent) bezüglich sensomotorischer/propriozeptiver Fähigkeiten beim Erlernen der Ansteuerung des Muskels und des damit verbundenen Zeitaufwandes entscheidend.

Schlussfolgerungen

Die OEMG- und die OEMG-feedback-Therapie sind erprobte Methoden und sichere Hilfsmittel, um zum Therapieerfolg nach Latissimus-dorsi-Plastik beizutragen bzw. denselben zu kontrollieren.

Der regelhafte Einsatz der OEMG-feedback-Therapie kann zur Verbesserung des Rekrutierungszeitpunktes des Latissimus bei den Anteversions-, Skaptions- und Abduktionsbewegungen beitragen.

Das wiederum führt deutlich früher zu einer Verbesserung der Schmerzsituation sowie des Funktionsdefizi-

tes und damit zu einer rascheren Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit der Patienten.

Die OEMG-Diagnostik und die OEMG-feedback-

Therapie empfehlen sich deshalb aus unserer Sicht für den Einsatz im Rahmen der Rehabilitation von Patienten nach Latissimus dorsi-Plastik.

Literatur

- Aoki M, Okamura K, Fukushima S, Takahashi T, Ogino T (1996) Transfer of the latissimus dorsi for irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Br* 78(5):761-766
- Alpert SW, Pink MM, Jobe FW, McMahon PJ, Mathiyakom W (2000) Electromyographic analysis of deltoid and rotator cuff function under varying loads and speeds. *J Shoulder Elbow Surg* 9: 47-58
- Bateman JE (1963) The diagnosis and treatment of ruptures of the rotator cuff. *Surg Clin North Am* 43:1523-1530
- Constant CR (1991) Schulterfunktionsbeurteilung Orthopäde. 20(5):289-294 (in German)
- Constant CR, Murley AH (1987) A clinical method of functional assessment of the shoulder. *Clin Orthop* 214:160-164
- Constant CR (1986) Age related recovery of the shoulder function after injury. Thesis, University College, Cork, Ireland
- Cram JR, Kaseman GS (1998) Instrumentation. In: Introduction to Surface Electromyography, Ch 3. ASPEN Publishers, Gaithersburg, Maryland, pp 43-78
- Cram JR, Kaseman GS (1998) Electrodes and Site Selection Strategies. In: Introduction to Surface Electromyography, Ch 4. ASPEN Publishers, Gaithersburg, Maryland, pp 81-89
- Cram JR, Kaseman GS (1998) Dynamic Assessment. In: Introduction to Surface Electromyography, Ch 8. ASPEN Publishers, Gaithersburg, Maryland, pp 153-166
- Dumont CE, Gerber C (2000) Surgical technique of latissimus dorsi transfer for cuff deficiency. *Techniques in Shoulder Elbow Surg* 1(2):110-116
- Fuchs B, Weishaupt D, Zanetti M, Hodler J, Gerber C (1998) Fatty degeneration of the muscles of the rotator cuff: assessment by computer tomography versus magnetic resonance imaging. *J Shoulder Elbow Surg* 8(6):599-605
- Ganssen HK, Irlenbusch U (2002) Die neuromuskuläre Insuffizienz der Rotatorenmanschette als Ursache des funktionellen Impingements - muskelbiopsische Untersuchungen am Schultergelenk. *Z Orthop* 140:65-71 (in German)
- Gartsman GM (1997) Massive, irreparable tears of the rotator cuff. Results of operative debridement and subacromial decompression. *J Bone Joint Surg Am* 79:715-721
- Gattenlohner S, Schneider C, Thamer C, Klein R, Roggendorf W, Gohlke F, et al. (2002) Expression of fetal type acetylcholine receptor is restricted to type I muscle fibres in human neuromuscular disorders. *Brain* 125:1309-1319
- Geiringer SR (2002) Elektromyographie - Atlas zur präzisen Muskellokalisierung. München, Jena: Urban und Fischer, pp 36-49 (in German)
- Gerber C, Maquieira G, Espinosa N (2006) Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 88(1): 113-120
- Gerber C (1992) Latissimus dorsi transfer for the treatment of irreparable tears of the rotator cuff. *Clin Orthop Rel Res* 275:152-160
- Goutallier DPJM, Bernageau J, Lavau L, Voisin MC (1994) Fatty muscle degeneration in cuff ruptures. Pre- and postoperative evaluation by CT scan. *Clin Orthop* 304:78-83
- Habermeyer P, Lehmann L, Lichtenberg S (2000) Rotatorenmanschetten-Ruptur. Diagnostik und Therapie. *Orthopäde* 29:196-208 (in German)
- Ianotti JP, Hennigan S, Herzog R, Kella S, Kelley M, Leggin B, Williams GR (2006) Latissimus dorsi tendon transfer for irreparable posteriosuperior rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am* 88: 342-348
- Irlenbusch U, Bernsdorf M, Bracht M, Ganssen HK, Lorenz U, Thiel J (2006) Latissimus dorsi transfer in case of irreparable rotator cuff tear - a longitudinal study in 52 patients over 50 months. *J Shoulder Elbow Surg* (in press)
- Irlenbusch U, Bernsdorf M, Ganssen HK, Lorenz U (2003) Latissimus-dorsi-Plastik zur Versorgung irreparabler Rotatorenmanschettenmassendefekte. *Z Orthop* 141:650-656 (in German)
- Irlenbusch U, Ganssen HK (2003) Muscle biopsy investigations on neuromuscular insufficiency of the rotator cuff - a contribution to the functional impingement of the shoulder joint. *J Shoulder Elbow Surg* 12:422-426
- Katolik LI, Romeo AA, Cole BJ, Verma NN, Hyden JK, Bach BR (2005) Normalization in the constant score. *J Shoulder Elbow Surg* 14(3):279-285
- Löhr JF (1999) Versorgung großer Rotatorenmanschettenrupturen. In: Imhoff AB, König U (eds) Schulterinstabilität - Rotatorenmanschette. Darmstadt: Steinkopf, pp 246-250 (in German)
- Patte D (1990) Classification of rotator cuff lesions. *Clin Orthop* 254:81-86
- Thomann SR, Dumont CE, Gerber C (2001) Die Verpflanzung des Musculus latissimus dorsi bei der Ruptur der Rotatorenmanschette. *Operat Orthop Traumatol* 3:159-169 (in German)
- Thomazeau H (2001) Degenerative Veränderungen und Rotatorenmanschettendefekte. In: Radke S, Kenn W, Gohlke F (eds) MRT der Schulter. *Orthopäde* 30:484-491 (in German)
- Warner JJP, Parsons IM (2001) Latissimus dorsi tendon transfer: A comparative analysis of primary and salvage reconstruction of massive, irreparable rotator cuff tears. *J Shoulder Elbow Surg* 10:514-521
- Warner JJP (2001) Management of massive irreparable rotator cuff tears: the role of tendon transfer. *Instr Course Lect* 50:63-71