

**Persönliche PDF-Datei für  
K. Erler, A. Wilharm, E. Mey, G. Hofmann, H.-C. Scholle**

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

[www.thieme.de](http://www.thieme.de)

## **Welche Faktoren beeinflussen das Behandlungsergebnis nach einer proximalen Humerusfraktur?**

**DOI 10.1055/s-0033-1358692  
Phys Med Rehab Kuror 2014; 24: 29–33**

Nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt.  
Keine kommerzielle Nutzung, keine Einstellung  
in Repositorien.

**Verlag und Copyright:**  
© 2013 by  
Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstraße 14  
70469 Stuttgart  
ISSN 0940-6689

Nachdruck nur  
mit Genehmigung  
des Verlags

 **Thieme**

# Welche Faktoren beeinflussen das Behandlungsergebnis nach einer proximalen Humerusfraktur?

## What Parameters Determine the Outcome in Proximal Humerus Fractures?

### Autoren

K. Erler, A. Wilharm, E. Mey, G. Hofmann, H.-C. Scholle

### Institut

Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie, Universitätsklinikum Jena, Jena

### Schlüsselwörter

- Muskelfunktion
- Score
- proximale Humerusfraktur
- Oberflächen-EMG
- intermuskuläre Koordination

### Key words

- muscular function
- score
- proximal humerus fracture
- surface EMG
- muscular coordination

eingereicht: 25.04.2013

angenommen: 14.10.2013

### Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1358692>  
 Phys Med Rehab Kuror 2014;  
 24: 29–33  
 © Georg Thieme Verlag KG  
 Stuttgart · New York  
 ISSN 0940-6689

### Korrespondenzadresse

**Dr. K. Erler**  
 Klinik für Unfall-, Hand- und  
 Wiederherstellungschirurgie  
 Universitätsklinikum  
 Jena  
 Erlanger Allee 101  
 07747 Jena  
 kerstin.erler@moritz-klinik.de

### Zusammenfassung

**Fragestellung:** Humeruskopffrakturen gehören zu den häufigsten Frakturen. Die Evidenzlage zur Nachbehandlung ist schlecht. Ziel der Studie war die Identifikation von Einflussfaktoren auf das Behandlungsergebnis.

**Material und Methoden:** Untersucht wurden 62 Patienten mit proximalen Humerusfrakturen nach 6, 12 und 52 Wochen sowie 10 gesunde Probanden. Mittels Oberflächen-EMG erfolgte beidseitig die Ableitung von 16 Schultermuskeln in verschiedenen Untersuchungssituationen in der Scapulaebene. Zusätzlich wurden Constant-Murley-, DASH-Score sowie patientenspezifische Daten erhoben.

**Ergebnisse:** Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Schwere der Fraktur und die Behandlungsart wichtige Einflussfaktoren sind. Alter, Geschlecht und Händigkeit spielten eine untergeordnete Rolle. Eine konservative Behandlung sollte nach Möglichkeit favorisiert werden. Die Funktion des M. deltoideus ist durch die Fraktur beeinträchtigt und beeinflusst das Ergebnis entscheidend. EMG-Verfahren liefern zusätzliche Erkenntnisse zur Erklärung von Pathomechanismen. Eine frühzeitige Nachbehandlung erscheint notwendig.

**Schlussfolgerung:** Wichtig für den Behandlungserfolg ist ein begründeter Entscheidungsalgorhythmus des erstbehandelnden Arztes.

### Einleitung

Proximale Humerusfrakturen gehören zu den häufigsten Frakturen älterer Menschen und weisen eine steigende Inzidenz auf. Trotzdem ist die Evidenzlage bezüglich der Versorgung und Nachbehandlung schlecht [11, 14]. Verschiedene Möglichkeiten zur Behandlung proximaler Humerusfrakturen stehen zur Verfügung. Die in der Literatur publizierten Ergebnisse verweisen allerdings

### Abstract

**Purpose:** Proximal humerus fractures belong to the most common fractures. However the level of evidence is not very good. The aim of the study was therefore the identification of factors that influence the outcome.

**Materials and Methods:** 62 patients with proximal humerus fractures were examined 6, 12 and 52 weeks after fracture. Furthermore 10 other subjects without any shoulder diseases were checked. The activation of 16 shoulder muscles on both sides was recorded by surface EMG during several situations in the scapula plane. Additionally CM- and DASH-Score as well as individual personal data were collected.

**Results:** The results have shown that the severity of the fracture and the kind of treatment are the essential factors. Age, sex and handedness are not essential. A conservative treatment should be favoured if possible. The function of M. deltoideus is impaired by the fracture and is essential for the result of the treatment. EMG techniques deliver additional results related to the explanation of pathological mechanisms. An early therapy seems to be necessary.

**Discussion:** A founded decision by the physician is relevant for the success of treatment.

nicht auf ein zu bevorzugendes Behandlungsverfahren, z.B. die winkelstabile Plattenosteosynthese [13, 15].

Humeruskopffrakturen gehen aufgrund der meist deutlich verminderten Schulterfunktion mit hohen Einschränkungen in Alltag und Beruf einher. Ziel der Behandlung muss daher eine anatomisch rekonstruierte und stabil versorgte Fraktur sein, welche durch eine uneingeschränkte frühfunktionelle Nachbehandlung zu einem

sowohl kurz- als auch langfristig guten funktionellen Ergebnis führt.

Der Funktionszustand der Schulter-Arm-Muskulatur entscheidet über die Bewegungsmöglichkeiten des Armes sowie die Stabilität der Schulter. Dazu liegen bisher nur wenige Untersuchungen vor [2]. EMG-Studien [1,3–5,8,12,17] wurden bisher vorwiegend an Gesunden durchgeführt und haben zunächst die Hauptfunktionen einzelner Muskeln bei ausgewählten Bewegungen sowie die simultane Aktivierung in bewegenden Muskeln und Antagonisten zur Stabilisierung der Schulter untersucht.

Frakturtyp, Alter und Dislokationsgrad gelten in der Literatur als wesentliche Outcome-Faktoren. Allerdings wird eher über nicht zufriedenstellende Behandlungsergebnisse bzw. hohe Komplikations- und Revisionsraten berichtet [11].

Ziel der vorliegenden Studie war es, Faktoren zu identifizieren, die das Behandlungsergebnis nach einer proximalen Humerusfraktur beeinflussen. Die optimale Gestaltung dieser Faktoren könnte zu einem möglichst guten Behandlungsergebnis beitragen. Besonderes Augenmerk soll dabei auf die Aufklärung bzw. Quantifizierung von Pathomechanismen durch die Methode des Oberflächen-EMG gelegt werden.

## Material und Methodik

Insgesamt wurden 62 Patienten nach einer proximalen Humerusfraktur untersucht. Die Daten der Untersuchungsgruppe sind in **Tab. 1** dargestellt.

Zum Vergleich standen die Ergebnisse von 10 gesunden weiblichen Probanden ohne Beschwerden und Operationen im Schulterbereich zur Verfügung (Alter:  $69,3 \pm 5,2$  Jahre).

Die Untersuchungen der Patienten erfolgten 6 (U1) und 12 Wochen (U2) sowie 1 Jahr (U3) nach der Fraktur. Die Probanden der Kontrollgruppe wurden einmalig untersucht. Alle untersuchten Patienten und Probanden nahmen freiwillig an der von der Ethikkommission der Friedrich-Schiller-Universität Jena genehmigten Studie teil.

Für die EMG-Ableitungen wurde ein Oberflächen-EMG-Gerät der Firma biovision® (Wehrheim/D) verwendet [6,7]. Mit einer Abtastrate von 2000 Hz wurden bipolar beidseitig 16 Muskeln im Bereich Schulter-Arm-Rumpf abgeleitet (**Abb. 1**).

Die Elektrodenplatzierung erfolgte entsprechend den Richtlinien der SENIAM [10]. Zur EKG-Identifizierung diente das Signal des linksseitigen M. pectoralis major.

Die EMG-Ableitungen wurden in folgenden Untersuchungssituationen durchgeführt:

**Tab. 1** Daten der Untersuchungsgruppe.

	Untersuchungsgruppe
Geschlecht	weiblich: n=45 männlich: n=17
Alter	$60,0 \pm 13,3$ Jahre (28–83 Jahre)
Behandlungsart	konservativ: n=13 operativ: n=49 winkelstabile Plattenosteosynthese: n=45; Nagel: n=4; Deltoides-Split-Zugang: n=49
AO-Klassifikation	Typ A n=18 Typ B n=37 Typ C n=5

M. pectoralis major  
M. serratus anterior  
M. deltoideus clavicularis  
M. deltoideus acromialis  
M. deltoideus spinalis  
M. trapezius descendens  
M. trapezius ascendens  
M. teres major  
M. rhomboideus major  
M. infraspinatus  
M. supraspinatus  
M. latissimus dorsi  
M. biceps brachii caput breve  
M. biceps brachii caput longum  
M. triceps brachii caput longum  
M. triceps brachii caput laterale

**Abb. 1** Oberflächen-EMG: abgeleitete Muskeln (beidseitig).

1. statisch: beidseitiges Anheben und Halten der Arme in der Scapulaebene bei  $0^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $60^\circ$  und  $90^\circ$  jeweils ohne und mit Gewicht (0,5 kg) bei neutraler Handstellung; 3 Messungen a jeweils 10 s in jeder Winkelposition in randomisierter Reihenfolge;
2. dynamisch: Anheben der Arme in der Scapulaebene von  $0^\circ$  bis  $90^\circ$  bei neutraler Handstellung jeweils ohne und mit Gewicht (0,5 kg); 10 Wiederholungen und
3. statisches Halten der Arme in der Scapulaebene bei  $90^\circ$  mit Gewicht (0,5 kg) bis zum subjektiven Abbruch.

Die Untersuchungssituationen ohne Gewicht wurden immer zuerst ausgeführt. Unmittelbar nach der Ausführung der jeweiligen Untersuchungssituation erfolgte die subjektive Einschätzung von Schmerzstärke mittels Visueller Analog Skala (VAS) und Anstrengungsgrad mittels BORG-Skala.

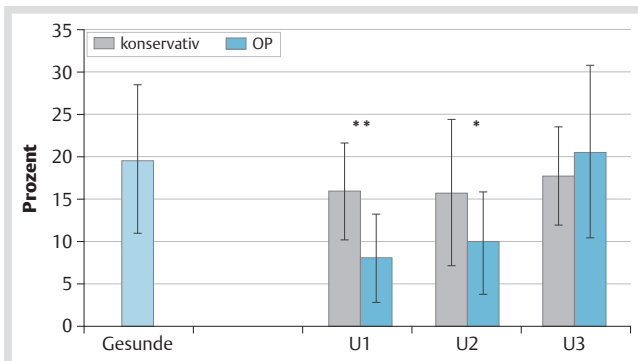
Zur weiteren Beurteilung der Schulterfunktion wurden der Constant-Murley- und der DASH-Score [9,16,18] erhoben. Die Evaluierung der Kraftentfaltung im Vergleich zur gesunden Seite wurde mit der von Constant beschriebenen Technik durchgeführt. Patientenspezifische Daten, wie die Art der Nachbehandlung sowie die subjektive Zufriedenheit, wurden ebenfalls erfasst. Die Datenauswertung erfolgte mit SPSS 19.0.

## Ergebnisse und Diskussion

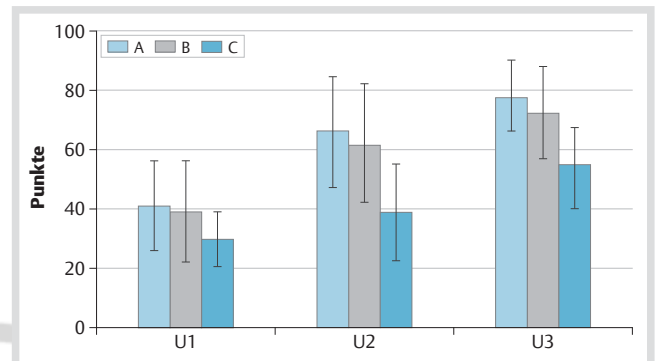
### Behandlungsart: operativ vs. konservativ

Zur Auswertung der Daten wurden 2 Untergruppen gebildet, in die nur die Patienten mit der AO-Klassifikation A und B einbezogen wurden: konservativ behandelte Patienten (n=13) sowie operativ behandelte Patienten (n=42). Die Gruppen unterschieden sich hinsichtlich der Geschlechterverteilung und des Alters nicht. Signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen (WILCOXON-Test) ergaben sich bei:

- ▶ der Dauer der Ruhigstellung ( $p=0,01$ ): konservativ behandelte Frakturen ( $24,6 \pm 6,2$  Tage) wurden länger ruhig gestellt als operativ behandelte ( $12,3 \pm 9,2$  Tage),
- ▶ der Kraft der betroffenen Seite (U2:  $p=0,02$ ): konservativ behandelte Patienten ( $4,4 \pm 2,1$  kg) erreichten in der frühen Phase nach der Fraktur ein höheres Kraftniveau als operativ behandelte Patienten ( $3,1 \pm 2,5$  kg),
- ▶ dem prozentualen Anteil des M. deltoideus clavicularis an der Gesamtaktivierung aller untersuchten Muskeln: konservativ behandelte Patienten wiesen eine höhere Aktivierung als operativ behandelte Patienten auf (U1:  $p=0,01^{**}$ ; U2:  $p=0,05^*$ ; **Abb. 2**).



**Abb. 2** Prozentualer Anteil des M. deltoideus clavicularis an der EMG-Gesamtaktivierung (Mittelwert und Standardabweichung) der betroffenen Seite bei Patienten mit proximaler Humerusfraktur (konservativ, OP) sowie gesunden Vergleichspersonen (Gesunde) in der Untersuchungssituation Statik 90° ohne Gewicht (Untersuchungszeitpunkte Patienten: U1 – 6 Wochen; U2 – 12 Wochen; U3 – 1 Jahr nach der Fraktur).



**Abb. 3** Ergebnisse (Mittelwert und Standardabweichung; n=60) des CM-Scores (betroffene Seite) bei Patienten mit proximaler Humerusfraktur (Gruppen A, B und C nach AO-Klassifikation; Untersuchungszeitpunkte Patienten: U1 – 6 Wochen; U2 – 12 Wochen; U3 – 1 Jahr nach der Fraktur).

Die geringere Aktivierung des M. deltoideus clavicularis bei operativ versorgten Patienten bis 12 Wochen nach der Fraktur scheint eine zugangsbedingte Schädigung zu sein. Gleiches gilt für die beiden anderen Anteile des M. deltoideus. Allerdings traten hier keine signifikanten Unterschiede auf. Der Anteil des M. deltoideus clavicularis an der Gesamtaktivierung aller untersuchten Muskeln steigt in beiden Patientengruppen im Zeitraum von der 12. Woche bis zu einem Jahr signifikant an, sodass dann kein Unterschied mehr zur muskulären Aktivierung Gesunder besteht. Allerdings ist ein vergleichsweise langer Zeitraum von ca. 1 Jahr notwendig, bis eine entsprechende muskuläre Aktivierung wiederhergestellt ist. Diese Unterschiede in der muskulären Aktivierung spiegeln sich ebenso in den erhobenen Score-Ergebnissen wider. Die durchgeführte EMG-Untersuchung trägt durch die Aufdeckung der verminderten Aktivierung des M. deltoideus clavicularis dazu bei, die Ursache der meist schlechten funktionellen Ergebnisse in der Frühphase nach einer proximalen Humerusfraktur zu erklären.

Die anhand der VAS angegebene Schmerzstärke unterschied sich im gesamten Untersuchungszeitraum nicht signifikant zwischen konservativ und operativ behandelten Patienten. Zum Untersuchungszeitpunkt U3 äußerte keiner der konservativ behandelten Patienten noch Schmerzen. Dagegen gaben die operativ behandelten Patienten auf der 10-stufigen Schmerzskala einen durchschnittlichen Wert von 0,2 (Minimum: 0; Maximum: 1,6) an.

Die Behandlungsart (konservativ vs. operativ) hängt vor allem, wie in der Literatur beschrieben, von der Fraktur, insbesondere der Dislokation, ab. Eine konservative Behandlung sollte unabhängig vom Alter favorisiert werden, wenn die Schwere der Fraktur dies zulässt, da eine konservative Behandlung in der Frühphase funktionell bessere Ergebnisse zu ermöglichen scheint. Im Langzeitverlauf konnten allerdings keinerlei Vorteile einer der beiden Behandlungsarten nachgewiesen werden. Die Vorteile eines minimalinvasiven operativen Vorgehens können hier nicht diskutiert werden. Ebenso können keine Aussagen über unterschiedlich hohe Komplikations- und Revisionsraten getroffen werden. Die richtige Klassifikation der Fraktur bzw. ein Entscheidungsalgorithmus für eine bestimmte Behandlungsart [11] scheinen einen entscheidenden Einfluss auf das Behandlungsergebnis zu haben.

Die Betrachtung von Matched Pairs (10 Paare, operativ vs. konservativ bei gleichem Alter, gleichem Geschlecht und gleicher AO-Klassifikation) erbrachte keine weiteren signifikanten Unterschiede. Der Trend zu besseren Behandlungsergebnissen der konservativ versorgten Patienten wurde hier vor allem bei der Betrachtung der Ergebnisse des DASH- und des CM-Scores deutlich.

### Schwere der Fraktur (AO-Klassifikation)

Es erfolgte eine Unterteilung der Untersuchungsgruppe in 3 Untergruppen hinsichtlich der AO-Klassifikation der Frakturen (A: n=18; B: n=37; C: n=5). Zwischen diesen Gruppen konnten nur wenige signifikante Unterschiede nachgewiesen werden (Kruskal-Wallis-Test; p=0,05): der CM-Score der betroffenen Seite zum Untersuchungszeitpunkt U3 sowie der Anstrengungsgrad (BORG-Skala) zum Untersuchungszeitpunkt U2. In beiden Fällen wiesen die Patienten der Frakturklassifikation C schlechtere Ergebnisse als die Patienten der beiden anderen Gruppen auf. Diese Tendenz zeigte sich auch bei der Betrachtung aller untersuchten Parameter (Abb. 3). Auch hier waren die schlechteren funktionellen Ergebnisse, wie die geringere Aktivierung des M. deltoideus, die Ursache für schlechtere Score-Ergebnisse. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Häufigkeit der Frakturklassifikation C am geringsten und daher die Untergruppe nur sehr klein war. Außerdem wurden die Frakturen mit der AO-Klassifikation C ausschließlich operativ versorgt. Trotzdem erhielten diese Patienten nicht häufiger eine Rehabilitationsmaßnahme bzw. mehr krankengymnastische Behandlungen verordnet, sodass Patienten mit einer Humeruskopffraktur der AO-Klassifikation C insgesamt eine schlechtere Prognose aufzuweisen scheinen. Somit wurde die in der Literatur bereits beschriebene Annahme bestätigt, dass die Schwere der Fraktur einen wesentlichen Einfluss auf das nach einer solchen Fraktur erreichbare Behandlungsergebnis hat.

### Alter/Geschlecht/Händigkeit

Der Median (61,0 Jahre) teilte die Untersuchungsgruppe in jüngere und ältere Patienten (jeweils n=31). Die jüngeren Patienten erhielten signifikant mehr Krankengymnastik (jung: 29,6±16,8 Einheiten; alt: 22,0±11,1 Einheiten; Mann-Whitney-U-Test, p=0,05). Die älteren Patienten mit einer Humeruskopffraktur erzielten in folgenden Parametern signifikant bessere Ergebnisse



als die jüngeren Patienten (jeweils Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,05$ ):

- ▶ CM-Score U1 (jung:  $34,3 \pm 14,4$ ; alt  $44,4 \pm 16,8$ ),
- ▶ DASH-Score U2 (jung:  $26,3 \pm 13,0$ ; alt  $20,6 \pm 20,2$ ),
- ▶ Schmerzempfinden U2 (VAS; jung:  $1,3 \pm 1,8$ ; alt  $0,5 \pm 1,4$ ) und
- ▶ Anstrengungsgrad U1 (Borg-Skala; jung:  $13,6 \pm 2,4$ ; alt  $11,5 \pm 2,1$ ).

Die Häufigkeit einer konservativen Behandlung unterschied sich in diesen beiden Gruppen nicht signifikant. Somit war das Behandlungsergebnis von jüngeren und älteren Patienten mit einer Humeruskopffraktur nicht grundsätzlich unterschiedlich, sodass das Alter nicht als Prognosefaktor für das Behandlungsergebnis relevant ist.

Geschlechtsspezifische Unterschiede in den untersuchten Parametern waren in der frühen Phase nach der Fraktur (bis 6 Wochen) kaum sichtbar, d.h. die frakturbedingten Einschränkungen, z.B. in Beweglichkeit und Kraft der betroffenen Schulter, traten bei beiden Geschlechtern gleichermaßen auf. Andere Unterschiede zugunsten der männlichen Patienten, wie die Kraft der betroffenen Schulter (U2; männlich  $5,08 \pm 3,5$  kg; weiblich  $2,8 \pm 1,5$  kg und U3; männlich  $7,6 \pm 3,3$  kg; weiblich  $4,3 \pm 1,4$  kg; Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,05$ ) sind anatomisch-muskulär zu erwarten.

Für das Behandlungsergebnis nach einer Humeruskopffraktur war ebenfalls nicht entscheidend, ob die Seite der Händigkeit von der Fraktur betroffen ist. Lediglich die Dauer der Arbeitsunfähigkeit war länger, wenn beim Rechtshänder die linke Seite von der Fraktur betroffen ist (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,05$ ; rechts  $40,1 \pm 14,4$  Tage; links  $58,3 \pm 31,1$  Tage).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Alter, Geschlecht und Händigkeit keinen entscheidenden Einfluss auf das Behandlungsergebnis nach einer proximalen Humerusfraktur haben.

### Art der Nachbehandlung

Von den untersuchten Patienten erhielten 7 eine Rehabilitationsmaßnahme (stationär:  $n=3$ ; ambulant:  $n=4$ ). Diese wurde bei allen Patienten frühestens 12 Wochen nach der Fraktur (zwischen den Untersuchungszeitpunkten U2 und U3) durchgeführt. Daher waren signifikante Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen mit und ohne Rehabilitationsmaßnahme zum Untersuchungszeitpunkt U3 von Interesse, da dieser Zeitpunkt das abschließende Behandlungsergebnis repräsentiert. Zu diesem Zeitpunkt waren nur der CM-Score (Reha JA:  $50,2 \pm 17,6$ ; Reha NEIN:  $76,0 \pm 13,0$ ) und der DASH-Score (Reha JA:  $28,5 \pm 17,4$ ; Reha NEIN:  $12,5 \pm 13,8$ ) der Patienten mit einer Rehabilitationsmaßnahme signifikant schlechter (Mann-Whitney-U-Test,  $p=0,05$ ).

In der Gruppe der Patienten mit Rehabilitationsmaßnahme befanden sich überwiegend operativ versorgte Patienten ( $n=6$ ) mit der Frakturklassifikation C ( $n=4$ ). Zu den Untersuchungszeitpunkten U1 und U2 konnten zwischen den beiden Patientengruppen mehr signifikante Unterschiede verifiziert werden (Kraft der betroffenen Schulter, CM-Score, DASH-Score, Anstrengungsgrad, Schmerzempfinden, Ermüdungszeit; Mann-Whitney-U-Test, je  $p=0,05$ ). Dabei erreichten bei allen signifikant unterschiedlichen Parametern die Patienten mit Rehabilitationsmaßnahme schlechtere Ergebnisse, sodass davon auszugehen ist, dass diesen Patienten die Rehabilitationsmaßnahme aufgrund der bis zu diesem Zeitpunkt schlechten Behandlungsergebnisse verordnet wurde.

Laut Heilmittelkatalog beträgt die Regelverordnung der Physikalischen Therapie (EX 3: Verletzungen/Operationen und Erkran-

kungen der Extremitäten und des Beckens) 30 Einheiten. Von den hier untersuchten Patienten erhielten 22 Patienten mehr als diese 30 Einheiten verordnet. Die Einteilung in 2 Untergruppen mit viel ( $25,8 \pm 14,7$  Einheiten) oder wenig ( $18,1 \pm 13,6$  Einheiten) Krankengymnastik erfolgte anhand des Medians (=20 Einheiten), wobei der Mittelwertunterschied vergleichsweise gering ist. Zwischen den beiden Gruppen mit viel oder wenig Krankengymnastik konnten nur wenige signifikante Unterschiede zu den Untersuchungszeitpunkten U1 und U2 (Kraft der betroffenen Schulter, CM-Score, subjektive Zufriedenheit; Mann-Whitney-U-Test, je  $p=0,05$ ) nachgewiesen werden. Auch hier wurde den Patienten mit besseren Behandlungsergebnissen weniger Krankengymnastik verordnet. Ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der verordneten Einheiten Krankengymnastik und den Parametern AO-Klassifikation, Alter und Versorgung (operativ/konservativ) bestand nicht. Außerdem kann die Qualität der Durchführung der ambulanten Krankengymnastik nicht beurteilt werden. Die Regelverordnung Allgemeine Krankengymnastik erscheint für den vergleichsweise langen Behandlungszeitraum gering, kann aber das Behandlungsergebnis nicht entscheidend beeinflussen.

Es fiel auf, dass Patienten mit guten Ergebnissen in der frühen Phase nach der Fraktur (bis 12 Wochen) auch abschließend bessere Behandlungsergebnisse als Patienten mit anfangs schlechten Ergebnissen erzielten. Die in der frühen Phase nach der Fraktur erreichte funktionelle Leistungsfähigkeit für Alltagsbewegungen der Schulter scheint das entscheidende Prognosekriterium für das Behandlungsergebnis zu sein. Das traf in besonderem Maße auch für die Aktivierung des M. deltoideus im Untersuchungsverlauf zu. Der prozentuale Anteil der Aktivierung dieses Muskels an der Gesamtaktivierung korreliert im Untersuchungsverlauf miteinander. Das heißt eine gute bzw. schlechte Aktivierung des M. deltoideus zum ersten Untersuchungszeitpunkt (U1) zog eine ebenso gute bzw. schlechte Muskelaktivierung im weiteren Untersuchungsverlauf nach sich. Somit kann die Aktivierung des M. deltoideus als Prognosefaktor für den weiteren Behandlungsverlauf herangezogen werden.

Diese These konnte auch durch die Ergebnisse der multivariaten Statistik (Faktor- und Clusteranalyse) gestützt werden. Als wichtigster Faktor mit der höchsten Varianzaufklärung wurde in der Faktoranalyse die funktionelle Leistungsfähigkeit mit den Parametern CM-Score, DASH-Score und Kraft der betroffenen Schulter klassifiziert. In der Clusteranalyse wurden die Patienten mit ähnlichen Merkmalen 2 Clustern (Patienten mit guten/schlechten Behandlungsergebnissen) zugeordnet, die sich signifikant in verschiedenen Parametern zugunsten der Patienten mit guten Behandlungsergebnissen zu allen 3 Untersuchungszeitpunkten unterschieden. Die erhobenen EMG-Parameter gehörten sowohl in der Faktor- als auch in der Clusteranalyse nicht zu den entscheidenden Klassifizierungsfaktoren.

### Methodenkritik

CM- und DASH-Score wiesen eine negative signifikante Korrelation zu allen Untersuchungszeitpunkten auf (Pearson,  $p=0,01$ ). Beide messen die Schulterfunktion, sodass für künftige Untersuchungen die Verwendung eines dieser Assessmentinstrumente ausreicht. Vorgeschlagen wird der Einsatz des CM-Scores, da dieser mehr objektiv-quantitativ misst und zusätzlich eine Kraftmessung beinhaltet.

Ähnliches galt für das Schmerzempfinden und den Anstrengungsgrad. Die Korrelation zwischen diesen beiden Assessments beschreibt einen positiven Zusammenhang zwischen der

Schmerzstärke und dem Anstrengungsgrad. Aufgrund des häufigeren Einsatzes der Visuellen Analogskala zur Einschätzung der Schmerzstärke im klinischen Alltag wird diese favorisiert.

Der Einsatz des Oberflächen-EMG lieferte zusätzliche, bisher nicht vorliegende Daten zur muskulären Aktivierung bei Patienten mit Humeruskopffraktur und ermöglicht somit eine bessere Beschreibung von Pathomechanismen. Bspw. war die verminderte Aktivierung des M. deltoideus zum ersten Untersuchungszeitpunkt die Ursache für die schlechten Score-Ergebnisse, da hier ebenfalls eine starke Korrelation nachgewiesen werden konnte. Die verminderte Aktivierung aller Anteile des M. deltoideus ging mit einer verstärkten Aktivierung des M. trapezius im Sinne einer Kompensationsreaktion einher. Hier konnte ebenfalls ein starker korrelativer Zusammenhang festgestellt werden. So trägt der Einsatz des EMG dazu bei, klinisch sichtbare Bewegungsphänomene zu erklären.

Das Halten der Arme in der Scapulaebene bei 60° mit einem Gewicht von 0,5 kg bewirkte sowohl bei Gesunden als auch bei Patienten mit einer Humeruskopffraktur eine dem Halten der Arme bei 90° vergleichbare Aktivierung aller untersuchten Muskeln. Das Training der Schulter-Arm-Muskulatur mit relativ geringen Gewichten (hier: 0,5 kg) scheint dann eine therapeutische Option zu sein, wenn der Patient aufgrund von Einschränkungen der Beweglichkeit ein bestimmtes Bewegungsausmaß (hier: 90° in der Scapulaebene) nicht erreicht [6].

Eine Reduzierung der Anzahl der Untersuchungssituationen sowie der abgeleiteten Muskeln während der EMG-Ableitung erscheint sinnvoll. Die dargestellten Ergebnisse zur Aktivierung der Schulter-Arm-Muskulatur waren übereinstimmend für alle Untersuchungssituationen. Daher könnte in folgenden Untersuchungen eine Reduzierung auf das beidseitige Anheben und Halten der Arme in der Scapulaebene bei 60° bzw. 90° ohne und mit Gewicht erfolgen. Zudem stellt das Anheben der Arme von 90° ein wichtiges in der Nachbehandlung anzustrebendes Ziel dar. Ein Anheben der Arme über 90° hinaus wäre in der frühen Phase (U1: 6 Wochen nach der Fraktur) auch ohne Gewicht für die Mehrzahl der Patienten nicht möglich gewesen. In Bezug auf die im EMG abzuleitenden Muskeln könnte eine Reduzierung auf die Anteile des M. deltoideus erfolgen, da dieser der Schlüssel-Muskel für das Anheben der Arme in der Scapulaebene ist.

## Fazit

Wesentliche Einflussfaktoren auf das Behandlungsergebnis nach einer Humeruskopffraktur sind die Schwere der Fraktur (AO-Klassifikation) und die Behandlungsart (operativ vs. konservativ). Wenn möglich, sollte eine konservative Behandlung favorisiert werden. Entscheidend für den weiteren Behandlungsverlauf und dessen Erfolg ist ein begründeter Entscheidungsalgorithmus des erstbehandelnden Arztes zur weiteren Versorgung.

Alter, Geschlecht und Händigkeit sowie die Nachbehandlung spielen eine untergeordnete Rolle.

Die Muskelfunktion, insbesondere die des M. deltoideus, wird zunächst grundsätzlich durch das Frakturgeschehen beeinträchtigt. Ein operatives Vorgehen bewirkt zugangsbedingt eine zusätzliche Verschlechterung der Muskelfunktion. Die Muskelfunktion des M. deltoideus kann als Prognosefaktor für das spätere Behandlungsergebnis herangezogen werden.

Eine gute Muskelfunktion ist unabdingbare Voraussetzung für die Bewältigung der Anforderungen in Beruf und Alltag.

Aufgrund des sehr langen Behandlungszeitraumes sollte über eine Unterstützung des Heilungsverlaufes durch Maßnahmen der Rehabilitation nachgedacht werden. Die Erkenntnisse der EMG-Untersuchungen bezüglich der ungenügenden Aktivierung des M. deltoideus sollten künftig in der Nachbehandlung stärker Beachtung finden. Es sollte auch geprüft werden, ob die krankengymnastische Nachbehandlung und/oder Rehabilitationsmaßnahmen früher einsetzen können. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

Der Einsatz von EMG-Untersuchungen erweist sich als sinnvoll und bringt zusätzliche Ergebnisse, indem Pathomechanismen erklärt und damit klinisch beobachtete Ergebnisse begründet werden können.

## Interessenkonflikt

Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- 1 Antony NT, Keir PJ. Effects of posture, movement and hand load on shoulder muscle activity. *J Electromyog Kinesiol* 2010; 20: 191–198
- 2 Berth A, Pap G, Awiszus F. Zentrales Aktivierungsdefizit des M. deltoideus bei traumatischer Schulterinstabilität. *Obere Extremität* 2009; 4: 16–22
- 3 Diederichsen LP, Norregard J, Dyhre-Poulsen P et al. The effect of handedness on electromyographic activity of human shoulder muscles during movement. *J Electromyog Kinesiol* 2007; 17: 410–419
- 4 Diederichsen LP, Norregard J, Dyhre-Poulsen P et al. The activity pattern of shoulder muscles in subjects with and without subacromial impingement. *J Electromyog Kinesiol* 2009; 19: 789–799
- 5 Ebaugh DD, Spinelli BA. Scapulathoracic motion and muscle activity during the raising and lowering phases of an overhead reaching task. *J Electromyog Kinesiol* 2010; 20: 199–205
- 6 Erler K, Wilharm A, Mey E et al. Aktivierung der Schultermuskulatur bei Patienten mit proximaler Humerusfraktur. In: Grieshaber R, Stadel M, Scholle HC. Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen. Verlag Dr. Bussert & Stadel; 2008; 429–436
- 7 Erler K, Wilharm A, Mey E et al. Proximale Humerusfrakturen – operativ oder konservativ behandeln? In: Grieshaber R, Stadel M, Scholle HC. Prävention von arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren und Erkrankungen. Verlag Dr. Bussert & Stadel. 2009; 473–477
- 8 Escamilla RF, Yamahiro K, Paulos L et al. Shoulder Muscle Activity and Function in Common Shoulder Rehabilitation Exercises. *Sports Med* 2009; 39: 663–685
- 9 Germann G, Wind G, Harth A. Der DASH-Fragebogen – Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 1999; 31: 149–152
- 10 Hermens HJ et al. European Recommendations for Surface Electromyography, results of the SENIAM project. Roessingh: Roessingh Research and Development b.v 1999
- 11 Krettek K, Wiebking U. Proximale Humerusfraktur. *Unfallchirurg* 2011; 114: 1059–1067
- 12 Kronberg M, Nemeth G, Broström LA. Muscle Activity and Coordination in the Normal Shoulder. *Clin Orthop* 1990; 257: 76–85
- 13 Lill H, Josten C. Konservative oder operative Versorgung der Humeruskopffraktur beim alten Menschen? *Chirurg* 2001; 72: 1224–1234
- 14 Lill H, Voigt C. Proximale Humerusfraktur. *Z Orthop Unfall* 2010; 148: 353–362
- 15 Strohm PC, Köstler W, Südkamp NP. Proximale Humerusfrakturen – was sollen wir tun? *Z Orthop Unfall* 2008; 146: 312–317
- 16 Tingart M, Bächli H, Lefering R et al. Constant-Score und Neer-Score. *Unfallchirurg* 2001; 104: 1048–1054
- 17 Wickham J, Pizzari T, Stansfeld K et al. Quantifying “normal” shoulder muscle activity during abduction. *J Electromyog Kinesiol* 2010; 20: 212–222
- 18 Yian EH, Ramappa AJ, Arneberg O et al. The Constant score in normal shoulders. *J Shoulder Elbow Surg* 2005; 14: 128–133